

LEILA DE PAULA REZENDE

EFEITO DO VOLUME DE SUBSTRATO E DO SUPERFOS-  
FATO SIMPLES NA FORMAÇÃO DE PORTA-ENXERTOS  
DE CITROS

Dissertação apresentada à Escola Superior  
de Agricultura de Lavras, como parte das  
exigências do curso de Pós-Graduação em  
Agronomia, área de concentração, Fito-  
tecnia, para obtenção do grau de "MESTRE"

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

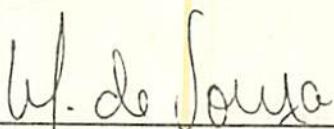
LAVRAS - MINAS GERAIS

1991

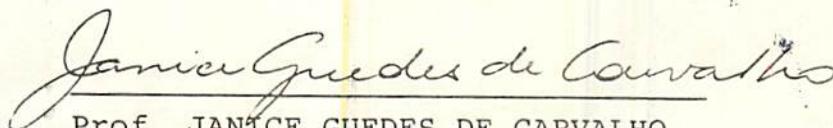


EFEITO DO VOLUME DE SUBSTRATO E DO SUPERFOSFATO SIMPLES  
NA FORMAÇÃO DE PORTA-ENXERTO DE CITROS

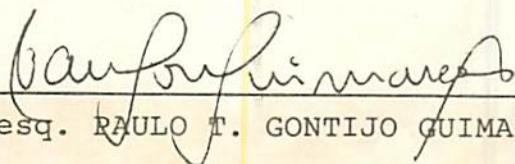
APROVADA: 26 de fevereiro de 1991



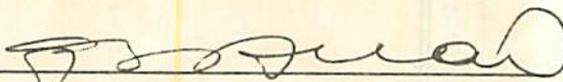
Prof. MAURÍCIO DE SOUZA  
Orientador



Prof. JANICE GUEDES DE CARVALHO



Pesq. RAULO T. GONTIJO GUIMARÃES



Prof. GILNEI DE SOUZA DUARTE

*A meus pais, irmãos  
e sobrinhos.*

*DEDICO*

## AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura de Lavras, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão de bolsa de estudo.

À Coordenadoria de Pós-graduação da ESAL, na pessoa do Professor Fabiano Ribeiro do Vale, pelo apoio e incentivo aos pós-graduandos desta instituição.

À Coordenadoria de Pós-graduação do Departamento de Agricultura na pessoa do Professor Moacir Pasqual, pelo apoio aos pós-graduandos deste departamento.

Ao Professor Maurício de Souza, pela paciência na transmissão dos ensinamentos, orientação e apoio durante a execução deste trabalho.

Aos Professores Janice Guedes de Carvalho e Gilnei de Souza Duarte e, ao Pesquisador Paulo Tacito Gontijo Guimarães, pelas críticas e sugestões.

Ao Professor Gilnei de Souza Duarte pela orientação nas análises estatísticas.

Ao Professor Nilton Curi pela classificação e informações sobre o solo utilizado como substrato.

Aos Professores dos departamentos de Agricultura, Solos, Biologia, Ciências Exatas e Economia, pelos ensinamentos transmitidos nas várias etapas do curso.

Aos funcionários do pomar, senhores Ival de Souza Arantes, José Ribeiro Sobrinho e Guiomar Pinto Ribeiro pela amizade e apoio na condução do experimento e demais ensaios realizados durante o curso.

Aos funcionários dos departamentos de Agricultura, Solos, Biologia, Centro de Processamento de Dados, Biblioteca Central e Oficina Gráfica, pela colaboração nas diversas etapas deste trabalho.

Aos colegas, Soraya Carvalho Barrios, Neide Botrel, Francisco de Paula Godinho, Paulo Henrique P. Pereira, Márcio Mourão Guimarães, José Eustáquio Pereira, Alaíde Isabel de Azevedo, Elida B.A. Fonseca, Vanda Maria O. Cornélio, Eveline de Souza e demais colegas, pela amizade e agradável convívio.

