

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**USO DE SUB-PRODUTOS DA FABRICAÇÃO DE  
CARVÃO VEGETAL NA FORMAÇÃO DO PORTA-ENXERTO  
LIMOEIRO 'CRAVO' EM AMBIENTE PROTEGIDO**

Marcelo Zanetti  
Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

2004

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**USO DE SUB-PRODUTOS DA FABRICAÇÃO DE  
CARVÃO VEGETAL NA FORMAÇÃO DO PORTA-ENXERTO  
LIMOEIRO 'CRAVO' EM AMBIENTE PROTEGIDO**

**Marcelo Zanetti**

**Orientador: Prof. Dr. Jairo Osvaldo Gazetta**

**Co- Orientador: Dr. Dirceu de Mattos Junior**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Março de 2004

Zanetti, Marcelo  
Z28 u      Uso de sub-produtos da fabricação de carvão vegetal na  
         formação do porta-enxerto limoeiro 'Cravo' em ambiente  
         protegido / Marcelo Zanetti. -- Jaboticabal, 2004  
         xi, 77 f. : il.; 28 cm

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2004  
Orientador: Jairo Osvaldo Cazetta  
Banca examinadora: Willian Natale, Eduardo Sanches Stuchi  
Bibliografia

1 Citros. 2. Extrato pirolenhoso. 3. Fino de carvão. I. Título.  
II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 634.3:631.535

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da  
Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação.

## DADOS CURRICULARES DO AUTOR

**Marcelo Zanetti** - Nasceu em São Paulo – SP no dia 22 de Fevereiro de 1978. Concluiu o curso de Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de São Carlos – Centro de Ciências Agrárias, Araras - SP em julho de 2001, onde além das atividades curriculares desenvolveu diversos trabalhos como bolsista de iniciação científica da FAPESP no Centro APTA Citros “Sylvio Moreira”. Iniciou o curso de mestrado na área de Produção Vegetal em Agronomia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV/UNESP) de Jaboticabal – SP em março de 2002.

O RIO ATINGE SEUS OBJETIVOS  
PORQUE APRENDE A CONTORNAR  
OBSTÁCULOS!

Aos meus pais Mario Eduardo Zanetti e Maria Cristina de Abreu Carvalho Zanetti pela confiança e incentivo;

Ao meu irmão Mauricio Zanetti pelo apoio e amizade. À minha namorada Bianca Maria Coghi, pelo amor, compreensão, incentivo e apoio integral durante o desenvolvimento deste trabalho.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Deus por permitir e me conceder mais uma vitória em minha vida.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (FCAV/UNESP) e aos professores do curso de pós-graduação pelo aperfeiçoamento profissional.

Ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos, CCA – UFSCar pela formação acadêmica que muito contribuiu para meu desenvolvimento profissional.

Ao Centro APTA Citros “Sylvio Moreira” e à CITROGRAF-MUDAS pelo apoio no desenvolvimento dos experimentos.

Ao Prof. Dr. Jairo Osvaldo Cazetta, Dr. Dirceu de Mattos Junior e Dr. Sergio Alves Carvalho pela orientação, amizade, apoio e incentivo durante todo o curso.

Aos amigos da republica “Lar do Tar” de Jaboticabal e “K-navial” de Araras, por me acolherem sempre que necessário, pelos momentos agradáveis de descontração e pelos laços de irmandade.

Aos colegas do curso de Graduação e Pós-graduação que proporcionaram momentos agradáveis durante o curso.

Aos demais colegas, amigos, parentes e pessoas que, de uma forma ou outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

À BIOCARBO LTDA. pelo auxílio financeiro concedido.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>x</b>
<b>CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....</b>	<b>1</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>1</b>
Produção de mudas cítricas.....	1
Fino de carvão e extrato pirolenhoso .....	2
Mecanismos de absorção de nutrientes via foliar.....	5
Quelatos na adubação foliar.....	8
Adubação foliar na citricultura.....	10
<b>Objetivos.....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO 2 – INFLUÊNCIA DO FINO DE CARVÃO E EXTRATO PIROLENHOSO NA FORMAÇÃO DO PORTAENXERTO LIMOEIRO ‘CRAVO’.....</b>	<b>15</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>15</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>17</b>
<b>Material e Métodos.....</b>	<b>19</b>
<b>Resultados e Discussão.....</b>	<b>22</b>
Caracterização dos substratos.....	22
Características biométricas.....	26
Acúmulo de nutrientes.....	32
<b>Conclusões.....</b>	<b>38</b>
<b>CAPÍTULO 3 – INFLUÊNCIA DO EXTRATO PIROLENHOSO SOBRE A ABSORÇÃO FOLIAR DE MICRONUTRIENTES POR LIMOEIRO ‘CRAVO’....</b>	<b>39</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>39</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>41</b>
<b>Material e Métodos.....</b>	<b>44</b>
<b>Resultados e Discussão.....</b>	<b>47</b>
<b>Conclusões.....</b>	<b>55</b>
<b>CAPÍTULO 4 – IMPLICAÇÕES.....</b>	<b>56</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>59</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>68</b>



**Lista de Apêndices**

APÊNDICE A. Componentes do extrato pirolenhoso.....	<b>69</b>
APÊNDICE B. Vista geral do experimento – Capítulo 2.....	<b>70</b>
APÊNDICE C. Mesa de tensão.....	<b>71</b>
APÊNDICE D. Vibrador mecânico.....	<b>72</b>
APÊNDICE E. Resumo da análise de variância – Capítulo 2.....	<b>73</b>
APÊNDICE F. Vista geral do experimento – Capítulo 3.....	<b>74</b>
APÊNDICE G. Sistema para pulverização.....	<b>75</b>
APÊNDICE H. Sistema de irrigação.....	<b>76</b>
APÊNDICE I. Resumo da análise de variância – Capítulo 3.....	<b>77</b>

**USO DE SUB-PRODUTOS DA FABRICAÇÃO DE  
CARVÃO VEGETAL NA FORMAÇÃO DO PORTAENXERTO  
LIMOEIRO 'CRAVO' EM AMBIENTE PROTEGIDO**

**RESUMO** – Foram conduzidos dois experimentos com o objetivo de avaliar o efeito da utilização de sub-produtos de carvão vegetal: fino de carvão e extrato pirolenhoso (EP), na produção de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck), cultivados em ambiente protegido. No primeiro experimento, foi utilizado delineamento em blocos casualizados com análise em esquema fatorial 3 x 2 x 3, avaliando-se três doses de fino de carvão (0, 100 e 200  $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$ ) adicionados ao substrato comercial, duas concentrações de extrato pirolenhoso (0 e 20  $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$ ) misturados ao substrato (240  $\text{cm}^3$  da solução por  $\text{dm}^3$  de substrato) e três concentrações de extrato pirolenhoso (0, 5 e 10  $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$ ) pulverizados na parte aérea em 12 aplicações semanais; em quatro repetições. Aos 150 e 180 dias após o plantio foram realizadas avaliações do desenvolvimento das plantas. Conclui-se que a adição de 100  $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$  de fino de carvão no substrato não influenciou no desenvolvimento das plantas, porém o substrato preparado com 200  $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$  de fino de carvão em sua composição provocou redução da altura e massa seca da parte aérea. O extrato pirolenhoso incorporado ao substrato (20  $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$ ) provocou redução das variáveis analisadas e o produto pulverizado na parte aérea, a 10  $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$ , reduziu o diâmetro dos porta-enxertos de limoeiro 'Cravo'. As plantas submetidas aos diferentes tratamentos apresentaram comportamentos distintos em relação ao acúmulo de nutrientes nas folhas e raízes. No segundo experimento, objetivou-se avaliar o efeito do uso de extrato pirolenhoso (EP), pulverizado na parte aérea, como veículo na absorção de nutrientes. Empregou-se blocos casualizados com seis tratamentos em quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por pulverização das soluções: T0 = água; T1 = solução de micronutrientes sem EP; T2 = solução de micronutrientes + EP (1  $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$ ); T3 = solução de micronutrientes + EP (2  $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$ ); T4 = solução de micronutrientes + EP (5  $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$ ); T5 = solução de micronutrientes + EP (10  $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$ ). A solução com micronutrientes foi preparada com sulfatos de Cu, Fe, Mn e Zn (250  $\text{mg dm}^{-3}$  do elemento), e ácido bórico

(42,5 mg dm<sup>-3</sup> de B). O recipiente utilizado foi tubete cônico de 0,280 dm<sup>3</sup>, com substrato comercial sem adição de micronutrientes na formulação. As soluções foram pulverizadas uma única vez aos 140 dias após o plantio (DAP), momento em que as plantas apresentavam aproximadamente 20 cm de altura. Ao final do experimento (160 DAP) quantificou-se a massa seca e os teores de macro e micronutrientes da parte aérea e sistema radicular. Constatou-se aumento nos teores de Fe, Mn e Zn na parte aérea das plantas pulverizadas com a solução de micronutrientes sem EP em relação à testemunha, além do incremento nos teores de Cu e Mn em plantas pulverizadas com micro + EP na dose 10 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>. Para o sistema radicular observou-se que a adição de solução com extrato pirolenhoso, independente da dose, reduziu a concentração de Fe e aumentou a de Ca.

**Termos para indexação:** *Citrus*, extrato pirolenhoso, fino de carvão, propagação, pulverização foliar, substrato.

## USE OF BY-PRODUCTS OF VEGETAL CHARCOAL PRODUCTION ON GROWTH OF 'RANGPUR' LIME ROOTSTOCK UNDER SCREEN HOUSE

**ABSTRACT** – Two researches were conducted with the objective of evaluate the effects of charcoal by-product: finely grounded charcoal and pyroligneous acid (PA), on the growth of Rangpur lime (*Citrus limonia* Osbeck) seedlings under screen house. The first research was set on a factorial experiment in a randomized complete block design of the type 3 x 2 x 3. Treatments consisted in a combination of tree levels of charcoal (0, 100 and 200 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>) in mixture with commercial growing media, two rates of PA mixed (0 and 20 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>) with the growing media (240 cm<sup>3</sup> of the solution per dm<sup>3</sup> of growing media), and tree rates of PA (0, 5 and 10 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>) sprayed on the leaves on 12 applications; with four replicates. Growth of seedlings was evaluated at 150 and 180 days after planting. Addition of charcoal at 100 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup> to the growing media did not influence plant growth. However, the mixture of 200 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup> of charcoal reduced production of total dry mass and height of plants. The PA added to the media (20 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>) reduced analyzed variables and the product sprayed on the leaves reduced stem diameter of the seedlings. Nutrient content of roots and leaves varied with different treatments. The second research was conducted with the aim to evaluate the effect of foliar spray of pyroligneous acid on the absorption of nutrients. A factorial experiment with a randomized complete block design with six treatments and four replicates was set up. Treatments consisted on leaf spraying with the following solutions: T0 = water; T1 = micronutrients solution without PA; T2 = micronutrients solution+ PA (1 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>); T3 = micronutrients solution + PA (2 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>); T4 = micronutrients solution + PA (5 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>); T5 = micronutrients solution + PA (10 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>). The micronutrients solution was prepared using Cu, Fe, Mn and Zn sulphates (250 mg dm<sup>-3</sup> of the elements), and boric acid (42.5 mg dm<sup>-3</sup> of B). The experiment was set up using 0.280 dm<sup>3</sup> conical containers, filled up with commercial growing media without addition of micronutrients. The solutions were sprayed once, 140 days after planting (DAP), when the plants were about 20 cm high. At the end of the experiment (160 DAP), it was evaluated the dry mass and the concentrations of nutrients of aerial part and root system. It was observed

a increase in the concentrations of Fe, Mn and Zn on the aerial part of the plants sprayed with micronutrients solution without PA compared to the control, and an increasing in Cu and Mn concentrations in plants sprayed with micronutrients + PA at  $10 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$ . For the root system it was observed that the solutions with PA, independent of the concentration, reduced the Fe concentration and increased the Ca.

**Index terms:** *Citrus*, pyroligneous acid, finely grounded charcoal, propagation, leaf spray, growing media.

## CAPITULO 1. – CONSIDERAÇÕES GERAIS

### INTRODUÇÃO

#### PRODUÇÃO DE MUDAS CÍTRICAS

A citricultura brasileira destaca-se como a maior do mundo em número de plantas e em importância econômica. O Estado de São Paulo, com cerca de 34,2 milhões de plantas cítricas em formação e outros 163,5 milhões em produção responde por mais de 80% da produção nacional de frutos, com média das últimas cinco safras de 340 milhões de caixas de 40,8 kg ano<sup>-1</sup> (AGRIANUAL, 2003).

No entanto, todo este segmento vem sofrendo prejuízos pela crescente incidência de doenças causadas por vírus, viróides, fungos e bactérias, com destaque para a clorose variegada dos citros (CVC) e a gomose de *Phytophthora*, que têm grande importância na fase inicial da cultura. A CVC, associada à bactéria *Xylella fastidiosa*, é transmitida por insetos vetores (cigarrinhas) da família *Cicadellidae* (ROSSETTI et al., 1997). A gomose de *Phytophthora* é uma doença que pode ser facilmente disseminada por meio de mudas produzidas em viveiros contaminados (FEICHTENBERGER et al., 1997).

O agravamento do quadro da CVC, associado à incidência do cancro cítrico e a problemas na qualidade sanitária da muda, relativos a patógenos de solo, fungos e nematóides foram as principais razões para a instituição das Normas para Produção de Mudas Certificadas de Citros em 1994, pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (CARVALHO, 1999). Este processo foi iniciado, por lei estadual, em 1º de julho de 2000, quando ficou proibida a instalação de sementeiras para produção de porta-enxerto fora de ambiente telado e culminou em janeiro de 2003 na proibição do plantio, produção e comercialização de mudas provenientes de ambientes desprotegidos (CARVALHO, 2003).

Os resultados da última inspeção feita pela FUNDECITRUS, em fevereiro 2004, indicaram a existência de 540 viveiros telados do Estado de São Paulo

responsáveis pela produção de 99,97% dos porta-enxertos e 99,95% das mudas teladas de um total de aproximadamente 24 milhões de mudas a serem plantadas no ano de 2004 no parque citrícola paulista (FUNDECITRUS, 2004).

Neste sistema de produção de mudas é possível evitar com maior facilidade a contaminação das plantas, visto que as mesmas devem ser produzidas em estufas teladas, cobertas com plástico, sobre bancadas suspensas, em recipientes com substratos livres de pragas, doenças e plantas daninhas, com material propagativo (borbulhas e sementes), provenientes de plantas matrizes registradas, podendo-se obter mudas de haste única, em até dez meses da semeadura do porta-enxerto, com garantia de qualidade genética e fitossanitária (CARVALHO & LARANJEIRA, 1994).

Neste novo contexto, o substrato é um dos insumos de maior importância no sistema de produção de mudas e porta-enxertos em recipientes. Além do aspecto fitossanitário, as características físicas dos substratos utilizados nesses sistemas exercem grande influência no crescimento das plantas (CARVALHO, 1994). A escolha dos materiais e a proporção destes depende da qualidade, disponibilidade e custo. Para atender bem às necessidades das plantas um substrato deve apresentar baixa densidade, concentração adequada de nutrientes, elevada capacidade de troca catiônica, boa capacidade de retenção de água, aeração e drenagem, boa coesão entre as partículas e, principalmente, ser livre de patógenos e nematóides nocivos à cultura dos citros (TOLEDO, 1992).

## FINO DE CARVÃO E EXTRATO PIROLENHOSO

O fino de carvão (FC) e o extrato pirolenhoso (EP) são sub-produtos obtidos no processo de carbonização da madeira em fornos da produção de carvão vegetal. No Brasil, a produção de carvão vegetal através da queima de madeira, destina-se à obtenção apenas do carvão comercial sem a preocupação em aproveitar os demais componentes. De acordo com levantamento realizado por BRITO (2000), em carvoarias ativas do Estado de São Paulo, constatou-se que poucas produzem o extrato

pirolenhoso e 64% do fino de carvão resultante da produção do carvão vegetal é descartado.

O extrato pirolenhoso, também conhecido como “ácido pirolenhoso”, “líquido pirolenhoso” ou “vinagre de madeira”, é um líquido resultante da condensação da fumaça, quando se procede a carbonização de madeiras. O extrato pirolenhoso bruto não deve ser utilizado na agricultura sem ser purificado e a eliminação do alcatrão solúvel pode ser realizada industrialmente por destilação a vácuo ou artesanalmente via decantação na qual o produto é submetido a repouso por tempo superior a 100 dias, e se divide em três fases, sendo que a fase superior contém óleos leves; a fase central o pirolenhoso puro; e a fase inferior, o alcatrão (MIYASAKA et al., 2001). O EP destilado apresenta altas concentrações de substâncias fenólicas, álcoois e ácido acético (Apêndice A).

O extrato pirolenhoso diluído em água em concentração variando de 5 a 20  $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$ , quando aplicado ao solo melhora suas propriedades físicas, químicas e biológicas e favorece a assimilação de nutrientes do solo pelo sistema radicular das plantas (MIYASAKA et al., 2001). Existem indícios de que o extrato pirolenhoso, devido a sua composição química, possa formar complexos estáveis com alguns nutrientes e torná-los mais facilmente absorvidos pelas plantas, tanto pelo sistema radicular quanto via folha.

Trabalho realizado em laboratório, por PICCININ et al. (2000), com soluções de extrato pirolenhoso mostraram eficiência do produto na redução do número de lesões locais em fumo (*Nicotina tabacum* L.) inoculadas com o vírus do mosaico do fumo (TMV).

FURTADO et al. (2002) constataram, *in vitro*, que o extrato pirolenhoso, na dose 1  $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$  inibiu totalmente o crescimento micelial de *Botrytis cinerea*, *Cylindrocladium clavatum* e *Rhizoctonia solani*, isolados de mudas de eucalipto (*Eucalyptus* sp.), e também inibiu a germinação dos conídios de *B. cinerea* na proporção de 2,2; 3,1 e 4,3% nas doses de 1, 4 e 6  $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$ , respectivamente. DORAN (1932), afirma que o extrato pirolenhoso é eficiente quando utilizado na desinfecção de solos.



ICHIKAWA & OTA (1982), estudando a cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) na fase de muda, antes do transplante, afirmaram que a aplicação do extrato pirolenhoso no solo promoveu maior desenvolvimento da parte aérea e radicular dessas mudas, melhorando, portanto, seu desenvolvimento após o transplante. SHIRAKAWA et al. (1993) também relataram efeito positivo na atividade fisiológica de plantas de arroz com a aplicação de extrato pirolenhoso no solo. De acordo com TSUZUKI et al. (2000), resultados em laboratório com plantas de arroz em solução nutritiva revelaram que o extrato pirolenhoso induziu a formação e alongamento de novas raízes e que, segundo o autor a ação do produto deve ser hormonal.

Com o objetivo de avaliar o efeito do extrato pirolenhoso como fertilizante orgânico, ESECHIE et al. (1998) estudaram a aplicação do produto em plantas de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) sob cinco diferentes tratamentos em seis aplicações (água, extrato puro, 100, 50 e 25 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup> adicionados à água de irrigação). O extrato pirolenhoso puro provocou a morte de 60% das plantas, porém o tratamento com extrato pirolenhoso na dose 50 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup> proporcionou maior produção de massa seca, área foliar e altura das plantas.

O fino de carvão é obtido quando se procede a classificação do carvão vegetal através de peneiras acopladas a vibradores mecânicos e vem sendo utilizado, na granulação de 2 a 5 mm, na composição de substratos orgânicos por diversas empresas produtoras de substratos (ZANETTI et al., 2003). De acordo com MAEKAWA (2002), o fino de carvão possui estrutura altamente porosa que proporciona condições de aumentar a capacidade de retenção de água, além de possuir em sua composição minerais como: magnésio, boro, silício, cloro, cobre, manganês, molibdênio e principalmente potássio.

Trabalho realizado em 1987 e 1988, com a cultura do arroz no Japão e a aplicação em cobertura da mistura de fino de carvão e extrato pirolenhoso (4:1) a campo, mostrou aumento de 17% na produção de grãos no primeiro ano, porém não foram observadas diferenças significativas no segundo ano de avaliação. Para ambos anos a aplicação da mistura de extrato pirolenhoso e fino de carvão promoveram aumento da massa seca e respiração do sistema radicular (TSUZUKI et al., 1989). Os

mesmos autores relataram ainda que, quando adicionado às caixas de produção de mudas de arroz, os produtos promoveram incremento na altura da parte aérea, alongamento das raízes e aumento do volume de raízes secundárias.

Ainda no Japão, a aplicação de “Sannekka E”, uma mistura comercial de fino de carvão e extrato pirolenhoso, nas doses 0, 200, 400 e 800 kg ha<sup>-1</sup> em cobertura na cana-de-açúcar (*Saccharum híbridas* sp.) mostrou que na dosagem 400 kg ha<sup>-1</sup>, o produto provocou aumento significativo no comprimento e número de colmos, além de aumento de 2-16% e 23-36% no teor de sacarose para cana planta e soca, respectivamente. Observou-se também aumento de 38 e 46%, respectivamente para os dois anos, na produção de massa seca para cana soca (UDDIN et al., 1994). Ao estudar outra variedade de cana-de-açúcar, plantio de verão, UDDIN et al. (1995) constataram que a aplicação de 400 kg ha<sup>-1</sup> de “Sannekka E” proporcionou incremento no tamanho, número e diâmetro de colmos, além de aumentar o teor de sacarose e crescimento radicular das plantas.

Utilizando o mesmo produto, DU et al. (1997) realizaram cinco experimentos em três diferentes locais do Japão entre 1990 e 1995 e verificaram que os tratamentos com a aplicação de “Sannekka E” proporcionaram aumentos significativos na produção de sacarose na cultura do melão (*Cucumis melo* L.).

Algumas empresas têm demonstrado interesse no uso da mistura de fino de carvão e extrato pirolenhoso em substratos de produção de mudas de citros, contudo essas empresas ressentem-se da falta de informações sobre misturas adequadas e dos benefícios que deverão advir do seu uso. A utilização desses sub-produtos neste sistema de produção poderia proporcionar uma nova fonte de renda aos carvoeiros e evitar que resíduos sejam descartados no ambiente, causando poluição.

## MECANISMOS DE ABSORÇÃO DE NUTRIENTES VIA FOLIAR

Para o nutriente exercer sua função na planta é necessário que este seja absorvido para então ser transportado para o local de residência e ser redistribuído para os outros órgãos da planta. Estes processos são distintos, sendo a absorção a

entrada do nutriente no espaço intracelular ou em qualquer parte da célula e o transporte, o movimento do nutriente no mesmo órgão de absorção para outro (MALAVOLTA et al., 1997).

A absorção foliar dos elementos se dá em três passos, depois de sua deposição na superfície da folha: (1) atravessam a cutícula e as paredes das células epidérmicas por difusão; (2) são absorvidos na superfície do plasmalema; (3) passam através da membrana citoplasmática e entram no citoplasma e no vacúolo (quando houver). (MALAVOLTA et al., 1997).

A cutícula é uma camada de natureza lipoidal que recobre toda a superfície da folha e, de maneira simplificada, diz-se que é composta por cutina, polímeros e carboidratos (pectinas e celulose) e especialmente ceras. Esta camada é parcialmente permeável à água e pode, portanto, ser o veículo de íons e de moléculas de compostos nela dissolvidos (BOARETTO et al., 2003).

A parede celular é composta de longas cadeias de moléculas de celulose, dispondo-se em linhas paralelas denominadas micelas. Entre as micelas existem espaços vazios, denominados espaços intermicelares, nos quais a água e os solutos (micronutrientes) penetram e se translocam livremente até chegarem ao plasmalema, pois a parede celular é hidrofílica (CAMARGO & SILVA, 1975).

A plasmalema é uma membrana que envolve o citoplasma, recobrando também os ectodesmas, isto é, invaginações do citoplasma as quais atravessam a parede celular e, quase totalmente a cutícula. A plasmalema é composta por lipídios e proteínas, sendo que estas últimas podem ser enzimas. Algumas proteínas são embebidas na plasmalema e podem atravessá-la completamente por ambos os lados; outras são periféricas, ligadas fracamente às membranas. Tais proteínas desempenham importante papel na absorção de íons (BOARETTO et al., 2003).

A passagem de íons pela plasmalema pode ocorrer de forma passiva, a favor do gradiente de concentração, ou ativa, na qual existe gasto de energia proveniente da fosforilação oxidativa dos mitocôndrios e da fosforilação fotossintética que ocorre nos cloroplastos (PEDRAS et al., 1989).

Na passagem pela forma ativa, existe uma exigência direta ou indireta de energia, pois um íon ou uma molécula para serem absorvidos requer uma ligação específica com um carregador, visto que os lipídios que constituem a membrana citoplasmática constituem uma barreira à passagem do íon em solução aquosa (DECHEN et al., 1991).

A operação do carregador poderia se dar com a participação do ATP ou ATPase, que ativam o carregador, fazendo com que o complexo do carregador do íon se mova através do plasmalema até o citoplasma e daí até um sítio de acúmulo (vacúolo, mitocôndrio, plastídeo). De maneira simplificada, o íon (M) presente na solução se liga a um carregador (R), formando na superfície externa da membrana, um composto MR que se difunde através da espessura da membrana até a superfície interna da mesma onde então, ocorre a dissociação do composto, libertando-se o íon no meio interno e produzindo-se um precursor R' que depois regenera R (MALAVOLTA, 1980).

A absorção de nutrientes foliar e a eficiência agrônômica da adubação foliar podem ser afetadas por diversos fatores internos (planta) ou externos (soluções e condições ambientais). O conhecimento dos fatores que influenciam a adubação foliar é fundamental, principalmente no tocante à aplicação de nutrientes isolados ou conjuntamente com defensivos agrícolas (MALAVOLTA, 1980).

As espécies vegetais variam no que diz respeito à absorção de nutrientes, pois apresentam diferentes características relacionadas à idade das folhas, espessura da cutícula, presença ou ausência de pêlos, hidratação da cutícula, exposição da epiderme inferior ou posterior da folha (MALAVOLTA et al., 1997). Para plantas provenientes de clima tropical, de acordo com MALAVOLTA (1980) as aberturas estomatais predominam na página inferior das folhas, portanto há maior absorção das soluções aplicadas na face ventral das folhas. O mesmo autor cita que folhas mais novas possuem maior capacidade de absorção que as velhas devido à maior intensidade fotossintética ou respiratória da mesma.

O pH influencia diretamente a absorção de íons, pois afeta a disponibilidade dos elementos. LOPES & CARVALHO (1988) citam que o pH ideal para soluções com alta concentração de íons deve estar entre 5,5 e 6,5. MALAVOLTA et al. (1997), relata que

a absorção de cátions é prejudicada e a de ânions favorecida em soluções com pH menor que 6.

A composição iônica da solução afeta não só a absorção e acúmulo de íons isolados, mas também a permeabilidade das membranas protoplasmáticas, a água e solutos não ionizados. Quando em uma solução está presente mais de um elemento químico, estes podem interagir de forma sinérgica ou antagônica, afetando desta maneira sua absorção (PEDRAS et al., 1989).

De acordo com LOPES & CARVALHO (1988), existe um certo grau de inibição na absorção de zinco, pela mistura com fertilizantes contendo boro e cobre em soluções; porém, uma maior concentração de zinco nestas soluções contorna este problema, permitindo a aplicação conjunta destes três micronutrientes via foliar.

Além da composição iônica, o íon acompanhante e a forma em que o elemento se encontra na solução também exercem papel fundamental na absorção dos micronutrientes. Atualmente, os produtos mais utilizados na pulverização foliar são à base de sulfatos, cloretos ou óxidos silicatados. O boro é comumente aplicado na forma de ácido bórico ou bórax.

Para que os nutrientes aplicados via foliar sejam mais bem aproveitados pelas plantas, estes devem estar na forma assimilável pela mesma. Para tanto vem se estudando há algum tempo a possibilidade de tornar os sais protegidos ou estáveis, com a utilização de quelatos.

#### QUELATOS NA ADUBAÇÃO FOLIAR

A palavra quelato vem do grego e significa “pinça” ou “garra”, que quimicamente refere-se a uma configuração em anel que resulta quando um íon metálico se combina com dois ou mais grupos doadores de elétrons disponíveis para formar ligações covalentes com os orbitais do átomo metálico em uma molécula, de maneira que se formam uma ou mais estruturas cíclicas. O composto resultante desta união é chamado de “quelato” ou “quelato de metal” e a substância doadora de elétrons é denominada

“agente quelante”. Os íons metálicos coordenados a “agentes quelantes” tornam-se menos sujeitos à reações de precipitação ou insolubilização (MORTVEDT, 1985).

De acordo com PONCHIO & BALLIO (1988) todos os cátions metálicos polivalentes podem formar quelatos e dependendo do nível de acidez do meio, diferentes quelantes podem ser utilizados: ED (etileno diamino), EDTA (ácido etileno diamino tetracético), AC (ácido cítrico), AG (ácido glucônico), PF (poliflavonóides), entre outros.

A capacidade de formação de complexos estáveis pelos agentes quelantes varia com o pH da solução. Considerando o EDTA, que é um dos complexantes mais estáveis e bem estudados, verifica-se que seus complexos com íons de metais bivalentes são estáveis apenas em soluções alcalinas (pH entre 8 e 10, no caso dos nutrientes  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ ) ou ácidas (pH entre 4 e 6, no caso de  $\text{Cu}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Mn}^{+2}$  e  $\text{Zn}^{+}$ ), sendo que em soluções muito ácidas (pH entre 1 e 3) apenas o complexo com  $\text{Fe}^{+3}$  seria estável. No caso de compostos com menor capacidade complexante que o EDTA, a possibilidade da formação de complexos nestes valores de pH diminui de maneira marcante (BASSET et al., 1981)

BOARETO & MURAOKA (1995) relataram que o quelato, contendo um íon metálico, quando aplicado nas partes aéreas dos vegetais, é absorvido e uma vez no simplasto é transportado para outras partes da planta, não ficando adsorvido na cutícula foliar ou na parede dos vasos condutores. O quelato, ao chegar aos locais da planta onde o metal tem que desempenhar seu papel no metabolismo vegetal, é desfeito, liberando assim o cátion e decompondo o agente quelante para não causar fitotoxicidade ao vegetal.

Os quelatos são geralmente bastante solúveis e dissociam-se muito pouco quando em solução, fazendo com que elementos como o cobre, ferro, manganês e zinco permaneçam em solução em condições que normalmente se insolubilizariam (MORTVEDT, 1985) e possam estar disponíveis à planta, facilitando a absorção e permitindo o aproveitamento até 10 vezes mais eficiente do nutriente se comparado a outras fontes (ALVAREZ, 1989). De acordo com PONCHIO & BALLIO (1988) as

características desejáveis para um agente quelante, quando aplicado via foliar são: facilmente absorvido pela planta e fácil translocação e decomposição dentro da planta.

Os quelatos podem ser sintéticos ou orgânicos. De acordo com LOPES & CARVALHO (1988), os complexos orgânicos naturais, tais como os lignosulfonados, fenóis e poliflavonóides, sub-produtos obtidos comercialmente por reações de sais metálicos com resíduos da indústria de polpa de madeira, podem ser utilizados como quelatos. WALLACE (1956) relata que o uso de substâncias naturais como quelatos poderia torná-los mais viáveis economicamente, porém ressalta que estes produtos são menos eficientes que os sintéticos no solo, pois poderiam reagir facilmente com a matéria orgânica contida no mesmo.

#### ADUBAÇÃO FOLIAR NA CITRICULTURA

No Brasil, os micronutrientes que limitam a produção dos citros são o zinco, o manganês e o boro, seja pela falta real no solo ou pela influência de fatores que limitem a sua disponibilidade (VITTI, 1989). A deficiência de Cu ocorre em menores proporções e geralmente é atribuída à pobreza do elemento nos solos arenosos e à calagem excessiva ou excesso de matéria orgânica. A deficiência de Fe restringe-se aos citros cultivados em solos originários de substrato calcário (MALAVOLTA et al., 1997).

Atualmente, deficiências de Cu e Fe passaram a ser descritas com mais frequência no novo sistema de produção de mudas cultivadas em substrato à base de casca de pinus, provavelmente pela formação de hidróxidos insolúveis, devido ao pH elevado do substrato. BOAVENTURA (2003) relatou maior exigência do elemento cobre por mudas cítricas cultivadas em substrato orgânico, se comparadas à plantas adultas. SERRANO (2003) constatou que plantas de limoeiro 'Cravo', cultivadas em substrato à base de casca de pinus, apresentaram deficiência de ferro, com prejuízo no desenvolvimento vegetativo.

A aplicação de micronutrientes em plantas cítricas tem sido usualmente feita por meio de pulverizações foliares. Atualmente, a adubação com micronutrientes (B, Mn e Zn) para a cultura dos citros tem por base as recomendações do Grupo Paulista de

Adubação e Calagem para Citros - GPACC (QUAGGIO et al., 1997). MALAVOLTA & VIOLANTE NETO (1989) relatam doses para aplicação de Fe e Cu via foliar (Quadro 1). A adição de uréia e cloreto de potássio às misturas tem a finalidade de aumentar a eficiência da absorção de micronutrientes pelas folhas.

Quadro 1. Composição de soluções para pulverização via foliar recomendada para plantas de citros adultas.

Fonte	Concentração do produto, % (p/v)	Garantia dos elementos, % (p/p)	Concentração dos elementos (mg dm <sup>-3</sup> )
Sulfato de zinco (Zn)	0,30 a 0,35	22	660 a 770
Sulfato de manganês (Mn)	0,20 a 0,25	25	500 a 625
Sulfato ferroso (Fe)	0,50	20	1000
Sulfato de cobre (Cu)	0,30	24	720
Ácido bórico (B)	0,08 a 0,10	17	136 a 170
Uréia (N)	0,50	44	2200
Cloreto de potássio (K)	0,25	48	1200

Fonte: MALAVOLTA & VIOLANTE NETO (1989), RAIJ et al. (1997) e QUAGGIO et al. (1997)

BOARETO et al. (1999) reuniram diversas recomendações de pulverizações foliares e dividiram-nas em dois grupos. No primeiro foram relacionadas as recomendações de órgãos oficiais brasileiros e, no segundo grupo, as recomendações praticadas pelas empresas que comercializam adubos foliares. Os autores confirmaram que duas aplicações anuais de micronutrientes (770 mg dm<sup>-3</sup> Zn, 625 mg dm<sup>-3</sup> Mn e 170 mg dm<sup>-3</sup> B) conforme indicações do Grupo Paulista de Adubação e Calagem para Citros - GPACC (QUAGGIO et al., 1997), têm sido eficientes para elevar os teores foliares de Zn, Mn e B e que as recomendações dos produtos comerciais, à base de sais e/ou quelatos são em geral, muito menos concentradas que aquelas recomendadas nas pulverizações por órgãos oficiais, mesmo levando-se em consideração que estes produtos são recomendados com uma frequência de duas a cinco aplicações ano<sup>-1</sup>.

CAETANO (1982) realizou um experimento em laranjeira 'Valência' com 15 anos, com o intuito de avaliar o efeito de duas aplicações da solução contendo 550 mg dm<sup>-3</sup>



Zn, 375 mg dm<sup>-3</sup> Mn e 170 mg dm<sup>-3</sup> B, comparada a várias outras misturas de fertilizantes foliares encontradas no mercado, e constatou que o tratamento acima descrito foi o mais eficiente na elevação dos teores foliares. O mesmo autor concluiu que outras formulações, contendo baixas concentrações de micronutrientes, quelatizados ou não, não foram eficazes para o fornecimento adequado de B, Mn e Zn às plantas cítricas, mesmo quando aplicadas quatro vezes ao ano.

SILVA (1996) estudou a aplicação de B, Cu, Mn e Zn na forma de sais ou quelatos orgânicos (lignosulfanatos), associados a diversos tipos de fungicidas cúpricos, em condições de campo, com plantas de laranjeira 'Pêra-Rio' enxertadas sobre limoeiro 'Cravo' com seis anos de idade. Foi constatado que a aplicação de Cu na forma de oxiclreto (1100 mg dm<sup>-3</sup> Cu), hidróxido (552 mg dm<sup>-3</sup> Cu) e óxido cuproso (750 mg dm<sup>-3</sup> Cu), além de manganês (56 mg dm<sup>-3</sup> Mn) e zinco (84 mg dm<sup>-3</sup> Zn) na forma de quelatos, mostraram-se eficientes no aumento do teor foliar dos nutrientes. O autor relata, porém, que o boro (85 e 50 mg dm<sup>-3</sup> B) aplicado via foliar não aumentou o teor do nutriente nas folhas colhidas 30 e 60 dias após a aplicação.

SILVA (1996) constatou, também, que as plantas que receberam quelatos (lignosulfanatos) de manganês (56 mg dm<sup>-3</sup> Mn) e zinco (84 mg dm<sup>-3</sup> Zn) apresentavam teores foliares menores dos elementos se comparadas àquelas que receberam soluções à base de sulfatos de manganês (540 mg dm<sup>-3</sup> Mn) e zinco (660 mg dm<sup>-3</sup> Zn); porém, os teores foliares estavam dentro da faixa considerada adequada, conforme o Grupo Paulista de Adubação e Calagem para Citros - GPACC (QUAGGIO et al., 1997). Considerando-se que a quantidade dos elementos fornecidos pelos quelatos é praticamente 10 e 8 vezes menor que os sais, respectivamente, para Mn e Zn, o autor observou uma eficiência bastante superior desta fonte comparada aos sais.

TIRITAN (1996) desenvolveu experimento com doses crescentes da mistura B, Mn e Zn em pomar de laranjeira 'Pêra' com oito anos de idade, deficiente nesses micronutrientes. O experimento foi conduzido por dois anos realizando-se duas aplicações ano<sup>-1</sup> e coletando-se as folhas um mês após a segunda aplicação. Os resultados indicaram que duas aplicações foliares da solução contendo uréia, cloreto de potássio e 660 mg dm<sup>-3</sup> Zn, 500 mg dm<sup>-3</sup> Mn e 136 mg dm<sup>-3</sup> B conforme recomendações

de QUAGGIO et al. (1997), elevaram os teores foliares de B, Mn e Zn em 10, 35 e 43 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

CABRITA (1993) estudou a utilização dos micronutrientes Zn, Mn e B em laranjeiras 'Pêra' e 'Valência', aplicados via solo na forma de óxidos silicatados, conhecidos como FTE, e via foliar, na forma de sulfato de Zn, Mn e H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, e verificou que a aplicação de Zn e Mn foliar foi mais eficiente no aumento do teor desse nas folhas, enquanto o boro, foi mais eficiente quando aplicado via solo.

QUAGGIO et al. (2003) utilizaram B (ácido bórico) e Zn (sulfato de zinco) no solo, em complemento à adubação foliar, e verificaram que a adubação complementar com B no solo foi mais eficiente do que a aplicação via foliar e a aplicação via foliar de Zn foi mais eficiente do que a aplicação no solo para a laranjeira 'Pêra'.