Aos meus irmãos Alba Valéria, Maria Elvira, Clécio, Cláudia e Jaciara e, a amiga Jacqueline, pela amizade, apoio e colaboração durante a realização deste trabalho.

Aos amigos Milton L. Arantes, Everaldo Arantes e Cláudio Arantes pelo convívio, apoio e colaboração durante a execução deste trabalho.

À meus pais Jacy e Guaraciaba pelo carinho, paciência e incentivo durante todas as etapas deste trabalho.

A todos! Muito obrigado.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

LEILA DE PAULA REZENDE, filha de Jacy Teodoro de Rezende e Guaraciaba de Paula Rezende, nasceu em Lavras, Estado de Minas Gerais, em 28 de junho de 1964.

Em dezembro de 1987, diplomou-se como Engenheira Agrônomo pela Escola Superior de Agricultura de Lavras.

Em março de 1988, iniciou o curso de pós-graduação a nível de Mestrado em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, na Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), Estado de Minas Gerais.

## SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1. Produção de mudas em recipientes .....	5
2.2. Volume de substrato .....	8
2.2.1. <i>Efeito do volume de substrato no desenvolvi-</i> <i>mento da planta</i> .....	10
2.3. Fertilidade do substrato .....	11
2.3.1. <i>Fósforo como nutriente essencial</i> .....	12
2.3.2. <i>Fertilizantes fosfatados</i> .....	15
2.3.3. <i>Efeito de fertilizantes fosfatados no substrato e</i> <i>na planta</i> .....	17
2.4. Efeito da interação volume x fertilidade do subs <u>tr</u> trato .....	23
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	25
3.1. Material .....	25
3.1.1. <i>Plantas avaliadas</i> .....	25
3.1.2. <i>Substrato de cultivo</i> .....	25
3.1.3. <i>Fertilizantes</i> .....	26

	Página
3.1.4. <i>Recipientes de propagação</i> .....	27
3.2. Métodos .....	28
3.2.1. <i>Delineamento experimental</i> .....	28
3.2.2. <i>Instalação e condução</i> .....	29
3.2.3. <i>Avaliações</i> .....	30
3.2.4. <i>Análises estatísticas</i> .....	32
4. RESULTADOS .....	33
4.1. Características químicas determinadas nas amostras de substrato aos 259 dias pós-semeadura ...	33
4.2. Teores de nutrientes na matéria seca total dos <u>li</u> moeiros 'Cravo' aos 259 dias pós-semeadura .....	35
4.2.1. <i>Macronutrientes</i> .....	35
4.2.2. <i>Micronutrientes</i> .....	38
4.3. Características de crescimento vegetativo do <u>li</u> moeiro 'Cravo' .....	41
4.3.1. <i>Altura das plantas aos 180, 211, 242 e 257 dias pós-semeadura</i> .....	44
4.3.2. <i>Diâmetro do caule à 15 cm do colo aos 180, 211, 242 e 257 dias pós-semeadura</i> .....	48
4.3.3. <i>Matéria seca do sistema radicular, da parte aérea e total e rizomassa aos 259 dias pós-semeadura</i> .....	48
4.4. Resultados de observações .....	53
5. DISCUSSÃO .....	55
6. CONCLUSÕES .....	71
7. RESUMO .....	73

**Página**

8. SUMMARY .....	75
9. LITERATURA CITADA .....	77
APÊNDICE .....	86

## LISTA DE QUADROS

Quadro		Página
1	Valores de alguns componentes físicos determinados na amostra de material superficial do solo usado como substrato para o limoeiro 'Cravo', Lavras - MG, 1990 .....	26
2	Valores de alguns componentes químicos e do pH determinados na amostra de material superficial do solo usado como substrato para o limoeiro 'Cravo', Lavras - MG, 1990 .....	27
3	Capacidades volumétricas e dimensões dos sacos de polietileno usados para a produção dos porta-enxertos de citros, Lavras - MG, 1990 .....	28
4	Épocas de aplicação, fertilizantes e respectivas dosagens aplicadas em cobertura, Lavras - MG, 1990 ..	30
5	Dias após a semeadura gastos pelas plantas para atingir o ponto de enxertia .....	53