BOARETTO et al. (2003), em revisão bibliográfica sobre pulverização foliar em citros, constataram que a adubação foliar com micronutrientes é eficiente em aumentar os teores foliares de Zn, Mn e B nas folhas que receberam a aplicação, mas é insuficiente para alterar o teor desses nutrientes nas folhas de laranjeira que nasceram após a pulverização, mostrando baixa translocação dos micronutrientes e que muitas vezes, não acarreta aumentos na produtividade de frutos. Segundo os mesmo autores, tais experimentos são desenvolvidos em campo, e grande parte da solução aplicada às folhas cai no solo, podendo então o nutriente também ser absorvidos pelas raízes.

VITTI et al. (1993) relatam que houve aumento das concentrações de B, Mn e Zn no solo, amostrado na projeção da copa de citros, nos tratamentos que receberam pulverização foliar com soluções contendo micronutrientes e que, portanto, as variações nos teores foliares podem ter sido causadas tanto pela absorção do nutriente pelas folhas como pelas raízes.

Em um dos poucos trabalhos encontrados com a aplicação de adubos foliares na produção de mudas cítricas, ALMEIDA et al. (1999) compararam os efeitos da adubação via substrato e foliar no desenvolvimento de porta-enxerto de limoeiro 'Cravo'. Os autores constataram que os tratamentos nos quais foi utilizado pulverização foliar de produto à base de micronutrientes (15 mg dm<sup>-3</sup> B, 60 mg dm<sup>-3</sup> Mn, 90 mg dm<sup>-3</sup>

Zn) obteve-se aumento da altura, número de folhas e massa seca, em relação ao tratamento testemunha.

GRAF et al. (1994) testaram diferentes freqüências de aplicação de uma formulação comercial contendo micronutrientes ( $15 \text{ mg dm}^{-3}$  B,  $60 \text{ mg dm}^{-3}$  Mn,  $90 \text{ mg dm}^{-3}$  Zn) pulverizados em mudas de laranjeira 'Valência' sobre limoeiro 'Cravo' em solo e não verificaram efeito da fertilização foliar com micronutrientes no crescimento de mudas; todavia, observaram acréscimo nos teores foliares de Zn e Mn para o tratamento no qual aplicou-se a solução seis vezes com intervalos de 20 dias, quando comprado à testemunha.

## **OBJETIVOS**

Frente ao exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da utilização de sub-produtos da fabricação de carvão vegetal na formação de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osbeck), cultivados em ambiente protegido em recipientes com substrato isento de patógenos, a fim de fornecer ao viveirista mais uma opção de produto para a composição dos substratos e/ou complementação nutricional via foliar.

## CAPÍTULO 2 – ARTIGO 1

### INFLUÊNCIA DO FINO DE CARVÃO E EXTRATO PIROLENHOSO NA FORMAÇÃO DO PORTA-ENXERTO LIMOEIRO 'CRAVO'

**RESUMO** - O trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de fino de carvão e de extrato pirolenhoso no desenvolvimento de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck), cultivados em substrato orgânico, em ambiente protegido. Foi utilizado delineamento em blocos casualizados e análise em esquema fatorial 3 x 2 x 3, avaliando três doses de fino de carvão (0, 100 e 200  $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$ ) e duas concentrações de extrato pirolenhoso (0 e 20  $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$ ), misturado ao substrato comercial (240  $\text{cm}^3$  da solução por  $\text{dm}^3$  de substrato) e três concentrações de extrato pirolenhoso (0, 5 e 10  $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$ ) pulverizados na parte aérea em 12 aplicações semanais; em quatro repetições. Aos 150 e 180 dias após o plantio foram realizadas avaliações do desenvolvimento das plantas, além da determinação do acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea e raízes. A adição de 100  $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$  de fino de carvão ao substrato não influenciou no desenvolvimento das plantas, porém o substrato preparado com 200  $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$  de fino de carvão em sua composição, provocou redução da altura e massa seca da parte aérea. O extrato pirolenhoso incorporado ao substrato (20  $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$ ) provocou redução das variáveis biométricas analisadas e o produto pulverizado na parte aérea (10  $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$ ), reduziu o diâmetro dos porta-enxertos de limoeiro 'Cravo'. As plantas submetidas aos diferentes tratamentos apresentaram comportamentos distintos e inconsistentes em relação ao acúmulo de nutrientes nas folhas e raízes.

**Termos para indexação:** acúmulo de nutrientes, *Citrus*, produção de mudas, propagação, substrato.

EFFECT OF CHARCOAL AND PYROLIGNEOUS ACID ON GROWTH OF 'RANGPUR'  
LIME ROOTSTOCK

**ABSTRACT** - This researched studied the effect of finely grounded charcoal and pyroligneous acid (PA) mixed to a commercial growing media and PA leaf spray on growth of Rangpur lime (*Citrus limonia* Osbeck) seedlings cultivated on organic media, under screen house. A factorial experiment in a randomized complete block design, of the type 3 x 2 x 3 was set up. Treatments consisted in a combination of three levels of charcoal (0, 100 and 200 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>) with two rates of PA (0 and 20 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup> / 240 cm<sup>3</sup> of solution per dm<sup>3</sup> of growing media) mixed to the media, and three rates of PA (0, 5 and 10 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>) sprayed on the leaves 12 times weekly, with four replicates. Growth of seedlings was evaluated at 150 and 180 days after seeding. Mineral composition of roots and leaves were evaluated. Addition of charcoal at 100 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup> to the media did not influence growth of seedlings. However, the mixture with 200 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup> of charcoal reduced production of total dry mass and height of the plants. The PA added to the media (20 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>) also reduced analyzed variables; the PA sprayed in concentration of 10 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup> reduced stem diameter of seedlings. Nutrient content of roots and leaves varied inconsistently with different treatments.

**Index terms:** nutrient content, *Citrus*, nursery tree production, propagation, growing media.

## INTRODUÇÃO

Entre as doenças que afetam a citricultura, a clorose variegada dos citros (CVC), causada pela bactéria *Xylella fastidiosa*, e a gomose de *Phytophthora*, são bastante importantes quando ocorrem na fase de produção de mudas. Assim, para garantir a qualidade sanitária das mudas foi instituído em 1994, pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, o Programa de Certificação de Mudanças de Citros. Tais normas foram consolidadas em janeiro de 2003, com a proibição da produção, comercialização e trânsito de mudas cítricas provenientes de ambiente não protegido, neste estado (CARVALHO, 2003).

Em função das mudanças no sistema de produção, há necessidade de se adequarem novas metodologias para a produção de mudas envasadas em ambiente protegido, visto que o custo de manutenção dessas estruturas é elevado. Um dos principais insumos utilizados na produção de mudas e porta-enxertos cítricos é o substrato. Este insumo deve apresentar boas características químicas e físicas e, principalmente, ser isento de plantas invasoras e patógenos prejudiciais à sanidade e ao vigor das mudas. A escolha dos materiais e a proporção destes nos substratos depende da sua disponibilidade e custo.

Há muito tempo utilizado no Japão e recentemente introduzido no Brasil, o fino de carvão e o extrato pirolenhoso, sub-produtos obtidos da produção de carvão vegetal, são produtos promissores para a utilização na agricultura. No Brasil, a produção de carvão vegetal é uma prática bastante antiga, porém a grande maioria se destina à obtenção apenas do carvão comercial, sem se preocupar em aproveitar os demais componentes (BRITO, 2000).

O fino de carvão, obtido no processo de peneiramento na classificação do carvão vegetal, tem uma estrutura altamente porosa que, se misturado ao solo ou substrato pode aumentar a porosidade, capacidade de retenção de água e facilitar a proliferação de microorganismos benéficos. De acordo com recomendações de MIYASAKA et al. (2001), o produto pode ser utilizado na forma de pó, na granulação de 2 a 5 mm, de preferência umedecido com uma solução de extrato pirolenhoso a  $20 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$  e ser

aplicado no solo, na base de 500 a 700 g m<sup>-2</sup>, uma semana antes da semeadura ou plantio.

O extrato pirolenhoso é um líquido resultante da condensação da fumaça quando se procede a carbonização da madeira. Esse líquido original contém cerca de 30 componentes principais com predominância do ácido acético e água (Apêndice A). O extrato pirolenhoso diluído em água em concentração variando de 5 a 20 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>, quando aplicado ao solo, melhora suas propriedades físicas, químicas e biológicas, proporciona aumento da população de microorganismos benéficos, como actinomicetos e micorrizas, e favorece, portanto, a absorção de nutrientes do solo pelo sistema radicular das plantas (MIYASAKA et al., 2001).

O extrato pirolenhoso pode ser utilizado para diversos fins na agricultura, como “fertilizante orgânico” aplicado ao solo em arroz, *Oryza sativa* L., (TSUZUKI et al., 2000), sorgo, *Sorghum bicolor* L., (ESECHIE et al., 1998) e batata doce, *Ipomoea batatas* L., (SHIBAYAMA et al., 1998); desinfetante de solo (DORAN, 1932), nematicida (CUADRA et al., 2000) e fungicida (NUMATA et al., 1994). Outros estudos mostram os efeitos benéficos do extrato pirolenhoso associado ao fino de carvão aplicado ao solo como “fertilizante orgânico” no desenvolvimento radicular e produção na cultura do arroz (TSUZUKI et al., 1989), cana-de-açúcar (*Saccharum hybridas* sp.), (UDDIN et al., 1995), batata doce (DU et al., 1998) e melão (*Cucumis melo* L.) (DU et al., 1997). Entretanto, não se encontrou na literatura consultada estudos realizados com a cultura de citros. Resultados obtidos no Japão com diversas culturas indicam que tanto o fino de carvão, quanto o extrato pirolenhoso, podem ser sub-produtos promissores para a produção de porta-enxertos cítricos em substrato, com menor tempo de produção entre a semeadura até a repicagem.

Em função do acima exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da adição de fino de carvão e extrato pirolenhoso, em mistura com substrato comercial e pulverizado na parte aérea, sobre o desenvolvimento de porta-enxertos de limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia* Osbeck) cultivados em tubetes.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido entre maio e outubro de 2002, em um viveiro coberto por filme plástico transparente e fechado com telado anti-afídeos nas laterais, localizado no sistema de produção de mudas certificadas de citros, no Centro Avançado de Pesquisas Tecnológicas do Agronegócio de Citros “Sylvio Moreira”, do Instituto Agrônomo, em Cordeirópolis/SP.

O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados e analisado em esquema fatorial 3 x 2 x 3, avaliando três doses de fino de carvão (0, 100 e 200 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>), duas concentrações de extrato pirolenhoso (0 e 20 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>) misturado ao substrato (240 cm<sup>3</sup> da solução por dm<sup>3</sup> de substrato) e três concentrações de extrato pirolenhoso pulverizado na parte aérea (0, 5 e 10 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>), totalizando 18 tratamentos em quatro repetições. Cada repetição foi composta de 48 plantas, sendo as 12 centrais na área útil.

Foram utilizadas sementes de limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia* Osbeck cv Limeira), colhidas de plantas registradas em maio de 2002, provenientes do Banco Ativo de Germoplasma do referido Centro. A semeadura foi realizada em tubetes de plástico, em formato de cone com volume de 0,05 dm<sup>3</sup>. Os recipientes foram alocados em bandejas plásticas perfuradas, contendo 96 células, fixadas sobre armação de ferro suspensa com capacidade para 12 bandejas (Apêndice B).

O extrato pirolenhoso destilado foi fornecido pela Biocarbo Indústria e Comércio Ltda: Nova Lima/MG e que, de acordo com análise realizada no laboratório da UNESP – Jaboticabal/SP, possui apenas traços de N, P, K, Ca, Mg, S, B, mas contém os seguintes micronutrientes: Cu (108 mg dm<sup>-3</sup>); Fe (3,8 mg dm<sup>-3</sup>); Mn (0,04 mg dm<sup>-3</sup>) e Zn (0,2 mg dm<sup>-3</sup>). O fino de carvão foi fornecido pela Multiplant® (Terra do Paraíso Ltda: Holambra/SP).

Para a mistura com o fino de carvão e o extrato pirolenhoso, foi utilizado o substrato comercial Multiplant® (Terra do Paraíso Ltda: Holambra/SP) composto de casca de pínus compostada (800 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>), com granulometria <5 mm, e vermiculita expandida fina (200 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>), com 45% de umidade e densidade seca de 270 g dm<sup>-3</sup>.



Como fonte de nutrientes, utilizou-se fertilizante de disponibilidade lenta, cinco a seis meses, (Osmocote® 18-5-9: Scotts/EUA) misturado com o substrato na proporção de 4 g dm<sup>-3</sup>.

Foram determinadas as características físicas e químicas do fino de carvão (FC), do substrato, bem como das misturas utilizadas no experimento. Os substratos avaliados foram: FC = fino de carvão; S = substrato comercial; S (10% FC) = 900 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup> S + 100 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup> FC e S (20% FC) = 800 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup> S + 200 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup> FC. Todas as variáveis foram analisadas em três repetições, os resultados submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05).

Determinou-se a porosidade total, o espaço de aeração e de água, usando-se o método da mesa de tensão descrito por DE BOODT & VERDONCK (1972) (Apêndice C). A distribuição do tamanho dos agregados (granulometria) foi realizada utilizando-se 100 g de substrato seco ao ar que foram colocados em jogo de peneiras com malhas 4,00 – 2,00 – 1,00 – 0,50 – 0,25 e 0,125 mm, acoplado a vibrador mecânico por três minutos (Apêndice D).

Para a caracterização química, as amostras foram secas em estufas, moídas e submetidas à determinação da concentração total de N por digestão sulfúrica pelo método de Kjeldahl; P por espectrofotometria; S por turbidimetria; K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn através de digestão nítrico-perclórica e posterior quantificação por espectrofotometria de absorção atômica; B pelo método da azometina-H, além de C total, de acordo com metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995). Foram determinadas, também, a relação C/N, pH em extrato com água deionizada na proporção 1:1,25 (v:v) e condutividade elétrica (CE), na proporção 1:10 (m:v) (HOFFMANN, 1970) além do teor de matéria orgânica através da combustão da amostra a 600 °C por cinco horas.

O fino de carvão foi misturado com enxada e o extrato pirolenhoso foi misturado ao substrato uma única vez, uma semana antes da semeadura, na forma de solução aquosa com extrato pirolenhoso a 20 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup> na proporção de 240 cm<sup>3</sup> da solução por dm<sup>3</sup> do substrato. Os substratos sem extrato pirolenhoso foram molhados com água na mesma proporção, antes do enchimento da bandeja.

A pulverização do extrato pirolenhoso na parte aérea iniciou-se 90 dias após o plantio (DAP), quando as plantas apresentavam aproximadamente 5 cm de altura. Utilizou-se uma bomba de pulverização costal e bico cone vazio com vazão  $0,5 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$  e válvula de pressão constante ( $1 \text{ kgf cm}^{-2}$ ). As pulverizações foram realizadas semanalmente até 180 DAP, totalizando 12 aplicações, e a quantidade de calda aplicada variou de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura, visando molhar as plantas até o ponto de escorrimento. Durante o período de desenvolvimento, os porta-enxertos foram irrigados diariamente, evitando-se a aplicação excessiva de água.

Avaliou-se a altura (cm) dos porta-enxertos, medindo-se desde a região do colo até o ápice das plantas, bem como o diâmetro (cm) do caule na região do colo, com auxílio de paquímetro digital (precisão para 0,01 mm) aos 150 e 180 DAP. Ao final do experimento (180 DAP), quando os porta-enxertos estavam prontos para o transplante, avaliaram-se o número de folhas, a produção de massa seca da parte aérea e raízes ( $\text{g planta}^{-1}$ ) e o volume do sistema radicular ( $\text{cm}^3$ ) inserindo as raízes em uma proveta graduada ( $100 \text{ cm}^3$ ) parcialmente cheia com água destilada, medindo-se o volume de água deslocado.

Para a determinação dos teores de nutriente, as amostras de folhas e raízes passaram por um processo de lavagem para retirada de impurezas: água corrente, solução detergente ( $1 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$ ), água destilada, HCl ( $30 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$ ) e água destilada (MALAVOLTA et al., 1997). Em seguida as amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar, e temperatura variando de 65 a 70 °C até atingirem peso constante, moídas e submetidas à determinação dos teores totais de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn de acordo com a metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995). Os resultados obtidos, em teores, foram correlacionados à massa seca por planta, obtendo-se o acúmulo de nutrientes pela parte aérea (folhas e caule) e sistema radicular.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), de acordo com BANZATTO & KRONKA (1995).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

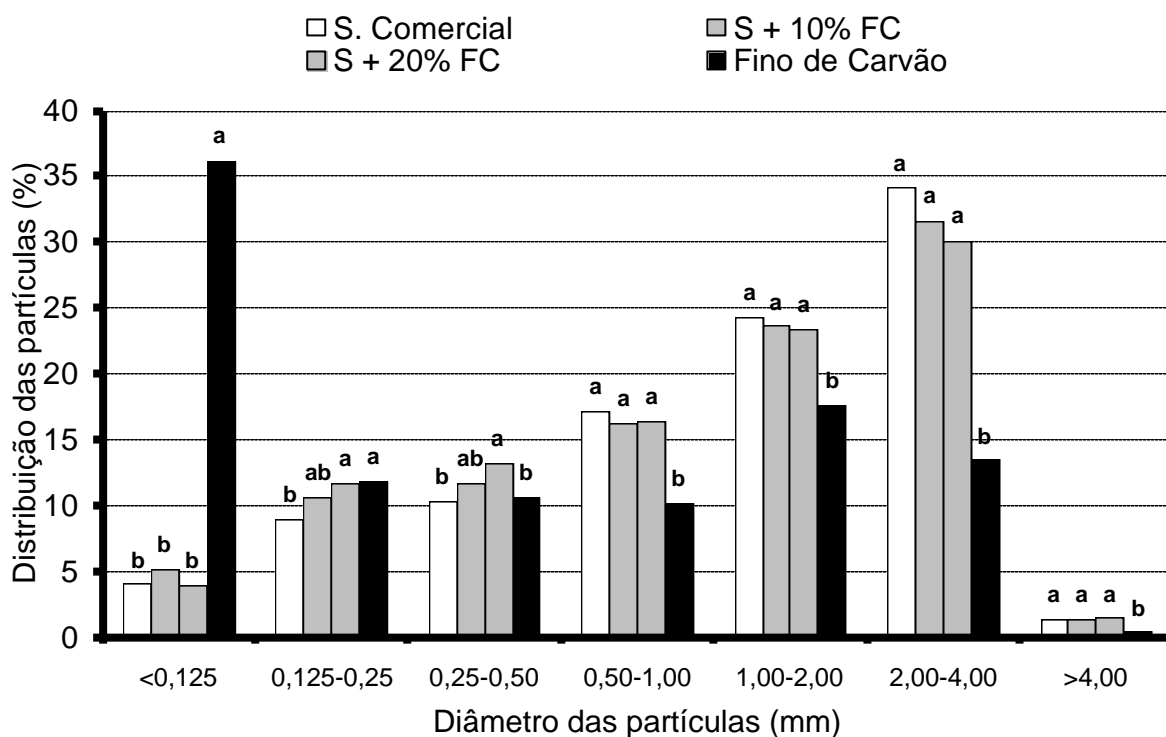
### CARACTERIZAÇÃO DOS SUBSTRATOS

Os resultados da caracterização física dos substratos revelaram que o fino de carvão (FC) apresenta granulometria muito fina, se comparado ao substrato puro, com aproximadamente 36% das partículas apresentando diâmetro menor que 0,125 mm. Pode-se notar que o FC se mostrou estatisticamente diferente dos substratos e misturas para todas as classes granulométricas avaliadas (Figura 1).