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Efeito das doses de superfosfato simples (SS) nos teores de P nos volumes de substrato $V_1$ , $V_2$ , $V_3$ e $V_4$ , aos 259 dias pós-semeadura - ESAL, Lavras, 1990 .....	34
2	Efeito das doses de superfosfato simples (a) e dos volumes de substrato (b), nos teores de K no substrato, aos 259 dias pós-semeadura - ESAL, Lavras, 1990 .....	36
3	Efeito das doses de superfosfato simples nos teores de Ca no substrato, aos 259 dias pós-semeadura - ESAL, Lavras, 1990 .....	37
4	Efeito das doses de superfosfato simples (SS) nos teores de matéria orgânica (m.o.) no substrato, aos 259 dias pós-semeadura - ESAL, Lavras, 1990 .....	37

## Figura

## Página

5	Efeito das doses de superfosfato simples (SS) nos teores de P (a), K (b), Ca (c) e S (d) na matéria seca total dos limoeiros 'Cravo', aos 259 dias pós- -semeadura - ESAL, Lavras, 1990 .....	39
6	Efeito dos volumes de substrato nos teores de K (a), de Ca (b) e de S (c) na matéria seca total dos limoeiros 'Cravo', aos 259 dias pós-semeadura - ESAL, Lavras, 1990 .....	40
7	Efeito dos volumes de substrato nos teores de Cu na matéria seca total dos limoeiros 'Cravo', aos 259 dias pós-semeadura - ESAL, Lavras, 1990 .....	42
8	Efeito das doses de superfosfato simples (SS) nos teores de Zn na matéria seca total dos limoeiros 'Cravo' aos 259 dias pós-semeadura - ESAL, Lavras, 1990 .....	42
9	Efeito das doses de superfosfato simples (SS) nos teores de Mn na matéria seca total dos limoeiros 'Cravo' nos volumes de substrato $V_1$ , $V_3$ e $V_4$ , aos 259 dias pós-semeadura - ESAL, Lavras, 1990 .....	43
10	Efeito das doses de superfosfato simples (SS) sobre os incrementos em altura (a) e diâmetro do caule à 15 cm do colo (b) dos limoeiros 'Cravo' nos volumes de substrato $V_1$ , $V_2$ , $V_3$ e $V_4$ - ESAL, Lavras, 1990	45

## Figura

## Página

11	Efeito das épocas de avaliação do incremento em <u>al</u> tura dos limoeiros 'Cravo' nos volumes de substrato $V_1$ , $V_2$ , $V_3$ e $V_4$ - ESAL, Lavras, 1990 .....	46
12	Efeito das épocas de avaliação dos incrementos em altura (a) e diâmetro do caule à 15 cm do colo (b), dos limoeiros 'Cravo' que receberam as doses de <u>su</u> perfosfato simples (SS) $P_1$ , $P_2$ e $P_3$ - ESAL, Lavras, 1990 .....	47
13	Efeito das doses de superfosfato simples (SS) na matéria seca total (a) e da parte aérea (b) dos <u>li</u> moeiros 'Cravo' nos volumes de substrato $V_1$ , $V_2$ , $V_3$ e $V_4$ , aos 259 dias pós-semeadura - ESAL, Lavras, 1990 .....	50
14	Efeito das doses de superfosfato simples - SS (a) e dos volumes de substrato (b) na matéria seca do sistema radicular, aos 259 dias pós-semeadura - ESAL, Lavras, 1990 .....	51
15	Efeito das doses de superfosfato simples - SS (a) dos volumes de substrato (b) na rizomassa dos <u>limo</u> eiros 'Cravo', aos 259 dias pós-semeadura - ESAL, Lavras, 1990 .....	52

## 1. INTRODUÇÃO

As plantas cítricas são propagadas através de mudas enxertadas e a qualidades destas constitui um dos fatores básicos para a exploração técnica da cultura. Se alguma falha ocorrer na sua formação, certamente poderá comprometer a produtividade, a qualidade do produto e a rentabilidade.