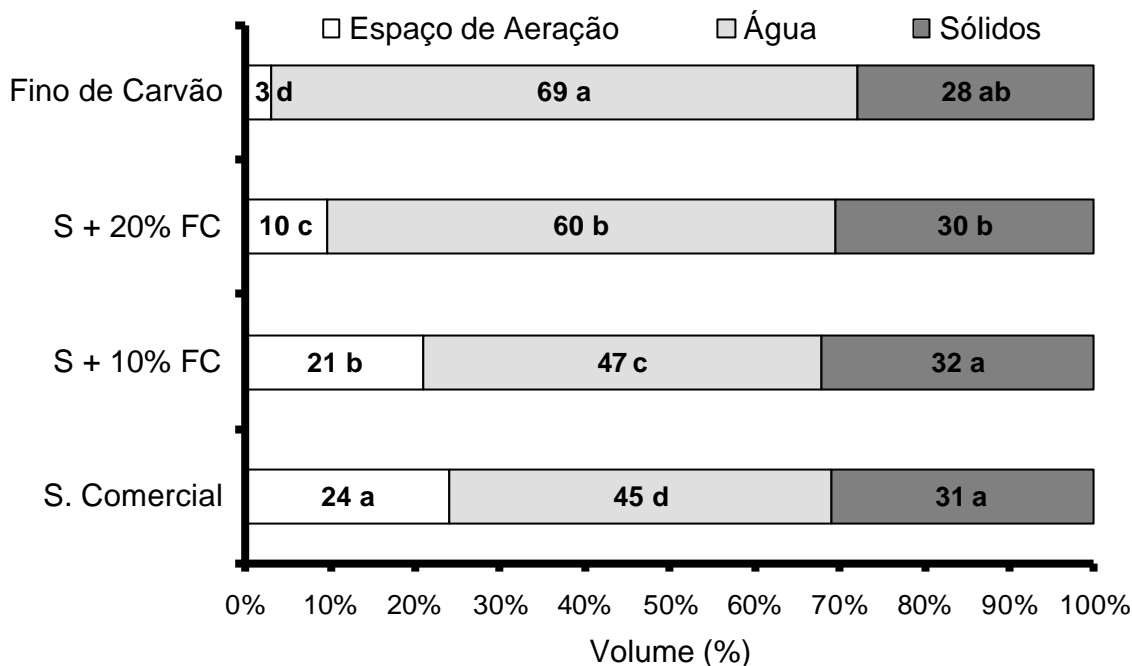
A adição do FC nas proporções de 100 e 200 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup> ao substrato aumentou de maneira significativa a porcentagem de partículas retidas nas peneiras de 0,25 e 0,50 mm, porém não influenciou na distribuição do tamanho dos agregados das misturas nas demais peneiras. Tanto o substrato como as misturas apresentaram granulometria inferior a 4,0 mm, com aproximadamente 60% dos agregados retidos na peneira de 1,0 mm (Figura 1).

Os substratos preparados com misturas de fino de carvão apresentaram proporções distintas entre sólidos (30 a 32%), espaço de aeração (10 a 24%) e capacidade de retenção de água (45 a 60%). O fino de carvão apresentou o menor espaço de aeração (3%) e a maior capacidade de retenção de água (69%) (Figura 2).

De acordo com ZANETTI et al. (2003), partículas com maior diâmetro são responsáveis pela formação de poros maiores (macroporos), ocupados por ar, ao passo que aquelas de menor diâmetro, como o fino de carvão (FC), são responsáveis pela formação de poros menores (microporos), ocupados por água. Portanto, o espaço de aeração diminuiu e o espaço preenchido com água aumentou de acordo com o aumento da proporção de FC na composição do substrato. Nesta situação, segundo os autores o manejo de irrigação deve ser realizado de maneira a evitar que ocorra excesso de água e escassez de oxigênio ao sistema radicular, utilizando-se de menor lâmina e maior frequência de irrigação.



**Figura 1.** Distribuição do tamanho das partículas do substrato comercial (S), fino de carvão (FC) e diferentes misturas utilizados para a produção de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo'. As colunas seguidas de mesma letra, dentro de cada classe granulométrica, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Jaboticabal, FCAV-UNESP, 2002.



**Figura 2.** Proporção entre os volumes de espaço de aeração, água e sólidos em substrato comercial (S), fino de carvão (FC) e diferentes composições utilizados para a produção de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo'. As barras seguidas de mesma letra, dentro de cada proporção, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Jaboticabal, FCAV-UNESP, 2002.

De acordo com a caracterização química dos materiais, o único nutriente que não apresentou diferença significativa com a adição de FC ao substrato foi o Mg. Observou-se aumento na concentração total de P, K, Ca, S, Cu, Mn e Zn, em função do aumento da porcentagem de FC nas misturas, devido a elevada concentração dos nutrientes no mesmo. Para N, B e Fe foi constatado diminuição na concentração dos elementos nos substratos no qual foram adicionados FC (Tabela 1). O pH, condutividade elétrica, relação C/N e teor de matéria orgânica, também apresentaram aumentos com a elevação da porcentagem de FC nas misturas (Tabela 2).

**Tabela 1.** Concentração de nutrientes no substrato comercial (S), fino de carvão (FC) e diferentes misturas utilizadas como substratos para a produção de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo'. Jaboticabal, FCAV-UNESP, 2002.

Nutriente	N	P	K	Ca	Mg	S
Substrato	----- g kg <sup>-1</sup> -----					
S. Comercial	19,90 ab	0,18 d	1,35 d	8,86 a	18,00 a	1,13 c
S + 10% FC	19,33 bc	0,29 c	3,10 c	12,73 ab	17,33 a	1,32 b
S + 20% FC	18,20 c	0,39 b	4,90 b	15,53 b	17,16 a	1,47 b
Fino de carvão	20,96 a	0,43 a	27,60 a	16,06 c	18,66 a	2,85 a
DMS (tukey)	1,39	0,03	0,94	3,02	1,51	0,17
Valor F	16,41**	215,70**	4098,65**	28,61**	NS	498,93**
C.V. (%)	2,52	4,24	3,60	8,03	3,00	3,58
Nutriente	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
Substrato	----- mg kg <sup>-1</sup> -----					
S. Comercial	350 a	50 b	9012 ab	214 ab	91 b	
S + 10% FC	345 b	61 ab	7034 c	352 c	95 b	
S + 20% FC	348 ab	62 ab	7496 ac	534 bc	100 b	
Fino de carvão	330 c	83 a	9992 a	2225 a	265 a	
DMS (tukey)	3	24	1948	112	57	
Valor F	151,17**	7,44**	11,78**	1672,35**	52,67**	
C.V. (%)	0,35	13,51	8,22	4,78	14,79	

As médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Tabela 2.** Valor de pH, condutividade elétrica, relação C/N e matéria orgânica do substrato comercial (S), fino de carvão (FC) e diferentes misturas utilizadas como substratos para a produção de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo'. Jaboticabal, FCAV-UNESP, 2002.

Substrato	Característica química			
	pH (H <sub>2</sub> O)	CE ( <sup>1</sup> ) dS m <sup>-1</sup>	Relação C/N	M.O. ( <sup>2</sup> ) g kg <sup>-1</sup>
S. Comercial	6,7 d	0,6 c	85/1 b	333 b
S + 10% FC	7,1 c	0,9 b	132/1 a	360 b
S + 20% FC	7,6 b	1,0 b	141/1 a	380 b
Fino de carvão	10,8 a	2,5 a	101/1 b	482 a
DMS (tukey)	0,1	0,2	18/1	54
Valor F	3304,43**	490,90**	49,60**	34,09**
C.V. (%)	0,70	5,48	5,54	4,99

As médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (<sup>1</sup>) CE = condutividade elétrica, (<sup>2</sup>) M.O. = matéria orgânica

## CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS

Para os porta-enxertos, foram observadas diferenças significativas em relação às diferentes proporções de fino de carvão adicionados ao substrato para altura, aos 150 e 180 DAP, e massa seca da parte aérea. A adição de extrato pirolenhoso no substrato ocasionou diferenças para todas as variáveis analisadas e a pulverização do mesmo na parte aérea provocou diferenças significativas apenas para diâmetro do caule aos 150 e 180 DAP. Também foram constatadas diferenças significativas para as interações carvão x EP no substrato para as variáveis altura em ambas as datas de análise e para número de folhas e massa seca da parte aérea (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resultado de análise de variância (valores de F) de experimento sobre avaliação de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo' em função da aplicação de extrato pirolenhoso na parte aérea e substrato e do fino de carvão (FC) no substrato. Cordeirópolis, Centro APTA Citros "Sylvio Moreira", 2002.

Causas de Variação	Variáveis							
	150 DAP		180 DAP					
	Altura	Diâm.	Altura	Diâm.	N. folhas	MS Aérea	MS Raiz	Vol. Raiz
Fator A (Fino de carvão)	4,40*	NS	8,80**	NS	NS	7,07**	NS	NS
Fator B (EP Subst.)	28,29**	15,57**	11,86**	6,85*	11,18**	12,27**	4,23*	5,08*
Fator C (EP Foliar)	NS	11,34**	NS	28,33**	NS	NS	NS	NS
Fator A x B	6,70**	NS	6,35**	NS	4,18*	6,34**	NS	NS
Fator A x C	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Fator B x C	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Fator A x B x C	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C.V. (%)	6,81	5,00	5,2	5,60	3,11	7,89	13,06	12,90

\* e \*\* significativo a de 5% e 1% respectivamente pelo teste F. DAP = dias após plantio. NS = não significativo.

A adição de fino de carvão a  $100 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$  não influenciou no desenvolvimento das plantas e, portanto, pode ser considerado uma alternativa para a formulação de substrato para a produção de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo'. Porém, a adição de  $200 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$  de fino de carvão no substrato prejudicou o desenvolvimento dos porta-enxertos de limoeiro 'Cravo' e provocou redução na altura e massa seca da parte aérea das plantas (Tabela 4).

De acordo com ABAD et al. (1989) e MILNER (2001), um substrato deve conter de 20 a 30% (v/v) de espaço de aeração para que haja um bom desenvolvimento do sistema radicular e, conseqüente, bom crescimento da parte aérea. Todavia ZANETTI et al. (2003) realizaram caracterização física de três substratos comerciais à base de casca de pinus utilizados na produção de porta-enxertos cítricos e constataram valores médios de 29, 10 e 61% para sólidos, espaço de aeração e capacidade de retenção de água respectivamente. Tais valores estão muito próximos daqueles encontrados para o substrato com  $200 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$  de FC (Figura 2), o que indica a possibilidade do uso desta



mistura neste sistema de produção, desde que seja utilizado um manejo diferenciado de irrigação.

Como não foi possível variar a frequência e lâmina de irrigação no presente experimento, pode ter ocorrido excesso de água e escassez de oxigênio para o sistema radicular das plantas cultivadas no substrato com  $200 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$ , o que pode ter ocasionado menor desenvolvimento dos porta-enxertos de limoeiro 'Cravo'.

**Tabela 4** Dados médios dos tratamentos de adição de fino de carvão (FC) no substrato para as variáveis de crescimento do limoeiro 'Cravo'. Cordeirópolis, Centro APTA Citros "Sylvio Moreira", 2002.

Tratamentos ( $\text{cm}^3 \text{ dm}^{-3}$ )	Médias							
	150 DAP		180 DAP					
	Altura (cm)	Diâm. (mm)	Altura (cm)	Diâm. (mm)	Nº folhas (unid.)	MS Aérea (g)	MS Raiz (g)	Volume Raiz (mL)
0	12,06 ab	2,08 a	21,25 a	2,52 a	15,46 a	0,990 a	0,317 a	1,44 a
100	12,41 a	2,13 a	21,62 a	2,54 a	15,43 a	0,990 a	0,314 a	1,44 a
200	11,71 b	2,14 a	20,32 b	2,54 a	15,20 a	0,919 b	0,315 a	1,42 a
DMS (tukey)	0,57	0,74	0,77	0,10	0,33	0,053	0,029	0,13

As médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DAP = dias após plantio.

A aplicação, pré-semeadura, do extrato pirolenhoso ao substrato provocou redução de todas as variáveis analisadas (Tabela 5). SILVA (2003) também constatou redução nos parâmetros de altura, diâmetro e massa seca do sistema radicular e parte aérea de mudas de eucalipto, *Eucalyptus gigantea* sp., cultivadas em substrato orgânico, fertirrigadas três vezes por semana, durante 45 dias, com solução contendo adubo +  $20 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$  de EP.

Contudo, tais resultados não estão em concordância com os obtidos em condições de campo por ICHIKAWA & OTA (1982), que estudando a cultura do arroz antes do transplante, observaram que a aplicação do extrato pirolenhoso ao solo promoveu maior desenvolvimento da parte aérea e radicular dessas mudas, melhorando, portanto, seu desenvolvimento após o transplante. SHIRAKAWA et al.

(1993) relataram efeito positivo na atividade fisiológica de plantas de arroz com a aplicação de extrato pirolenhoso ao solo. ESECHIE et al. (1998) constataram maior produção de massa seca, área foliar e altura das plantas tratadas com EP na água de irrigação ( $50 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$ ) em plantas de sorgo (*Sorghum bicolor* L.).

Deve-se ressaltar, porém, que os trabalhos acima citados referem-se a utilização do EP em condições de campo no solo, e que tanto o presente estudo quanto o trabalho de SILVA (2003) foram desenvolvidos em recipientes com substrato orgânico, sem solo.

**Tabela 5.** Dados médios dos tratamentos da adição de extrato pirolenhoso (EP) no substrato para as variáveis de crescimento de limoeiro 'Cravo'. Cordeirópolis, Centro APTA Citros "Sylvio Moreira", 2002.

Tratamentos	Médias							
	150 DAP		180 DAP					
	Altura	Diâm.	Altura	Diâm.	Nº folhas	MS Aérea	MS Raiz	Volume Raiz
( $\text{cm}^3 \text{ dm}^{-3}$ )	(cm)	(mm)	(cm)	(mm)	(unid.)	(g)	(g)	(mL)
0	12,57 a	2,17 a	21,50 a	2,58 a	15,55 a	0,998 a	0,325 a	1,48 a
20	11,54 b	2,07 b	20,61 b	2,49 b	15,17 b	0,935 b	0,307 b	1,38 b
DMS (tukey)	0,39	0,05	0,52	0,07	0,23	0,04	0,019	0,09

As médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DAP = dias após plantio.

O extrato pirolenhoso pulverizado na parte aérea não proporcionou diferenças significativas para nenhuma das variáveis analisadas, exceto para diâmetro do caule aos 150 e 180 DAP. A pulverização com solução de EP a  $5 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$  provocou redução do diâmetro do caule das plantas aos 180 DAP e a pulverização a  $10 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$  provocou redução no diâmetro das plantas aos 150 DAP e 180 DAP (Tabela 6).

Não foram encontrados na literatura resultados de experimentos utilizando o extrato pirolenhoso pulverizado na parte aérea, porém, acredita-se que o produto possa agir como quelato na potencialização da absorção de alguns nutrientes em pulverizações via foliar, ou, potencializar o efeito de agroquímicos utilizados para o controle de determinadas pragas e/ou doenças. Neste experimento, porém, utilizou-se o

extrato pirolenhoso sem a adição de nutrientes a fim de verificar se o mesmo poderia interferir no desenvolvimento das plantas.

**Tabela 6.** Dados médios dos tratamentos da pulverização de extrato pirolenhoso (EP) na parte aérea para as variáveis de crescimento de limoeiro 'Cravo'. Cordeirópolis, Centro APTA Citros "Sylvio Moreira", 2002.

Tratamentos	Médias							
	150 DAP		180 DAP					
	Altura	Diâm.	Altura	Diâm.	Nº folhas	MS Aérea	MS Raiz	Volume Raiz
(cm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup> )	(cm)	(mm)	(cm)	(mm)	(unid.)	(g)	(g)	(mL)
0	11,89 a	2,19 a	21,10 a	2,69 a	15,34 a	0,949 a	0,327 a	1,49 a
5	12,30 a	2,13 a	21,28 a	2,52 b	15,46 a	0,993 a	0,313 a	1,41 a
10	11,98 a	2,04 b	20,80 a	2,39 c	15,28 a	0,956 a	0,308 a	1,40 a
DMS (tukey)	0,57	0,07	0,77	0,10	0,33	0,053	0,029	0,129

As médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DAP = dias após plantio.

Pela análise da interação, foi constatado que a utilização conjunta do fino de carvão e extrato pirolenhoso no substrato potencializou o efeito negativo em relação às variáveis de crescimento do limoeiro 'Cravo'. Ficou evidenciada redução nos dados de altura (150 e 180 DAP), número de folhas e massa seca da parte aérea nas plantas cultivadas em substrato com 200 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup> de FC com adição de EP, bem como redução no valor da altura (180 DAP), número de folhas e massa seca da parte aérea para as plantas cultivadas em substrato com 100 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup> de FC com a adição de EP (Tabela 7).

Na análise realizada do efeito dos tratamentos de forma isolada (Tabelas 4 e 5) já se havia notado redução de altura e diâmetro (150 e 180 DAP), número de folhas, massa seca (aérea e raiz) e volume do sistema radicular. Pela análise da interação foi possível confirmar que a aplicação conjunta do extrato pirolenhoso e fino de carvão em substrato orgânico não proporciona resultados satisfatórios como aqueles obtidos para outras culturas em solo (TSUZUKI et al., 1989; UDDIN et al., 1994; UDDIN et al., 1995; DU et al., 1997).

**Tabela 7.** Dados médios da interação da adição de fino de carvão (FC) x adição de extrato pirolenhoso (EP) no substrato para as variáveis altura aos 150 e 180 DAP, número de folhas e massa seca da parte aérea de limoeiro 'Cravo'. Cordeirópolis, Centro APTA Citros "Sylvio Moreira", 2002.

Causas de Variação		Médias			
		150 DAP		180 DAP	
Fator A (FC) (cm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup> )	Fator B (EP Subst.) (cm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup> )	Altura (cm)	Altura (cm)	No. folhas (unidades)	MS Aérea (g)
Médias do Fator B (EP Substrato) dentro do Fator A (Fino de carvão)					
0	0	12,16 a	21,12 a	15,42 a	0,978 a
0	20	11,95 a	21,36 a	15,49 a	1,001 a
100	0	12,89 a	22,07 a	15,67 a	1,031 a
100	20	11,93 b	21,17 a	15,18 b	0,949 b
200	0	12,67 a	21,33 a	15,56 a	0,983 a
200	20	10,74 b	19,31 b	14,85 b	0,854 b
DMS (tukey)	Fator B x A	0,67	0,90	0,39	0,062
Médias do Fator A (Fino de carvão) dentro do Fator B (EP Substrato)					
0	0	12,16 a	21,12 a	15,42 a	0,978 a
100	0	12,89 a	22,07 a	15,67 a	1,031 a
200	0	12,67 a	21,33 a	15,56 a	0,983 a
0	20	11,95 a	21,37 a	15,49 a	1,001 a
100	20	11,93 a	21,17 a	15,18 ab	0,949 a
200	20	10,74 b	19,31 b	14,85 b	0,854 b
DMS (tukey)	Fator A x B	0,81	1,09	0,47	0,075

As médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DAP = dias após plantio.

## ACÚMULO DE NUTRIENTES

Os resultados apresentados foram calculados tanto para a teor como para o acúmulo de nutrientes, porém, como foram constatado valores semelhantes entre ambos, optou-se por apresentar e discutir os dados de acúmulo de nutrientes pela parte aérea e sistema radicular. A adição de fino de carvão ao substrato provocou diferenças significativas para o acúmulo dos nutrientes na parte aérea, exceto para Ca, S e B no sistema radicular, conforme a análise de variância (Tabela 8).