No Brasil, a tecnologia para a formação de mudas cítricas tem sofrido tentativas de evolução devido à notável expansão da lavoura citrícola, causada pelo sucesso da comercialização de frutos e produtos industrializados.

O interesse em produzir mudas em recipientes com características comparáveis com as mudas padrões formadas pelo sistema tradicional, tem aumentado (PLATT & OPITZ, 1973). A formação de mudas cítricas em recipientes proporciona uma redução no ciclo de produção e um melhor controle dos recursos usados, particularmente com relação a fertilidade, irrigação e sanidade. Além, da facilidade do desplantio e da embalagem da muda, que têm custo mais baixo em relação ao sistema tradicional.

{ O crescimento de plantas em recipientes é influenciado pelo volume limitado e pela fertilidade do substrato. O volume de substrato acessível ao sistema radicular determina potencialmente a reserva de água e nutrientes disponíveis às plantas e o seu crescimento potencial (SPOMER, 1982). )

{ Maiores volumes de substrato apresentam uma tendência à produzir mudas mais vigorosas e de melhor qualidade. Mas, por maior que seja o volume de substrato no recipiente, não se comparará ao volume de solo no campo para a exploração da rizomassa desejável (PEREIRA, 1983). )

{ O uso de menores volumes de substrato, está relacionado com o custo de Produção, a demanda de substrato, dimensões da área disponível e outros fatores ligados à produção da muda.

A fertilidade do substrato é um outro fator influenciando o crescimento de plantas em recipientes, pois os substratos são escolhidos em função da disponibilidade e de suas propriedades físicas, e muitas vezes, são utilizados substratos com baixos teores de nutrientes.

O fósforo (P), além de estar em quantidades pequenas nos substratos usados tanto para sementeira quanto para recipientes, apresenta uma resposta significativa no crescimento da planta. )

Porta-enxertos de citros, em geral, têm apresentado maiores taxas de crescimento em resposta a aplicação de doses crescentes de P aos substratos, sendo este nutriente fornecido às plan

tas sob as formas mais solúveis como os superfosfatos, ou menos solúveis como os fosfatos naturais. O superfosfato simples, além de fornecer P, tem contribuído para a elevação dos teores de Ca e S na matéria seca de folhas e de plantas de porta - enxertos de citros.

( Maiores volumes de substrato melhoram a distribuição do sistema radicular e aumentam a quantidade de nutrientes a ser explorada, conseqüentemente, maior é a absorção destes. Mas, a redução do volume de substrato pode ser compensada pelo aumento das doses de fertilizantes adicionados. )

Considerando os aspectos discutidos, acredita-se existir um volume mínimo de substrato que associado a uma dose adequada de fertilizante, permitirá a obtenção de porta-enxertos de qualidade em um menor ciclo de produção. )

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes volumes de substrato e doses de superfosfato simples na formação do porta-enxerto limoeiro 'Cravo' até o ponto de enxertia.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

X A muda cítrica é o insumo mais importante na formação de um pomar, LIMA (1986). A produção de mudas de boa qualidade constitui um dos fatores básicos para qualquer cultura. Quando o corre alguma falha na sua formação, esta se refletirá por toda a vida da planta, PEREIRA (1983).