A análise dos dados das Tabelas 9 e 10 revelou que houve maior acúmulo de K, tanto na parte aérea como raízes, nos tratamentos com 100 e 200  $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$ ; constatou-se correlação significativa  $R^2 = 0,80$  e  $0,99$  para acúmulo de K na parte aérea e sistema radicular, respectivamente, de acordo com aumento da quantidade de fino de carvão na composição do substrato, devido ao aumento da concentração de K no mesmo.

Para todos os outros nutrientes constataram-se menores quantidades na massa seca da planta, quando estas foram cultivadas em substrato com a adição de fino de carvão. A adição de FC a 200  $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$  provocou redução no acúmulo de N, P, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea e, N, P, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn nas raízes em relação às plantas cultivadas em substrato com 100  $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$  de fino de carvão em sua composição; o que pode explicar a diferença obtida nos parâmetros biométricos para as plantas submetidas a este tratamento (Tabela 4).

Pelo que se pode depreender dos dados apresentados nas Tabelas 9 e 10, a aplicação de EP no substrato induziu menor acúmulo de P e K na parte aérea e de N, P, K, Ca, Mg, Fe e Zn nas raízes. Tal resultado discorda de MIYASAKA et al. (2001) que afirma que o pirolenhoso diluído em água, em concentração variando de 5 a 20  $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$ , quando aplicado ao solo, favorece a assimilação de nutrientes pelo sistema radicular das plantas.

MYASAKA et al. (1984) relata que alguns compostos orgânicos naturais podem se ligar a íons como Fe, Mn, Zn e Cu, tomando-os quelatos, menos susceptíveis às mudanças de pH e mais facilmente disponíveis às plantas. Todavia, WALLACE (1956) relata que o uso de substâncias naturais como agentes quelantes é menos eficiente

que os sintéticos, pois essas substâncias podem reagir facilmente com a matéria orgânica contida no substrato.

O EP pulverizado na parte aérea induziu diferenças significativas no acúmulo de K, Ca, Mg, B, Cu, Mn e Zn na parte aérea e K, Ca, Mg, S, B e Fe nas raízes (Tabela 8), porém, as respostas não foram uniformes para todos os elementos, nem consistentes com o aumento da concentração das soluções de EP pulverizadas nas plantas (Tabela 9 e 10).

As concentrações de nutrientes existentes no extrato pirolenhoso puro são consideradas muito pequenas: Cu ( $108 \text{ mg dm}^{-3}$ ); Fe ( $3,8 \text{ mg dm}^{-3}$ ); Mn ( $0,04 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e Zn ( $0,2 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Estes nutrientes se encontram ainda em menores concentrações quando o EP é diluído em água para ser pulverizado ( $0, 5 \text{ e } 20 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$ ). Portanto, não era de se esperar que o EP aumentasse a concentração foliar de nutrientes e, sim, que a utilização do produto interferisse no balanço hormonal das plantas e proporcionasse maior desenvolvimento, assim como o ocorrido com plantas de arroz em trabalho desenvolvido por TSUZUKI et al. (2000).

Também foram constatadas interações significativas para as combinações: carvão x EP no substrato, para os nutrientes N, P, K e S na parte aérea; carvão x EP foliar, para Ca e K, respectivamente, na aérea e sistema radicular; EP no substrato x EP foliar para Ca na parte aérea e, uma interação tripla para o acúmulo de K no sistema radicular.

Para N, P, K e S (Tabela 8), a análise das referidas interações revelou que houve diminuição no acúmulo de N e S pela parte aérea de limoeiro 'Cravo', quando se adicionou EP no substrato com  $200 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$  de fino de carvão em sua composição. Os dados biométricos também mostraram efeito negativo para esta interação (Tabela 7). Constatou-se, também, um menor acúmulo de P na parte aérea das plantas cultivadas em substrato com fino de carvão, bem como nas cultivadas em substrato com  $20 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$  de EP e  $100 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$  de fino de carvão.

Para o K observou-se que a adição de EP no substrato a  $20 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$  aumentou o acúmulo do nutriente na parte aérea das plantas, quando estas foram cultivadas em substrato com  $100 \text{ e } 200 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$  de fino de carvão. Para Ca, constatou-se aumento

no acúmulo na parte aérea de acordo com o aumento da dose do EP foliar, quando cultivado em substrato com  $100 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$  de fino de carvão, e maior acúmulo de Ca na parte aérea em substrato com EP e carvão  $100 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$ .

Para o sistema radicular, a interação observada para o K indicou que o acúmulo do nutriente foi menor quando cultivado em substrato com carvão  $200 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$  e pulverizado com EP na parte aérea  $10 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$ .

**Tabela 8.** Resultado de análise de variância (valores de F) para acúmulo de nutrientes na parte aérea e raízes de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo' em função da aplicação de extrato pirolenhoso (EP) na parte aérea e substrato e do fino de carvão (FC) no substrato. Cordeirópolis, Centro APTA Citros "Sylvio Moreira", 2002.

PARTE AÉREA											
Causa de Variação	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Fator A (Fino de Carvão)	20,17**	53,44**	37,19**	17,46**	38,79**	10,34**	60,36**	60,96**	5,08**	59,83**	131,88**
Fator B (EP Substrato)	NS	6,93*	4,32*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Fator C (EP Foliar)	NS	NS	6,01**	52,79**	15,59**	NS	3,20*	46,96**	NS	17,21**	3,80*
Fator A x B	6,74**	4,79*	6,05**	NS	NS	3,41*	NS	NS	NS	NS	NS
Fator A x C	NS	NS	NS	17,22**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Fator B x C	NS	NS	NS	6,31**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Fator A x B x C	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C.V. (%)	9,94	9,25	10,87	10,62	10,25	14,78	12,69	17,74	12,31	13,77	13,27
RAÍZES											
Causa de Variação	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Fator A (Fino de Carvão)	9,05**	67,81**	175,10**	NS	46,35**	NS	NS	12,41**	5,51**	3,91*	186,58**
Fator B (EP Substrato)	6,26*	5,36*	7,55**	9,47**	5,92*	NS	NS	NS	7,51**	NS	5,50*
Fator C (EP Foliar)	NS	NS	13,08**	4,76*	3,17*	6,09**	20,52**	NS	3,94*	NS	NS
Fator A x B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Fator A x C	NS	NS	2,84*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Fator B x C	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Fator A x B x C	NS	NS	3,47*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C.V. (%)	10,95	12,94	13,20	14,90	15,38	16,72	16,15	20,23	27,79	76,65	19,66

\* e \*\* significativo ao nível de 5% e 1% respectivamente pelo teste F. NS = não significativo.



**Tabela 9.** Dados médios para acúmulo de nutrientes na parte aérea de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo' em função da aplicação de extrato pirolenhoso na parte aérea e substrato e do fino de carvão (FC) no substrato. Cordeirópolis, Centro APTA Citros "Sylvio Moreira", 2002.

FINO DE CARVÃO											
(cm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup> )	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
(mg/planta)											
0	14,66 a	1,99 a	16,86 b	9,63 a	2,50 a	1,01 a	0,066 a	0,004 a	0,079 a	0,019 a	0,026 a
100	14,72 a	1,84 b	21,35 a	9,37 a	2,20 b	0,95 a	0,054 b	0,003 b	0,078 a	0,015 b	0,019 b
200	12,48 b	1,51 c	21,71 a	8,10 b	1,92 c	0,83 b	0,044 c	0,002 c	0,071 b	0,013 c	0,014 c
DMS (tukey)	0,97	0,11	1,51	0,67	0,16	0,10	0,005	0,001	0,006	0,001	0,002
EP SUBSTRATO											
(cm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup> )	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
(mg/planta)											
0	14,22 a	1,83 a	20,50 a	9,11 a	2,22 a	0,95 a	0,056 a	0,003 a	0,078 a	0,016 a	0,020 a
20	13,69 a	1,73 b	19,44 b	8,96 a	2,19 a	0,91 a	0,055 a	0,003 a	0,074 a	0,016 a	0,019 a
DMS (tukey)	0,381	0,078	1,03	0,45	0,11	0,06	0,003	0,001	0,004	0,001	0,001
EP FOLIAR											
(cm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup> )	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
(mg/planta)											
0	14,04 a	1,80 a	18,88 b	9,30 b	2,17 b	0,92 a	0,058 a	0,002 c	0,078 a	0,017 a	0,018 b
5	14,11 a	1,82 a	21,05 a	7,50 c	2,40 a	0,91 a	0,054 a	0,003 b	0,075 a	0,014 b	0,021 a
10	13,72 a	1,72 a	19,99 ab	10,30 a	2,05 b	0,96 a	0,054 a	0,004 a	0,074 a	0,017 a	0,020 ab
DMS (tukey)	0,967	0,11	1,51	0,67	0,16	0,10	0,005	0,001	0,006	0,001	0,001

As médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DAP = dias após plantio.

**Tabela 10.** Dados médios para acúmulo de nutrientes em raízes de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo' em função da aplicação de extrato pirolenhoso na parte aérea e substrato e do fino de carvão (FC) no substrato. Cordeirópolis, Centro APTA Citros "Sylvio Moreira", 2002.

FINO DE CARVÃO											
(cm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup> )	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
(mg/planta)											
0	3,53 a	0,54 a	2,23 c	1,03 a	1,47 a	0,63 a	0,017 a	0,003 a	0,131 a	0,041 a	0,014 a
100	3,47 a	0,42 b	3,53 b	1,11 a	1,22 b	0,65 a	0,018 a	0,002 b	0,124 a	0,037 ab	0,007 b
200	3,11 b	0,35 c	4,71 a	1,08 a	0,95 c	0,59 a	0,017 a	0,001 c	0,101 b	0,022 b	0,005 c
DMS (tukey)	0,26	0,04	0,32	0,11	0,13	0,07	0,002	0,001	0,023	0,018	0,001
EP SUBSTRATO											
(cm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup> )	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
(mg/planta)											
0	3,48 a	0,45 a	3,64 a	1,13 a	1,27 a	0,64 a	0,018 a	0,02 a	0,129 a	0,037 a	0,009 a
20	3,26 b	0,42 b	3,34 b	1,01 b	1,16 b	0,60 a	0,017 a	0,02 a	0,108 b	0,030 a	0,008 b
DMS (tukey)	0,17	0,03	0,22	0,08	0,09	0,05	0,001	0,001	0,016	0,012	0,001
EP FOLIAR											
(cm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup> )	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
(mg/planta)											
0	3,44 a	0,44 a	3,67 a	1,01 b	1,24 a	0,591 b	0,019 a	0,002 a	0,130 a	0,033 a	0,009 a
5	3,41 a	0,43 a	3,70 a	1,15 a	1,27 a	0,593 b	0,014 b	0,002 a	0,104 b	0,035 a	0,008 a
10	3,26 a	0,44 a	3,10 b	1,05 ab	1,14 a	0,683 a	0,018 a	0,002 a	0,121 ab	0,031 a	0,008 a
DMS (tukey)	0,26	0,04	0,32	0,11	0,13	0,072	0,002	0,001	0,023	0,018	0,001

As médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DAP = dias após plantio.

## CONCLUSÕES

1. A adição de  $100 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$  de fino de carvão no substrato comercial não afetou o desempenho de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo', mas na proporção de  $200 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$  prejudicou o desenvolvimento destas plantas.
2. O tratamento pré-semeadura do substrato com solução a  $20 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$  de extrato pirolenhoso influenciou no acúmulo da maioria dos nutrientes, reduziu a absorção de P e K, e inibiu o desenvolvimento de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo'.
3. As pulverizações da parte aérea das plantas com soluções de EP não afetaram de forma consistente o acúmulo de nutrientes, e induziu menor diâmetro do caule de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo'.
4. As combinações de fino de carvão com as aplicações de extrato pirolenhoso não foram vantajosas em comparação com as aplicações independentes.

## CAPÍTULO 3 – ARTIGO 2

### INFLUÊNCIA DO EXTRATO PIROLENHOSO SOBRE A ABSORÇÃO FOLIAR DE NUTRIENTES POR LIMOEIRO 'CRAVO'

**RESUMO:** O trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de extrato pirolenhoso (EP), pulverizado na parte aérea, sobre a absorção de nutrientes pelo limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck) cultivado em ambiente protegido. Empregou-se blocos casualizados com seis tratamentos em quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos por pulverização das soluções: T0 = água; T1 = solução de micronutrientes sem EP; T2 = solução de micronutrientes + EP ( $1\text{cm}^3\text{ dm}^{-3}$ ); T3 = solução de micronutrientes + EP ( $2\text{ cm}^3\text{ dm}^{-3}$ ); T4 = solução de micronutrientes + EP ( $5\text{cm}^3\text{ dm}^{-3}$ ); T5 = solução de micronutrientes + EP ( $10\text{ cm}^3\text{ dm}^{-3}$ ). A solução com micronutrientes foi preparada com sulfatos de Cu, Fe, Mn, Zn ( $250\text{ mg dm}^{-3}$  do elemento) e ácido bórico ( $42,5\text{ mg dm}^{-3}$  de B). O recipiente utilizado foi tubete cônico de  $0,280\text{ dm}^3$ , com substrato comercial, sem a adição de micronutrientes na formulação. As soluções foram pulverizadas uma única vez aos 140 dias após o plantio (DAP), momento em que as plantas apresentavam aproximadamente 20 cm de altura. Ao final do experimento (160 DAP) quantificou-se a massa seca e os teores de macro e micronutrientes da parte aérea e sistema radicular. Constatou-se aumento nos teores de Fe e Zn na parte aérea das plantas pulverizadas com a solução de micronutrientes em relação à testemunha, além do incremento nos teores de Cu e Mn em plantas pulverizadas com micronutrientes + EP ( $10\text{cm}^3\text{ dm}^{-3}$ ). Para o sistema radicular, observou-se que a adição de solução com extrato pirolenhoso, independente da dose, reduziu a concentração de Fe e aumentou a de Ca.

**Termos para indexação:** *Citrus*, propagação, pulverização foliar, produção de mudas, micronutrientes.

EFFECT OF THE PYROLIGNEOUS ACID ON LEAF ABSORPTION  
OF NUTRIENTS BY 'RANGPUR' LIME.

**ABSTRACT:** This research studied the effect of pyroligneous acid (PA) sprayed on the leaves on the absorption of nutrients on 'Rangpur lime' (*Citrus limonia* Osbeck) seedlings, under screen house. A factorial experiment in a randomized complete block design with six treatments and four replicates was set up. Treatments consisted on leaf spraying with the following solutions: T0 = water; T1 = micronutrients solution without PA; T2 = micronutrients solution+ PA ( $1 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$ ); T3 = micronutrients solution + PA ( $2 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$ ); T4 = micronutrients solution + PA ( $5 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$ ); T5 = micronutrients solution + PA ( $10 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$ ). The micronutrient solutions were prepared by using Cu, Fe, Mn and Zn sulphates ( $250 \text{ mg dm}^{-3}$  of the elements), and acid boric ( $42.5 \text{ mg dm}^{-3}$  of B). The experiment was set up on  $0.280 \text{ dm}^3$  conical containers, with commercial growing media without addition of micronutrients. The solutions were sprayed once, at 140 days after planting (DAP), when the plants were about 20 cm high. At the end of the experiment (160 DAP), dry mass of plants and concentrations of nutrients of aerial part and root system were evaluated. It was observed increase in the concentrations of Fe and Zn on the aerial part of the plants sprayed with micronutrients solution compared with the control, and a increased of the Cu and Mn concentration for the treatments sprayed with micronutrients + PA ( $10 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$ ). For the root system it was observed that the solutions with PA, independent of the concentration, reduced the Fe concentration and increased the Ca.

**Index terms:** *Citrus*, propagation, leaf spray, nursery tree production, micronutrients.

## INTRODUÇÃO

A cultura dos citros tem grande importância no Brasil visto que o país é o maior produtor de laranja do mundo. A qualidade das mudas cítricas é um dos fatores que determina o sucesso dos cultivos comerciais, já que a planta somente revelará seu potencial máximo de produtividade seis a oito anos após o plantio.

As mudas cítricas devem ser produzidas em vasos ou sacolas plásticas, em sistema protegido, com o uso de substrato isento de patógenos e adequados a este tipo de produção. Neste processo de produção de mudas, nos quais altas taxas de crescimento das plantas são obtidas em curto espaço de tempo, torna-se essencial a suplementação mineral, via adubação.

Dentre as alternativas no manejo de adubação, isoladamente ou associados, estão os adubos de liberação controlada, o fornecimento de nutrientes ao substrato via água de irrigação e a adubação foliar. A escolha do manejo correto, formulações e freqüências de aplicação tem sido realizadas com base na experiência individual dos viveiristas, havendo carência na literatura de recomendações específicas para este novo sistema de produção de mudas.

De acordo com BOARETTO & ROSOLEM (1989), a adubação foliar tem como objetivo complementar a nutrição realizada via solo e suprir, em quantidade e qualidade, as necessidades nutricionais das plantas, além de possibilitar a correção mais rápida de determinadas deficiências. A eficiência da adubação foliar pode ser avaliada por diferentes métodos, sendo o mais comum, e prático, o método indireto, no qual realiza-se a pulverização de nutrientes sobre as folhas e, decorridos 20 a 60 dias para a absorção dos mesmos, quantifica-se a alteração da composição química da planta. Este método, porém, não permite quantificar a porcentagem da quantidade aplicada que foi absorvida pelas folhas e nem quantificar a translocação do nutriente para outros órgãos (BOARETTO et al., 2003).

A velocidade de absorção dos elementos varia com a planta e com o elemento. De acordo com MALAVOLTA et al. (1997), 50% do Fe e Mn aplicados via pulverização

foliar são absorvidos após um ou dois dias e, o Zn, após 2 a 24 horas. Todavia, BOARETTO et al. (2003) utilizando a técnica de auto-radiografia em plantas cítricas, relata que a velocidade de absorção de Zn e Mn é dependente da fonte empregada e que aproximadamente 2% do Mn e 4% do Zn, aplicados na forma de sulfatos, foram absorvidos 30 dias após a aplicação. Para B, os autores indicam que 9% do elemento é absorvido após o período de um dia. Não foram encontrados na literatura a velocidade de absorção para Cu.

Trabalhos desenvolvidos com plantas adultas no campo têm demonstrado que a adubação foliar de solução contendo micronutrientes aumentou significativamente seus teores nas folhas de citros colhidas 20 ou 60 dias após a aplicação (CAETANO, 1982; TIRITAN, 1996; SANTOS et al., 1999). De acordo com BOARETTO et al. (2003), os aumentos nos teores foliares dos micronutrientes estão diretamente relacionados com a quantidade aplicada.

BOARETTO et al. (1999) confirmaram que duas aplicações anuais de micronutrientes ( $770 \text{ mg dm}^{-3}$  Zn,  $625 \text{ mg dm}^{-3}$  Mn e  $170 \text{ mg dm}^{-3}$  B) conforme indicações do Grupo Paulista de Adubação e Calagem para Citros - GPACC (QUAGGIO et al., 1997) têm sido eficientes para elevar os teores foliares de Zn, Mn e B, mas é insuficiente para alterar o teor nas folhas novas das laranjeiras que nascem após a pulverização, devido à baixa translocação dos mesmos para outros órgãos da planta (BOARETTO et al., 2003).

A eficiência da adubação foliar pode ser influenciada por diversos fatores, entre eles: o ambiente (luz, temperatura e umidade); a planta (superfície foliar, cutícula e idade da folha) e a solução (composição, pH, carga, forma e concentração dos nutrientes) (PEDRAS et al., 1989; MALAVOLTA et al., 1997).

Para que o nutriente, colocado na superfície da folha, entre no espaço intracelular é necessário que os mesmos atravessem a cutícula, a parede celular epidérmica e a plasmalema. A passagem do íon através da membrana pode ocorrer de maneira passiva, através de um gradiente de concentração, ou ativa, com o gasto de energia (BOARETTO et al., 2003).

Há bastante tempo vem se ressaltando a importância da composição da solução veículo dos nutrientes, principalmente a mistura de outros solutos como agentes protetores e surfatantes (CAMARGO & SILVA, 1975). Recentemente, tem sido sugerido a mistura de extrato pirolenhoso (EP) nas soluções pulverizadas nas plantas, visando uma série de benefícios (MYASAKA et al., 2001), mas não se tem informações consistentes sobre o seu efeito na absorção foliar de micronutrientes.

O extrato pirolenhoso (EP) é um líquido obtido através da condensação da fumaça durante o processo de carbonização da madeira. Este líquido é constituído de 800 a 900 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup> de água e contém cerca de 30 componentes químicos diferentes, entre fenóis, álcoois e ácidos; predominando o ácido acético, metanol e acetona (Apêndice A).

O EP vem sendo pesquisado principalmente no Japão e apresentado resultados promissores como fertilizante orgânico em arroz (*Oryza sativa* L.) (TSUZUKI et al., 2000), sorgo (*Sorghum bicolor* L.) (ESECHIE et al., 1998), batata doce (*Ipomoea batatas* L.) (SHIBAYAMA et al., 1998), entre outros. Com base em resultados de pesquisa, como os acima citados, produtores, principalmente os ligados à agricultura natural, estão utilizando o extrato pirolenhoso na produção hortifrutigranjeira, como insumo agrícola natural (BIOCARBO INDÚSTRIA E COMÉRCIO, 2003).

Há indícios de que as características físicas e químicas, especialmente o conteúdo de substâncias com potencial quelatizantes do extrato pirolenhoso, poderiam potencializar a eficiência de produtos fitossanitários e a absorção de nutrientes em pulverizações foliares. De acordo com PONCHIO & BALLIO (1988), quelatos são substâncias que impedem reações indesejáveis de um micronutriente metálico, como Cu, Fe, Mn e Zn pela formação de uma estrutura ao seu redor que os modifica quimicamente, através de ligações covalentes coordenadas com ligantes, formando uma estrutura anelar heterocíclica.

De acordo com WALLACE (1956), substâncias naturais como ácido cítrico, ácido húmico, aminoácidos e lignosulfonados de amônio, sub-produto da indústria de polpa de madeira, entre outros, podem ser utilizados como quelantes naturais, principalmente na pulverização foliar. Porém, neste aspecto, existe carência de informações



experimentais, especialmente relacionadas com a avaliação da real capacidade quelante das substâncias presentes no extrato pirolenhoso e, menos ainda, com a aplicação deste insumo na cultura do citros em condições brasileiras.

Dentro desse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de soluções de extrato pirolenhoso na pulverização da parte aérea, sobre a absorção de nutrientes em limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osbeck), cultivados em ambiente protegido, como um primeiro estudo para balizar a utilização do EP ou o desenvolvimento de estudos mais específicos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi desenvolvido entre fevereiro e agosto de 2003 no viveiro comercial da CITROGRAF – MUDAS, em Rio Claro-SP. O viveiro é coberto por filme plástico transparente e com telado anti-afídeos nas laterais de acordo as exigências da legislação para a produção de mudas de citros no Estado de São Paulo (CARVALHO, 2003).

Foram utilizadas sementes de limoeiro Cravo (*C. limonia* Osbeck cv Limeira) retiradas de frutos colhidos de plantas matrizes registradas. As sementes foram semeadas em 26/02/2003 em tubetes de plástico, em formato de cone com volume de 0,280 dm<sup>3</sup>. Os tubetes foram alocados em bandejas plásticas perfuradas, contendo 54 células, fixadas sobre armação de ferro suspensa (Apêndice E). Utilizou-se substrato comercial Plantmax<sup>®</sup> (Eucatex Ltda: Paulínia/SP) constituído por casca de pínus, carvão moído, turfa e vermiculita, sem adição de micronutrientes e fertilizante de disponibilidade lenta, cinco a seis meses, (Osmocote<sup>®</sup> 18-5-9: Scotts/USA) misturado ao substrato na proporção 4 g dm<sup>-3</sup>.

O substrato utilizado foi analisado no Laboratório do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais, do Instituto Agrônomo: Campinas/SP, pelo método da extração aquosa 1:1,5 (v/v) descrito por SONNEVELD et al. (1974) e apresentou as seguintes características químicas: N-NH<sub>3</sub> = 19,08; N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> =

6,07; P = 1,8; K = 95,3; Ca = 69,9; Mg = 33,6; S = 138,6; B = 0,06; Cu = 0,03; Fe = 0,09; Mn = 0,55; Zn = 0,04 mg dm<sup>-3</sup>, pH = 5,0; condutividade elétrica = 1,20 dS m<sup>-1</sup> e umidade = 46%. Determinou-se, também, a concentração de macro e micronutrientes de acordo com a metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995) e constatou-se os seguintes valores: N total = 9,66; P = 1,15; K = 4,2; Ca = 12,3; Mg = 22,5; S = 2,99 g kg<sup>-1</sup> e B = 300; Cu = 41; Fe = 22.759; Mn = 390; Zn = 48 mg kg<sup>-1</sup>.

O experimento foi conduzido em blocos casualizados com seis tratamentos em quatro repetições compostas por 24 plantas com as 12 centrais na área útil. Os tratamentos foram constituídos por pulverização das soluções: T0 = água; T1 = Solução de micronutrientes sem EP; T2 = Solução de micronutriente + EP (1 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>); T3 = Solução de micronutriente + EP (2 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>); T4 = Solução de micronutriente + EP (5 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>); T5 = Solução de micronutriente + EP (10 cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>). A solução com micronutrientes foi preparada com sulfatos de Cu, Fe, Mn, Zn (250 mg dm<sup>-3</sup> do elemento) e ácido bórico (42,5 mg dm<sup>-3</sup> de B). As soluções foram analisadas em laboratório e os resultados encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Resultado da determinação dos teores totais de micronutrientes, pH e condutividade elétrica (EC) das diferentes soluções utilizadas no experimento para determinação da influência do extrato pirolenhoso na absorção foliar de micronutrientes em limoeiro 'Cravo' cultivado em tubetes. Jaboticabal, UNESP, 2003.

TRATAMENTOS	B	Cu	Fe	Mn	Zn	pH	EC
	mg dm <sup>-3</sup>						dS m <sup>-1</sup>
T0 Testemunha (água destilada)	0	0	0	0	0	6,50	0,01
T1 Micro + água destilada	42	265	257	251	254	3,28	3,01
T2 Micro + EP 1cm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup>	45	270	252	252	252	3,25	3,03
T3 Micro + EP 2cm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup>	43	270	251	254	252	3,22	3,05
T4 Micro + EP 5cm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup>	42	267	251	251	252	3,15	3,12
T5 Micro + EP 10cm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup>	44	267	259	252	252	3,07	3,18
- Média (exceto testemunha)	43	268	254	252	252	3,19	3,08

Como não foi encontrada na literatura consultada, indicação para adubação foliar em mudas cítricas, partiu-se da recomendação para planta adulta descrita pelo Grupo Paulista de Adubação e Calagem para Citros - GPACC (QUAGGIO et al., 1997), sendo testadas sub-doses até não mais apresentarem sintomas de fitotoxidez, resultando, então, na solução acima descrita. O extrato pirolenhoso destilado foi fornecido pela Biocarbo Indústria e Comercio Ltda: Nova Lima/MG e, de acordo com análise realizada no laboratório da UNESP – Jaboticabal/SP, possui apenas traços de N, P, K, Ca, Mg, S e B, mas contém os seguintes micronutrientes: Cu ( $108 \text{ mg dm}^{-3}$ ); Fe ( $3,8 \text{ mg dm}^{-3}$ ); Mn ( $0,04 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e Zn ( $0,2 \text{ mg dm}^{-3}$ ).

As soluções foram pulverizadas uma única vez, aos 140 DAP (dias após o plantio) quando os porta-enxertos apresentavam aproximadamente 20 cm de altura. Utilizou-se bomba de pulverização costal e bico tipo cone vazio, com vazão de  $0,5 \text{ dm}^3 \text{ minuto}^{-1}$  e válvula de pressão constante  $1 \text{ kgf cm}^{-3}$ . A calda foi aplicada em quantidade suficiente para molhar completamente as plantas até o ponto de escorrimento, protegendo-se o substrato com placas de isopor para evitar que a solução entrasse em contato com o substrato e garantir que a solução fosse absorvida apenas pelas folhas (Apêndice F). Após a aplicação dos tratamentos, a irrigação foi realizada de maneira que não houvesse a lavagem das folhas, e também para evitar que a solução depositada no limbo foliar entrasse em contato com o substrato e fosse absorvida via raiz (Apêndice G).

Aos 160 DAP (20 dias após a aplicação dos tratamentos) foram realizadas avaliações da produção de massa seca ( $\text{g planta}^{-1}$ ) e determinação dos teores de macro e micronutrientes da parte aérea e raiz. Para determinação dos teores de nutrientes, as amostras da parte aérea e raízes foram lavadas, em seqüência, com: água corrente, detergente ( $1 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$ ), água destilada, HCl ( $30 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$ ) e água destilada. Em seguida, as amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar, com temperatura variando de 65 a 70 °C, até atingirem peso constante, moídas e submetidas à determinação dos teores totais de N pelo método de Kjeldahl; P por espectrofotometria; S por turbidimetria, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn através de digestão nítrico-perclórica e posterior quantificação por espectrofotometria de absorção atômica;

além do teor de B pelo método da azometina-H, de acordo com metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995).

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo Teste F e as médias comparadas pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ) de acordo com BANZATTO & KRONKA (1995).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para a produção de massa seca, tanto da parte aérea (média de  $2,25 \text{ g planta}^{-1}$ ) como do sistema radicular (média de  $1,21 \text{ g planta}^{-1}$ ), não apresentaram diferenças significativas para os diferentes tratamentos, visto que as pulverizações foram realizadas 20 dias antes das determinações de massa. Face ao exposto, os resultados estatísticos dos dados de absorção de nutrientes por planta ou por unidade de matéria seca foram semelhantes e, portanto, optou-se por expressar e discutir os resultados com base nos teores.

Os teores médios de nutrientes assim como o desvio padrão encontrados para a parte aérea e o sistema radicular estão apresentados na Tabela 2. Deve-se ressaltar que os teores de macro e micronutrientes obtidos no experimento não devem ser utilizadas como parâmetro de comparação para avaliar o estado nutricional de plantas nestas condições, pois, tabelas de interpretação dos teores sugeridas pelo Grupo Paulista de Adubação e Calagem para Citros - GPACC (QUAGGIO et al., 1997) correspondem à terceira ou quarta folha a partir do fruto, gerada na primavera, com aproximadamente seis meses de idade, em ramos com frutos de 2 a 4 cm de diâmetro. Como não existem dados referentes a porta-enxertos cultivados em substrato em ambiente protegido, no presente estudo analisou-se toda a parte aérea (folha + caule) dos porta-enxertos.

Observou-se uma maior proporção de Fe, Mn e Zn e menor de Cu e B no sistema radicular, o que parece ser um comportamento comum para as mudas cítricas, pois BOAVENTURA (2001) também constatou maior teor dos micronutrientes Fe, Mn e Zn no sistema radicular, comparada com as da parte aérea de mudas de laranjeira

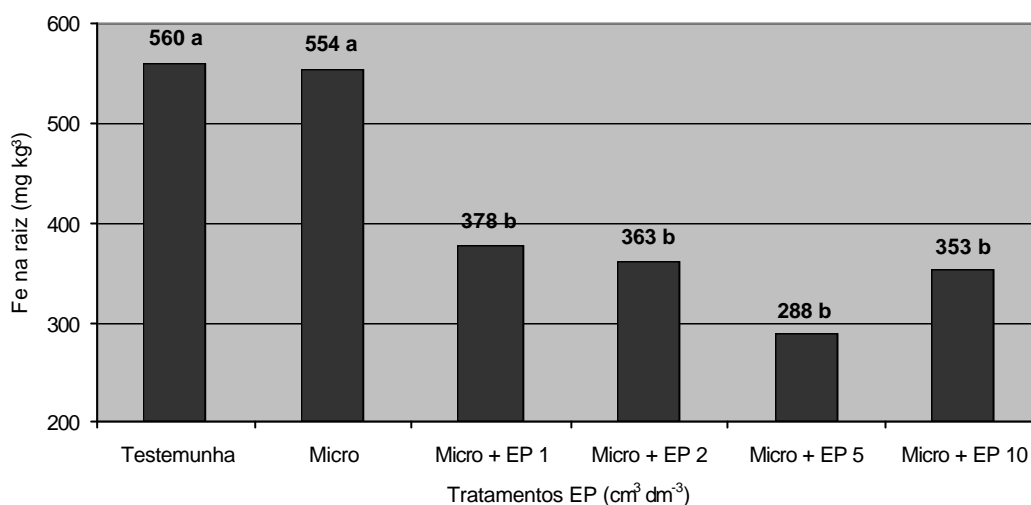
'Valência' sobre limoeiro 'Cravo' e citromeleiro 'Swingle', aos 250 dias após o transplante.

**Tabela 2.** Teores médios dos nutrientes e desvio padrão encontrados para a parte aérea e o sistema radicular de mudas de limoeiro 'Cravo' aos 160 DAP. Jaboticabal, UNESP, 2003.

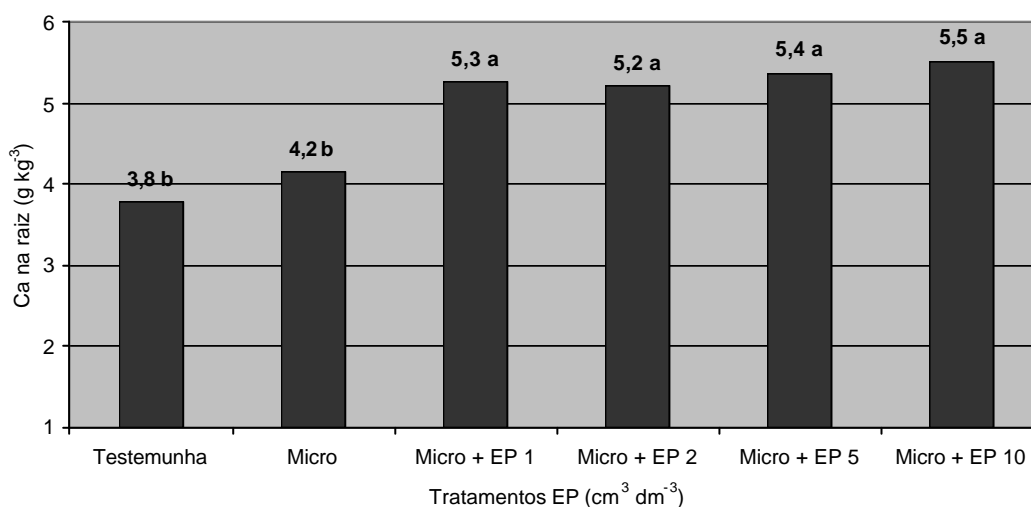
Nutriente	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>				
Parte aérea	18,3	1,3	20,4	12,1	1,9	1,3	109,7	3,95	97,9	16,4	15,4
Desvio Padrão	0,9	0,1	2,2	1,1	0,1	0,1	5,7	1,2	6,2	1,1	1,1
Sistema radicular	13,2	0,9	14,2	4,9	1,9	1,3	39,2	3,05	416,0	73,3	17,2
Desvio Padrão	0,7	0,1	1,5	0,3	0,1	0,1	2,8	1,4	57,1	10,8	8,6

Com relação aos teores de nutrientes no sistema radicular, foram constatadas diferenças significativas para Ca e Fe (Apêndice I). O extrato pirolenhoso pulverizado na parte aérea, independente da concentração, provocou redução em cerca de 38% nos teores de ferro (Figura 1) e aumento de 25% do Ca (Figura 2).

Os teores de Fe no sistema radicular do limoeiro 'Cravo' foram muito superiores aos demais micronutrientes (Tabela 1) e, ainda, maiores nos tratamentos em que não se aplicou o EP (Figura 1), o que pode ter interferido de forma negativa na absorção do cálcio nos tratamentos testemunha e no tratamento contendo apenas micronutrientes, pois de acordo com Kabata-pendias & Pendias citados por DECHEN et al. (1991), o elemento Ca apresenta antagonismo com os micronutrientes B, Cu, Fe, Zn e Mn.



**Figura 1.** Teor de ferro ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) no sistema radicular de limoeiro 'Cravo' submetido a diferentes pulverizações com soluções contendo micronutrientes e EP em diferentes concentrações, aos 160 DAP. Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. EP = extrato pirolenhoso. Jaboticabal, UNESP, 2003. 2003. CV (%) = 13,73.



**Figura 2.** Teor de cálcio ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) no sistema radicular de limoeiro 'Cravo' submetido a diferentes pulverizações com soluções contendo micronutrientes e EP em diferentes concentrações, aos 160 DAP. Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. EP = extrato pirolenhoso. Jaboticabal, UNESP, 2003. CV (%) = 5,62.

Com relação aos teores de nutrientes na parte aérea, observou-se diferenças significativas para B, Cu, Fe, Mn e Zn, (Apêndice I) cujos resultados encontram-se, respectivamente, nas Figuras 3, 4, 5, 6 e 7.

Os teores de B nas plantas dos diferentes tratamentos não diferiram daquele verificado nas plantas do tratamento testemunha, uma vez que este apresentou um valor intermediário. Entretanto, o teor de B nas plantas foi diminuindo, consistentemente, à medida que se aumentou o nível de EP na solução, de modo que o teor nas plantas pulverizadas com EP  $1 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$  foi significativamente maior que nos tratamentos com  $10 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$  (Figura 3).

A aplicação de B via adubação foliar em plantas cítricas vem sendo bastante discutida. BOARETTO et al. (2003) afirma que o B é rapidamente absorvido pelas folhas, porém, alguns autores citam que este elemento geralmente não proporciona bons resultados de absorção quando aplicado via foliar, independente da formulação (CABRITA, 1993; QUAGGIO et al., 2003).

Trabalho desenvolvido por SANTOS et al. (1999) com a pulverização foliar de diversas formulações comerciais (quelatos e sais) contendo B, Mn e Zn em plantas de laranjeira 'Pêra' (*C. sinensis* Osbeck), enxertadas sobre limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osbeck), com dois anos de idade, não revelou diferenças significativas nos teores foliares de B, mesmo variando a concentração do elemento nas soluções. SILVA (1996) avaliou a aplicação foliar, em plantas de laranjeira 'Pêra' enxertadas sobre limoeiro 'Cravo' com seis anos de idade, de soluções contendo B (ácido bórico) em duas concentrações ( $85$  e  $50 \text{ mg dm}^{-3}$  B) e também não verificou aumento do teor do nutriente nas folhas colhidas 30 e 60 dias após a aplicação.

A solução com  $10 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$  de EP elevou em 78% os teores de cobre, se comparado à testemunha absoluta e, 54% se comparado à solução de micronutrientes dissolvido em água (Figura 4). Embora o extrato pirolenhoso possua  $108 \text{ mg dm}^{-3}$  de Cu em sua composição, não foi constatada diferença nas soluções finais analisadas (Tabela 1), o que evidencia que a adição do EP não modificou a concentração do elemento na calda. Tais resultados evidenciam que o extrato pirolenhoso facilitou a absorção do Cu pelas plantas. Deficiências de Cu são constantemente notadas em

viveiros de mudas cítricas e BOAVENTURA (2003) relatou maior exigência do elemento cobre para mudas cítricas cultivadas em substrato orgânico, se comparada a plantas adultas. Nesse contexto, o EP poderia ser utilizado como um possível aditivo para auxiliar na absorção de Cu neste sistema de produção.