X A muda, como produto final de uma atividade de viveiro, traz consigo características distintas, visto que, a manutenção e melhoria do sistema de produção determinam todo o dinamismo do viveiro, justificando uma busca constante de inovações técnicas para obter melhor qualidade de muda, MELLO (1989). Ainda segundo este autor, é importante mencionar que a produção da muda em um viveiro, não aumenta a capacidade produtiva do material genético disponível, mas certamente pode comprometer seriamente a pro dutividade, a qualidade do produto e o custo de produção. )

X O interesse entre os viveiristas em produzir mudas em recipientes, comparáveis com as mudas padrões produzidas pelo sis tema tradicional de sementeira e viveiro, tem aumentado, PLATT & OPITZ (1973). Este sistema é muito utilizado em outros polos ci

trícolas e no Brasil está sendo usado para formação de mudas destinadas ao replantio de plantas mortas (LIMA, 1986; GOMES, 1989).

### 2.1. Produção de mudas em recipientes

O número de mudas formadas em recipientes tem aumentado nos últimos anos na Flórida, devido aos ciclos de produção mais curtos e ao bom controle do ambiente para a formação da muda (CASTLE & FERGUSON, 1983; CASTLE, 1988; WILLIAMSON & CASTLE, 1990). Mas a qualidade geral dos plantios com mudas produzidas pelo sistema tradicional não tem sido compartilhada pelos plantios com mudas de recipientes (CASTLE (1988)).

A produção de mudas cítricas em recipientes tem certas vantagens reconhecidas que resultam do controle dos recursos usados particularmente em relação a fertilização, irrigação, sementes e sanidade (PONCE & GRIJPMAN, 1970; CASTLE et alii, 1980; MAXWELL & LYONS, 1979; COUTO, 1983; KEEVER et alii, 1985). De acordo com LIMA (1986), o sistema de produção de porta-enxertos em recipientes apresenta proteção contra contaminação por gomose, nematóides ou outras doenças do solo; além do controle de pragas e doenças da parte aérea (ácaros e leprose, entre outras) quando produzidos sob telados ou estufas e em mesas ou suportes a uma certa altura do chão.

De modo geral, as mudas de recipientes requerem uma menor área no viveiro e esta poderá ser reutilizada todos os anos sem o perigo de contaminação por doenças do solo (PLATT & OPITZ,

1973; CASTLE et alii, 1980; MAXWEL & LYONS, 1979.

( Uma das razões para a formação de mudas cítricas em recipientes é a redução do tempo necessário desde a sua formação até a comercialização. ) O ciclo médio de produção de mudas cítricas em recipientes, de acordo com WILLIAMSON & CASTLE (1990) foi de 16 meses comparado ao sistema tradicional de produção de 18 meses. Geralmente estas mudas são mais dispendiosas e possuem diâmetros de caule menores em relação a muda padrão e conseqüentemente, há uma menor aceitação pelos produtores, (CASTLE (1980) e WILLIAMSON & CASTLE, (1990). Normalmente no Brasil, a enxertia das plantas formadas pelo sistema tradicional se faz dos seis aos oito meses após o transplante, quando os porta-enxertos apresentam o diâmetro, na altura da enxertia, de 8 mm (TEÓFILO SOBRINHO, 1980).

( O sistema de produção de mudas em recipientes tem como finalidade básica a produção de mudas comercializáveis a curto prazo e a um custo mais baixo, (CASTLE et alii (1980). )

( Recipientes de vários tipos e dimensões podem ser utilizados para a formação de mudas de diversas espécies, sendo o critério de escolha baseado na eficiência técnica associada ao aspecto econômico em cada caso (PONCE & GRIPJMA, 1970; GOMES et alii, 1981; STURION, 1981). Pela facilidade de aquisição e menor preço, sacos de polietileno têm sido preferidos, além de proporcionarem a obtenção de mudas vigorosas, de boa qualidade, com alta taxa de sobrevivência e elevado crescimento após transplante para o

local definitivo, PONCE & GRIPJMA (1970). Em Minas Gerais, tem-se utilizado sacos de polietileno de diferentes dimensões, mas geralmente, mudas de melhor qualidade para muitas espécies, são obtidas com o emprego de maiores volumes de substrato (SILVEIRA et alii, 1973; GOMES et alii, 1981; STURION, 1981).