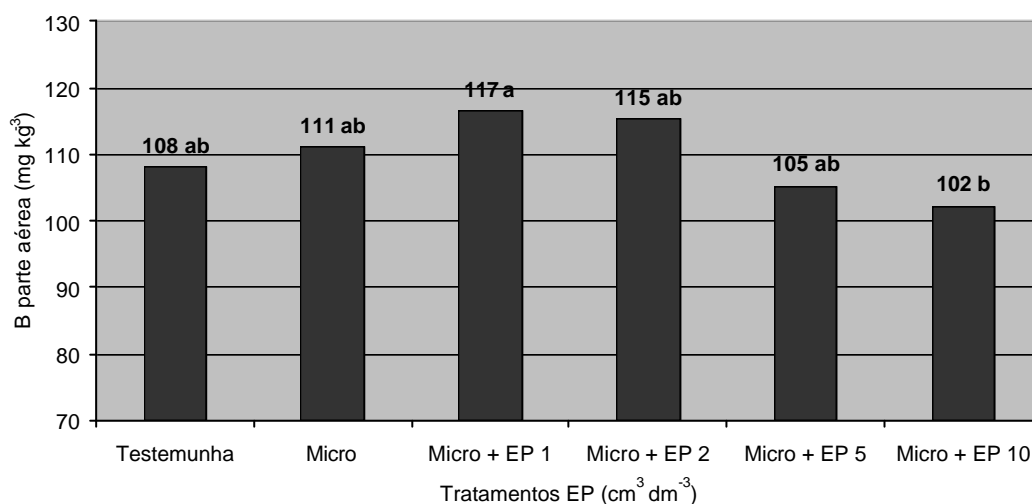
Para o ferro, foi constatado que a pulverização da solução contendo  $250 \text{ mg dm}^{-3}$  do elemento em água aumentou aproximadamente 23% seu teor na parte aérea em relação à testemunha, todavia, os tratamentos contendo micronutrientes não diferiram entre si (Figura 5). O extrato pirolenhoso possui pequenas quantidades de Fe ( $3,8 \text{ mg dm}^{-3}$ ) na sua constituição, porém, assim como para o nutriente Cu, não foi constatada diferença nas soluções quanto à concentração deste nutriente nas soluções utilizadas no experimento (Tabela 1). Portanto, o extrato pirolenhoso não aumentou a absorção do Fe, porém, constatou-se que a solução contendo micronutrientes foi eficiente no aumento dos teores do nutriente na parte aérea, se comparada à testemunha.

Para o manganês, observou-se que a pulverização dos micronutrientes dissolvidos apenas em água não alterou os teores do elemento na parte aérea, em comparação ao teor das plantas testemunha. Todavia, foi constatado que a pulverização de solução contendo 2, 5 e  $10 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$  de EP aumentou em 18, 22 e 26%, respectivamente, o teor de Mn na parte aérea, em relação à testemunha, demonstrando que a adição do EP estimulou de forma significativa a absorção de Mn pelas plantas (Figura 6).

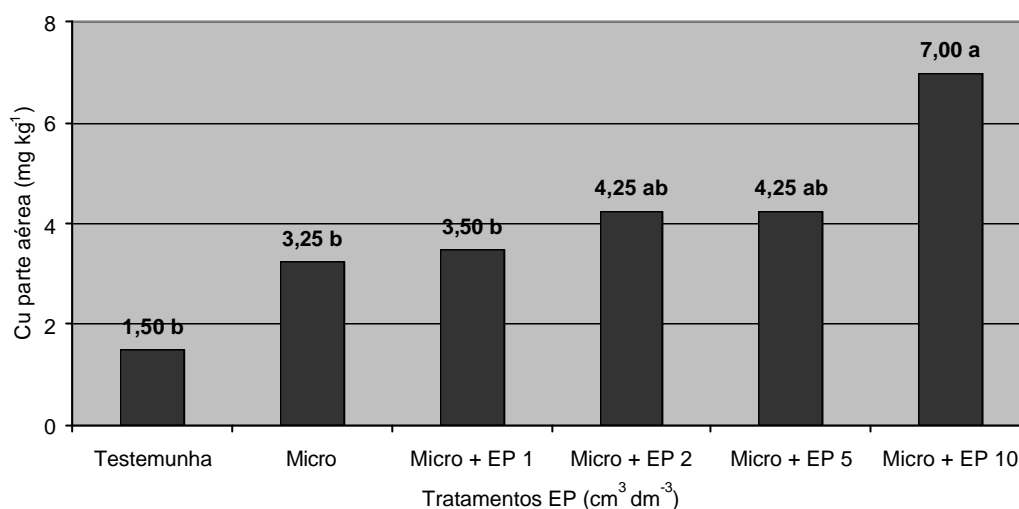
De acordo com BOARETTO et al. (2003) as folhas de citros têm capacidade limitada para absorver o Mn, nelas depositado e, a quantidade de Mn absorvido é dependente da fonte utilizada. Os mesmos autores confirmaram que o Mn é melhor absorvido na forma de cloreto, seguido pelo sulfato e, por último, pelo quelato (Mn-EDTA). Sabe-se, também, que o aumento da acidez não favorece a formação de quelatos de Mn (BASSETI et al., 1980), nem a absorção de cátions (MALAVOLTA et al., 1997). Em função disso pode-se inferir que o efeito estimulante do EP sobre a absorção de Mn não esteja vinculado à possível capacidade quelante do produto.



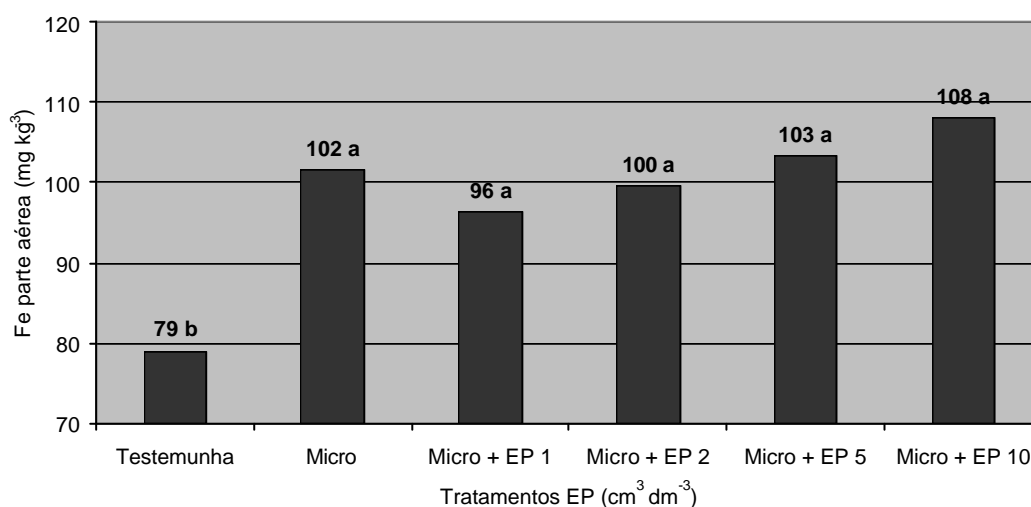
Os teores de zinco na parte aérea foram aumentados em cerca de 25% pela pulverização das soluções contendo o elemento, porém, não se observou variação consistente do teor de Zn na planta com o aumento do teor de EP na solução (Figura 7). Observou-se que a solução com EP a  $1 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$  proporcionou um teor de Zn menor que a solução sem EP, enquanto a de EP a  $10 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$  induziu um teor maior, de modo que a diferença entre elas foi significativa. Assim como se observou para Fe, o extrato pirolenhoso não afetou a absorção do íon Zn, pois todas as soluções contendo micronutrientes induziram aumentos semelhantes dos teores do nutriente na parte aérea, se comparada ao tratamento testemunha.



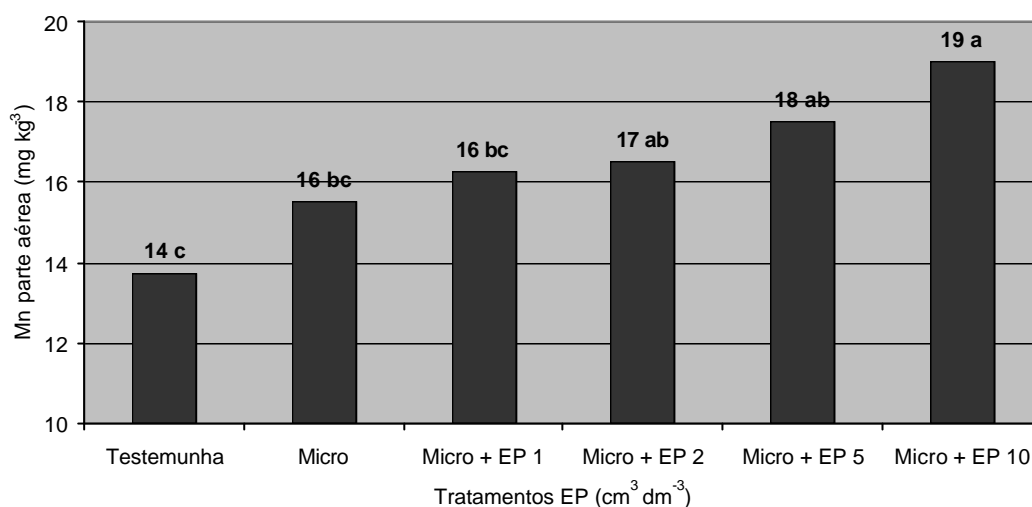
**Figura 3.** Teor de boro ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) na parte aérea de limoeiro 'Cravo' submetido a diferentes pulverizações com soluções contendo micronutrientes e EP em diferentes concentrações, aos 160 DAP. Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. EP = extrato pirolenhoso. Jaboticabal, UNESP, 2003.



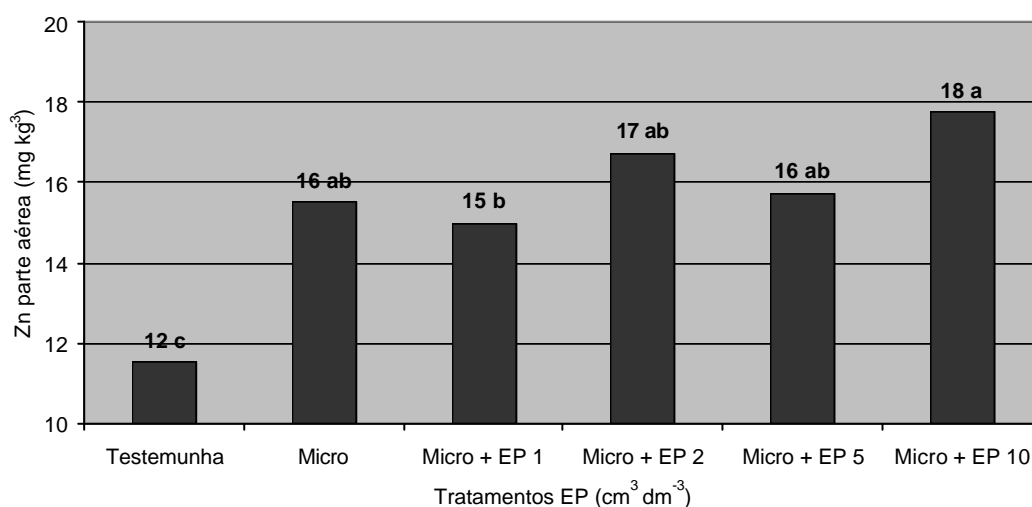
**Figura 4.** Teor de cobre ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) na parte aérea de limoeiro 'Cravo' submetido a diferentes pulverizações com soluções contendo micronutrientes e EP em diferentes concentrações, aos 160 DAP. Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. EP = extrato pirolenhoso. Jaboticabal, UNESP, 2003.



**Figura 5.** Teor de ferro ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) na parte aérea de limoeiro 'Cravo' submetido a diferentes pulverizações com soluções contendo micronutrientes e EP em diferentes concentrações, aos 160 DAP. Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. EP = extrato pirolenhoso. Jaboticabal, UNESP, 2003.



**Figura 6.** Teor de manganês ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) na parte aérea de limoeiro 'Cravo' submetido a diferentes pulverizações com soluções contendo micronutrientes e EP em diferentes concentrações, aos 160 DAP. Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. EP = extrato pirolenhoso. Jaboticabal, UNESP, 2003.



**Figura 7.** Teor de zinco ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) na parte aérea de limoeiro 'Cravo' submetido a diferentes pulverizações com soluções contendo micronutrientes e EP em diferentes concentrações, aos 160 DAP. Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. EP = extrato pirolenhoso. Jaboticabal, UNESP, 2003.

O aumento na absorção de Cu e Mn verificado na presente pesquisa, indica o potencial da utilização do EP ( $10 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$ ) em soluções visando a pulverização para a correção dos teores foliares destes elementos, visto que estes micronutrientes são aqueles que mais se encontram em deficiência em mudas e pomares adultos respectivamente.

## **CONCLUSÕES**

1. O extrato pirolenhoso destilado, adicionado à solução de micronutrientes e pulverizado na parte aérea a 1, 2, 5 e  $10 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$  não interferiu na absorção foliar de B, Fe e Zn pelas mudas de limoeiro 'Cravo'.
2. A adição de extrato pirolenhoso a  $10 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$  em solução contendo micronutrientes estimulou a absorção foliar de Cu e Mn pela parte aérea de mudas do limoeiro 'Cravo'.
3. A aplicação foliar de soluções de EP (1 a  $10 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$ ) + micronutrientes induziu diminuição da concentração de Fe e aumento de Ca no sistema radicular de mudas de limoeiro 'Cravo'.

## CAPÍTULO 4 – IMPLICAÇÕES

A viabilização do uso adequado de fino de carvão e extrato pirolenhoso na agricultura poderia minimizar a emissão de poluentes no meio ambiente, além de proporcionar fonte adicional de renda aos carvoeiros e, portanto reduzir os custos da produção do carvão vegetal.

O fino de carvão vem sendo utilizado na produção de substratos orgânicos à base de casca de pinus, como uma alternativa de matéria prima, principalmente para as indústrias próximas às carvoarias. Devido à sua fina granulometria, o fino de carvão se torna um componente interessante na composição de substratos para a produção de porta-enxertos em tubetes, pois os materiais utilizados neste sistema de produção não podem apresentar partículas grosseiras, para evitar defeitos no sistema radicular decorrente de impedimentos físicos no meio de cultivo.

Além das características físicas, os materiais utilizados na produção de substratos para o cultivo de porta-enxertos cítricos, devem ser isentos de fitopatógenos, o que são características inerentes do fino de carvão. Por isso, este produto pode ser empregado em substituição à turfa, um produto muito utilizado atualmente como componente de substratos, por apresentar, entre outras características, alta capacidade de retenção de água, mas que se trata de um bem não renovável e com alto potencial de contaminantes biológicos nocivos à cultura dos citros.

No presente estudo, foi constatado que a adição do fino de carvão a 100 e 200  $\text{cm}^3 \text{ dm}^{-3}$  proporcionou boas características físicas ao substrato. Acredita-se, portanto, que a utilização do fino de carvão nestas concentrações possa ser uma alternativa para composição de substratos, porém seria muito importante o desenvolvimento de pesquisa para avaliar com mais propriedade a possível interferência nutricional na planta, causada pela elevação do pH e estudar a melhor maneira de corrigir este efeito.

A adequação do manejo de irrigação das plantas cultivadas em substrato contendo fino de carvão, principalmente acima de 100  $\text{cm}^3 \text{ dm}^{-3}$ , também é necessária para que se obtenha bons resultados, pois o aumento da proporção deste componente no substrato tende a reduzir o espaço de aeração e aumentar a capacidade de

retenção de água. Devido às características físicas do fino de carvão, um inadequado manejo da água pode prejudicar o desempenho das plantas e, por isso, é imprescindível que se pesquise o melhor manejo da água em substratos contendo diferentes níveis deste componente.

Por sua vez, o extrato pirolenhoso pulverizado na parte aérea, ou incorporado ao substrato, nas concentrações utilizadas no presente trabalho, não proporcionou resultados satisfatórios, pois limitou o desenvolvimento dos porta-enxertos de limoeiro 'Cravo', cultivados em ambiente protegido. Porém, vários trabalhos na literatura indicam efeito benéfico da utilização conjunta de extrato pirolenhoso e fino de carvão em outras culturas e condições de cultivo. Portanto, seria muito interessante verificar o efeito da aplicação do extrato pirolenhoso em plantas cultivadas no campo e em pomares em produção, pois é possível que as condições do cultivo protegido não tenham favorecido os efeitos estimulantes preconizados para este produto.

Quanto à utilização do extrato pirolenhoso como veículo na aplicação de nutrientes, foi constatado aumento na absorção de Cu e Mn pelos porta-enxertos de limoeiro Cravo, quando aplicados em soluções contendo este produto na concentração de  $10 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$ . Estes resultados são muito interessantes, pois é comum o aparecimento de sintomas de deficiência destes micronutrientes nas plantas cultivadas em substrato orgânico em ambiente protegido. Entretanto, existem evidências de que o aumento da absorção de tais nutrientes pela parte aérea das plantas não se devam à possível capacidade complexante dos compostos existentes no extrato pirolenhoso, pois o aumento da acidez do meio prejudicaria o processo de quelatão de íons metálicos, mesmo com os complexantes mais poderosos, principalmente em valores de pH abaixo de 4,0, como é o caso das soluções usadas neste trabalho (pH 3,07 a 3,28).

As alterações nos teores de Cu e o Mn na parte aérea, bem como Ca e Fe no sistema radicular das plantas estudadas no presente trabalho, sugerem uma possível alteração fisiológica causada pelo extrato pirolenhoso, que poderia ser devido a uma ação hormonal, como sugerem alguns autores, ou a alterações no funcionamento de carregadores bioquímicos envolvidos na absorção e transporte de íons através das

membranas celulares, ou mesmo alterações na permeabilidade da camada cerosa que protege a epiderme e outros constituintes do apoplasto.

De qualquer forma, tendo sido observado o efeito benéfico do extrato pirolenhoso sobre a absorção do Cu e Mn pelos porta-enxertos de limoeiro 'Cravo', seria importante o desenvolvimento de novos experimentos para avaliar diferentes concentrações dos nutrientes e de extrato pirolenhoso, bem como intervalos de aplicações, tanto nestas plantas como em outras variedades de porta-enxerto cítricos. Além disso, é necessário que se verifique se o mesmo efeito pode ser obtido em mudas e plantas cultivadas no campo, a fim de que se tenham resultados mais abrangentes sobre o uso deste produto na citricultura, visto que não foram observados efeitos fitotóxicos nas concentrações utilizadas neste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ABAD, M.; NOGUERA, V.; MATINEZ, M.M.; FORNES, F.; MARTÍNEZ, J. Physical and chemical properties of sedge peat-based media and their relation to plant growth. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 238, p. 45-56, 1989.
- AGRIANUAL 2003: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP consultoria & Agroinformativos, 2003. p. 295-314.
- ALMEIDA, P.L.; LOPES, P.S.N.; HOFFMANN, A.; ANTUNES, L.E.C.; RAMOS, J.D. Crescimento de seedlings do limoeiro 'Cravo' em resposta a adubações via substrato e foliar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 2, p. 441-445, 1999.
- ALVAREZ, C. Utilização de quelatos em adubação foliar. In: BOARETTO, A.E.; ROSOLEM, C.A. **Adubação foliar**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1989. v. 2, p. 177-189.
- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação Agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247p.
- BASSET, J.; DENNEY, R.C.; JEFFERY, G.H.; MENDHAM, J. **Vogel: análise inorgânica quantitativa** 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara dois, 1981. 690p.
- BIOCARBO INDÚSTRIA E COMÉRCIO. **Curso prático de agricultura orgânica**. Itabirito, 2003. 15p. Apostila complementar Região do Irecê – BA.
- BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T. Adubação foliar: Problemas e perspectivas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, v. 21, n. 1, p. 124-165, 1994, Petrolina. **Anais...** Petrolina: CPATSA/EMBRAPA, 1995.
- BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; OLIVEIRA, M.W. Adubação foliar corretiva e preventiva em citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 20, n. 1, p. 233-250, 1999.



BOARETTO, A.E.; ROSOLEM, C.A. Adubação foliar: Conceituação em prática. In: BOARETTO, A.E.; ROSOLEM, C.A. **Adubação foliar**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1989. v. 2, p. 301-320.

BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; BOARETTO, R.M. Absorção e translocação de Mn, Zn e B Aplicados via foliar em Citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 24, n. 1, p. 177-197, 2003.

BOAVENTURA, P.S.R. **Demanda por nutrientes de porta-enxertos e mudas cítricas produzidas em substrato em ambiente protegido**. 2003. 61f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2003.

BRITO, J.O. **Pró Carvão**: relatório sobre a cadeia produtiva de carvão vegetal e lenha do Estado de São Paulo. SINCAL/FCESP/SEBRAE, 2000.

CABRITA, J.R.M. **Aplicação de boro, manganês e zinco em citros vias solo e foliar**, 1993. 47f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Julio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 1993.

CAETANO, A.A. **Estudo da eficiência de várias fontes dos micronutrientes, zinco, manganês e boro aplicados em pulverizações na laranjeira 'Valência' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck)**. 1982. 46f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1982.

CAMARGO, P.N.; SILVA, O. **Manual de adubação foliar**. São Paulo:La Libéria / Herba: São Paulo, 1975. 258p,.

CARVALHO, S.A. Regulamentação atual da Agência de Defesa Agropecuária para produção, estocagem, comércio, transporte e plantio de mudas cítricas no Estado de São Paulo. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 24, n. 1, p. 199-239, 2003.

CARVALHO, S.A. Programas de matrizes do Estado de São Paulo. In: CITRICULTURA DO TRIÂNGULO MINEIRO DO ALTO DO PARANAÍBA – Dia de Palestras e Debates, 1999. **Anais...** Uberaba: EPAMIG, 1999. p. 41-53.

CARVALHO, S.A. **Manejo da adubação nitrogenada na produção de porta-enxertos cítricos em bandejas.** 1994. 74f. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1994.

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

CUADRA, R.; CRUZ, X.; PERERA, E.; MARTIN, E.; DIAZ, A. Algunos compuestos naturales com efecto nematocida. **Revista de Protección Vegetal**, La Habana, v. 24, n. 15, p. 31-37, 2000.

DE BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulturae. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 26, p. 37-44, 1972.

DECHEN, A.R.; HAAG, H.P.; CARMELLO, Q.A.C. Mecanismos de absorção de nutrientes e translocação de micronutrientes. In: MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, p. 79-98, 1991.

DORAN, W.L. Acetic acid and pyroligneous acid in comparison with formaldehyde as soil disinfectants. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 44, n. 7, p. 571-578, 1932.

DU, H.G.; MORI, E.; TERAOKA, H.; TSUZUKI, E. Effect of the mixture of charcoal with pyroligneous acid on shoot and root growth of sweet potato [*Ipomoea batatas*]. **Japanese Journal of Crop Science**, Tokyo, v. 67, n. 2, p. 149-152, 1998.

DU, H.G.; OGAWA, M.; ANDO, S.; TSUZUKI, E.; MURAYAMA, S. Effect of mixture of charcoal with pyroligneous acid on sucrose content in netted melon (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus* Naud.) fruit. **Japanese Journal of Crop Science**, Tokyo, v. 66, n. 3, p. 369-373, 1997.

ESECHIE, H.A.; DHALIWAL, G.S.; ARORA, R.; RANDHAWA, N.S.; DHAWAN, A.K. Assessment of pyroligneous liquid as a potential organic fertilizer. In: Ecological agriculture and sustainable development, 1997, Chandigarh, India. **Proceedings...** Chandigarh: Center for Research in Rural and Industrial Development, 1998. v.1, p. 591-595.

FEICHTENBERGER, E.; MÜLLER, G.W.; GUIRADO, N. Doenças dos Citros. In: KIMATI, H.; AMORIN, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M. **Manual de Fitopatologia v.2: Doenças das plantas cultivadas**. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. p. 261-296.

FUNDECITRUS. **Viveiros**. Araraquara. Disponível em: <<http://www.fundecitrus.com.br>>. Acesso em 15.fev.2004.

FURTADO, G.R.; PEREIRA, R.T.G.; ZANETTI, R.; SOUZA-SILVA, A. Efeito do ácido pirolenhoso *in vitro* sobre isolados de *Botrytis cinérea*, *Cylindrocladium clavatum* e *Rhizoctonia solani*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, suplemento v. 27, p. 112, 2002.

GRAF, C.C.D.; MARINHO, C.S.; SOUTO, R.F.; PAIVA, L.V.; SOUZA SOBRINHO, F. Efeito da fertilização foliar após a enxertia no crescimento e nutrição da muda de laranja (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. Valência). **Ciência e Prática**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 264-267., 1994.

HOFFMANN, G. Verbindliche Methoden zur Untersuchung von TKS und Gartnerischen Erden. **Mitteilungen der VDLUFA**, Herft, v. 6, p. 129-153, 1970.

ICHIKAWA, T.; OTA, Y. Effect of pyroligneous acid on the growth of rice seedlings. **Japanese Journal of Crop Science**, Tokyo, v. 51, n. 1, p. 14-17, 1982.

LOPES, A.S.; CARVALHO, J.D. de. Micronutrientes: Critérios de diagnose para solo e planta, correção de deficiências e excessos. In: ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 17., 1988, Londrina. **Anais...** Londrina:EMBRAPA-CNPSO/IAPAR/SBCS, 1988. p. 133-178.

MAEKAWA, K. **Curso sobre produção de carvão, extrato pirolenhoso e seu uso na agricultura.** São Paulo: (APAN – Associação dos Produtores de Agricultura Natural), 2002. Apostila.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; VIOLANTE NETO, A. **Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação dos citros.** Piracicaba: POTAFOS, 1989. 153p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. DE. **Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações** 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 201p.

MILNER, L. Water and fertilizer management in substrates. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF CITRUS NURSERYMEN, 6., 2001, Ribeirão Preto. **Proceedings...** Ribeirão Preto: ISCN, 2001. p. 93-95.

MIYASAKA, S.; OHKAWARA, T.; NAGAI, K.; YAZAKI, H.; SAKITA, M.N. Técnicas de produção e uso do fino de carvão e licor pirolenhoso In: ENCONTRO DE PROCESSOS DE PROTEÇÃO DE PLANTAS: Controle ecológico de pragas e doenças, 1., 2001, Botucatu. **Resumos...** 2001. p. 161-176.

MIYASAKA, S.; CAMARGO, A.C.; CAVALIERI, P.A.; GODOY, I.J.; WERNER, J.C.; CURI, S.M.; LOMBARDI NETO, F.; MEDINA, J.C.; CERVellini, G.S.; BULISANI, E.A. **Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas no Estado de São Paulo.** 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1984. 138p.

MORTVEDT, J.J. Micronutrient fertilizers and fertilization practices. In: VLEK, P.L.G. **Micronutrients in tropical food crop production**, 1985. p. 221-235. (Developments in Plant and Soil Sciences, 14)

NUMATA, K.; OGAWA, T.; TANAKA, K. Effects of pyroligneous acid (wood vinegar) on the several soilborne diseases. **Proceedings of the Kanto Tosan Plant Protection Society**, Omagary, v. 5, n. 41, p. 107-110, 1994.

PEDRAS, J.F.; RODRIGUES, J.D.; RODRIGUES, S.D. Absorção de íons via foliar. In: BOARETTO, A.E.; ROSOLEM, C.A. **Adubação foliar**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1989. v. 2, p. 301-320.

PICCININ, E.; NOVAES, Q.S.; PASCHOLATI, S.F. Efeito de *Lentinula edodes* (Shiitake), *Lentinan*, *Saccharomyces cerevisiae* e ácido pirolenhoso na infecção de fumo (*Nicotiana tabacum*) pelo vírus do Mosaico do fumo (TMV). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 25, 2000. **Resumos...** Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 2000.

PONCHIO, C.O.; BALLIO, L.A.C. Fontes de enxofre e micronutrientes para a agricultura Brasileira. In: ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 17., 1988, Londrina. **Anais...** Londrina: EMBRAPA-CNPSO/IAPAR/SBCS, 1988. p. 265-276.

QUAGGIO, J.A.; MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H.; TANK JUNIOR, A. Fertilização com boro e zinco no solo em complementação à aplicação via foliar em laranjeira 'Pêra'. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília/DF, v.38 n.5. 2003.

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. van; PIZA JUNIOR, C. T. Frutíferas. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. p. 121-153.

RAIJ, B. van; CANTANELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. p. 1-41.

ROSSETTI, V.; GONZALES, M.A.; DONADIO, L.C. Histórico. In: DONADIO, L.C.; MOREIRA, C.S. **Clorose Variegada dos Citros** Bebedouro, 1.ed. 1997. 162p.

SANTOS, C.H.; DUARTE FILHO, J.; MODESTO, C.J.; GRASSI FILHO, H.; FERREIRA, G. Adubos foliares quelatizados e sais na absorção de boro, manganês e zinco em laranjeira 'Pera'. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 999-1004, 1999.

SERRANO, L.A.L. **Sistemas de produção e doses de adubo de liberação lenta na formação de porta-enxerto cítrico (*Citrus limonia* Osbeck CV Cravo)**. 2003. 97f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2003.

SHIBAYAMA, H.; MASHIMA, K.; MITSUTOMI, M.; ARIMA, S. Effects of application of pyroligneous acid solution produced in Karatsu city on growth and free sugar contents of storage roots of sweet potatoes. **Marine and Highland Bioscience Center Report**, Phukel, v. 7, p. 15-23. 1998.

SHIRAKAWA, N.; FUKAZAWA, M.; TERADA, S. Studies on the pyroligneous acid IV. Plant physiological activities of several main components in pyroligneous acid. **Japanese Journal of Crop Science**, Tokyo, v. 62, p. 168-189, 1993.

SILVA, M.M. **Adubação dos teores foliares de micronutrientes em citros em função da aplicação de fungicidas, sais e quelatizaos**. 1996. 58f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

SILVA, S.A. **Efeito do extrato pirolenhoso sobre *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae), *Syntermes molestus* (Burmeister, 1983) (Isoptera: Termitidae) e mudas de eucalipto.** 2003. 68p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

SONNEVELD, C.; ENDE, J.V.D.; DIJK, P.A.V. Analysis of growing media by means of a 1:1,5 volume extract. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 5, n. 3, p.183-202, 1974.

TEDESCO, M.J.; VOLWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análise de solos, plantas e outros materiais.** Porto Alegre: FA/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995, 188p. (Boletim técnico, 5).

TIRITAN, S.T. **Adubação foliar de micronutrientes em citros.** 1996. 64f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

TOLEDO, A.R.M. **Efeito dos substratos na formação de mudas de laranjeiras (*Citrus sinenses* (L.) Osbeck cv Pêra Rio) em vasos.** 1992. 88f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1992.

TSUZUKI, E.; MORIMITSU, T.; MATSUI, T. Effect of chemical compounds in pyroligneous acid on root growth in rice plant. **Japan Journal Crop Science**, , Tokyo, v. 66, n. 4, p. 15-16, 2000.

TSUZUKI, E.; WAKIYAMA, Y.; ETO, H.; HANDA, H. Effect of Pyroligneous Acid and Mixture of Charcoal with Pyroligneous Acid on the Growth and Yield of Rice Plant . **Japan Journal Crop Science**, Tokyo, v. 58, n.4, p. 592-597, 1989.

UDDIN, S.M.M.; MURAYAMA, S.; ISHIMINE, Y.; TSUZUKI, E. Effect of Mixture of Charcoal with Pyroligneous Acid on cane and sugar yield of spring and ratoon crops of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). **Japan Journal Crop Science**, Tokyo, v. 38, n. 4, p. 281-285, 1994.

UDDIN, S.M.M.; MURAYAMA, S.; ISHIMINE, Y.; TSUZUKI, E. HARADA, J. Effect of the Mixture of Charcoal with Pyroligneous Acid on dry matter production and root growth of summer planted sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). **Japan Journal Crop Science**, Tokyo, v. 64, n. 4, p. 747-753, 1995.

VITTI, G.C. Calagem e adubação de citros. **Informações Agronômicas**, v. 48, p. 1-3, 1989.

VITTI, G.D; DONADIO, L.C.; MALAVOLTA, E.; CABRITA, J.R.M. Influence of soil and leaf applications of micronutrients on yield and fruit quality of *Citrus sinensis* Osbeck, variety Pêra. In: FRAGOSO, M.A.C.; BEUSICHEM, M.L. **Optimization of plant nutrition**. Kluwer Academic Publishers, p. 453-456, 1993.

WALLACE, A. Introduction: Metal Chelates in Agriculture. In: SYMPOSIUM ON THE USE OF METAL CHELATES IN PLANT NUTRITION, 1., 1956, Palo Alto/CA, **Proceedings...** Palo Alto/CA. 1956. p. 4-23.

ZANETTI, M.; FERNANDES, C.; CAZETTA, J.O.; CORÁ, J.E.; MATTOS JUNIOR, D. Caracterização física de substratos para a produção de mudas cítricas sob telado. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 24, n. 2, p. 519-530, 2003.



## APÊNDICES

## APÊNDICE A. Componentes do extrato pirolenhoso

Componentes e concentração dos compostos químicos existentes no extrato pirolenhoso destilado. Dados fornecidos pela BIOCARBO LTDA. Julho, 2003.

COMPONENTES	CONCENTRAÇÃO (%)
<b>Fenólicos</b>	
Fenol	0,2
Guaiacol	0,4
Creosol	0,1
o-creosol	1,1
Siringol	1,0
4-metilsiringol	1,1
4-etilsiringol	0,6
4-alilsiringol	0,2
<b>Ácidos</b>	
Ácido acético	5,1
Ácido propiônico	0,7
Ácido buírico	0,2
Ácido crotônico	0,1
<b>Neutros</b>	
Acetona	0,2
Acetato de metila	0,6
2-ciclopentadiona	0,1
3-propionato de etila	0,2
Furfural	0,1
5-metilfurfural	0,1
4-pentanona	0,1
Butanona	0,5
2-buten-4-diona	0,1
<b>Alcoóis</b>	
Metanol	0,1
Acetona	0,2
Acetoinpropilenoglicol	0,1
Álcool fufurílico	0,1
Cicloteno	0,4
Maltol	0,1
5-hidroximetil-2-furfural	1,2
<b>Outros</b>	
Água	85

APÊNDICE B. Vista geral do experimento – Capítulo 2.



Vista geral do experimento instalado no Centro APTA Citros 'Sylvio Moreira', Cordeirópolis, SP. Setembro, 2002.

## APÊNDICE C. Mesa de tensão



Mesa Tensão utilizada para determinação da porosidade total, espaço de aeração e água, usando-se o método descrito por DE BOODT & VERDONCK (1972). Jaboticabal, UNESP, 2002.

APÊNDICE D. Vibrador mecânico.



Vibrador mecânico acoplado a jogo de peneiras com malhas 4,00 – 2,00 – 1,00 – 0,50 – 0,25 e 0,125 mm, utilizado para determinar a distribuição do tamanho dos agregados (granulometria) de substratos utilizados em experimento. Jaboticabal, UNESP, 2002.

## APÊNDICE E. Resumo da análise de variância - Capítulo 2.

Tabela 1A. Teste tukey (DMS e C.V.), análise de variância (valor de F) e respectiva significância da análise estatística para os resultados de distribuição do tamanho das partículas do substrato comercial (S), fino de carvão (FC) e diferentes misturas utilizados para a produção de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo'. Jaboticabal, FCAV-UNESP, 2002.

Fontes de variação	DMS <sup>(1)</sup>	C.V.(%)	Valor F.	Prob. F
< 0,125	4,25	12,24	336,44	**
0,125 – 0,25	2,26	7,42	8,34	*
0,25 – 0,50	1,64	5,08	15,69	**
0,50 – 1,00	2,50	5,90	40,05	**
1,00 – 2,00	1,67	2,65	83,07	**
2,00 – 4,00	6,52	8,45	50,01	**
> 4,00	0,26	8,63	91,24	**

<sup>(1)</sup> Teste tukey. \* e \*\* significativo a de 5% e 1% respectivamente pelo teste F.

Tabela 2A. Teste tukey (DMS e C.V.), análise de variância (valor de F) e respectiva significância da análise estatística para os resultados de proporção entre os volumes de espaço de aeração, água e sólidos em substrato comercial (S), fino de carvão (FC) e diferentes composições utilizados para a produção de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo'. Jaboticabal, FCAV-UNESP, 2002.

Fontes de variação	DMS <sup>(1)</sup>	C.V.(%)	Valor F.	Prob. F
Espaço de aeração	2,64	6,46	331,53	**
Água	1,00	0,59	3640,00	**
Sólidos	2,00	3,16	9,76	*

<sup>(1)</sup> Teste tukey. \* e \*\* significativo a de 5% e 1% respectivamente pelo teste F.

APÊNDICE F. Vista geral do experimento – Capítulo 3.



Vista geral do experimento instalado no viveiro comercial da CITROGRAF – MUDAS, em Rio Claro-SP. Agosto, 2003.

APÊNDICE G. Sistema para pulverização.



Pulverização realizada aos 140 DAP e sistema de proteção do substrato com placas de isopor utilizado para evitar que a solução entrasse em contato com o substrato. CITROGRAF – MUDAS, Rio Claro. Agosto, 2003.



#### APÊNDICE H. Sistema de irrigação.



Sistema de Irrigação utilizado após a aplicação dos tratamentos de pulverização foliar para que não houvesse o molhamento das folhas e evitar que a solução depositada no limbo foliar entrasse em contato com o substrato. CITROGRAF – MUDAS, Rio Claro. Agosto, 2003.

## APÊNDICE I. Resumo da análise de variância - Capítulo 3.

Tabela 1A. Teste tukey (DMS e C.V.), análise de variância (valor de F) e respectiva significância da análise estatística para os resultados dos teores de nutrientes da parte aérea e sistema radicular de limoeiro 'Cravo' submetido a diferentes pulverizações com soluções contendo micronutrientes e extrato pirolenhoso em diferentes concentrações, aos 160 DAP. Jaboticabal, FCAV-UNESP, 2002.

Fontes de variação	Parte aérea			Sistema radicular		
	DMS <sup>(1)</sup>	C.V.(%)	Valor F.	DMS <sup>(1)</sup>	C.V.(%)	Valor F.
N	2,16	5,12	NS	1,72	5,65	NS
P	0,13	4,24	NS	0,11	5,14	NS
K	5,03	10,73	NS	3,57	10,94	NS
Ca	2,54	9,13	NS	0,63	5,62	28,49**
Mg	0,19	4,55	NS	0,32	7,53	NS
S	0,21	7,18	NS	0,28	8,99	NS
B	13,21	5,24	3,81*	6,50	7,22	NS
Cu	2,83	31,14	8,52**	3,18	45,13	NS
Fe	14,38	6,39	10,35**	131,35	13,73	15,83**
Mn	2,52	6,67	10,56**	24,76	14,68	NS
Zn	2,50	7,08	15,41**	19,85	50,04	NS

<sup>(1)</sup> Teste tukey. \* e \*\* significativo a de 5% e 1% respectivamente pelo teste F.