Para o cultivo em recipientes, o volume de substrato acessível ao sistema radicular da planta, segundo SPOMER (1982), determina potencialmente a reserva de água e nutrientes disponíveis a esta, e conseqüentemente, seu crescimento potencial. O recipiente também tem como função proteger as raízes de danos mecânicos e desidratação e, promover uma boa formação do sistema radicular durante todas as fases de produção da muda, LIMA (1986), Elam e Koelling citados por MELLO (1989).

Em estudos do desenvolvimento do sistema radicular de plantas jovens de citros, CASTLE (1988) verificou que mudas de dois anos produzidas em recipientes de 7,6 l mostraram uma pequena expansão do sistema radicular após três anos de plantio no campo. As plantas formadas em um menor volume de substrato tiveram um desenvolvimento do sistema radicular pobre, porque o novelo de raízes formado ficou inalterado. Uma das normas de produção da muda padrão é apresentar um sistema radicular bem desenvolvido, sem raízes enoveladas, retorcidas ou quebradas, com a raiz principal direita e de comprimento no mínimo de 25 cm (SECAL, 1989).

O crescimento de plantas em recipientes é influenciado

por características físicas e químicas, como o volume e a fertilidade do substrato e a forma do recipiente (KEEVER et alii, 1985; KEEVER & COBB, 1987; HANSON et alii, 1987). As espécies de crescimento rápido são mais beneficiadas com maiores volumes de substrato e altos níveis de fertilizantes, segundo KEEVER & COBB (1987).

## 2.2. Volume de substrato

O uso de recipientes de diferentes tipos e tamanhos limitam o volume do substrato, influenciando no crescimento típico das raízes e o da planta, SPOMER (1982).

A distribuição das raízes no solo é determinada por fatores genéticos e ambientais. Contudo, o crescimento das raízes em recipientes diferem do crescimento no campo devido ao volume limitado de substrato e à restrição das paredes do recipiente, conforme Merrit citado por KEEVER et alii (1985). A profundidade limitada dos recipientes em contraste com a coluna de solo contínua constitui uma restrição a drenagem livre, GOH & HAYNES (1977).

De acordo com trabalhos realizados com diferentes culturas, um maior volume de substrato apresenta uma tendência a produzir mudas mais vigorosas e de melhor qualidade (SILVEIRA et alii, 1973; GOMES et alii, 1977; STURION, 1981; PEREIRA, 1983). Entretanto, PEREIRA (1983) cita que o volume de substrato no recipiente, por maior que ele seja não se comparará ao volume de solo no campo para a exploração da rizomassa desejável. Maiores di

2.2.1. *Efeito do volume de substrato no desenvolvimento da planta*

Estudos com mudas formadas em recipientes sofrem uma influência significativa do volume de substrato no crescimento da planta, onde geralmente, recipientes maiores produzem mudas grandes, Klingaman e King citados por KEEVER et alii (1985) e HANSON et alii (1987), com exceção de espécies de crescimento lento, Ows ton e Stein citados por KEEVER et alii (1985).

Os porta-enxertos de seringueira apresentaram maiores valores de diâmetro de caule, altura, área foliar e matéria seca da parte aérea e do sistema radicular, quando formados em maiores volumes de substrato, conforme observou PEREIRA (1983). Resultados semelhantes foram obtidos por Appleton e Whitcomb, cita dos por HANSON et alii (1987), quando cultivaram oito espécies lenhosas em diferentes volumes de recipientes.

As mudas de carvalho vermelho, formadas em seis dife - rentes tamanhos de recipientes, eram maiores nos recipientes com maiores diâmetros e volume de substrato, HANSON et alii (1987). Estudos anteriores mostraram que o crescimento máximo de plântu - las lenhosas em recipientes, normalmente é obtido em maiores vo - lumes de substrato.

Em estudos do efeito da dimensão e volume de recipien - te no crescimento de três ornamentais, KEEVER et alii (1985) ve - rificaram que os parâmetros de crescimento avaliados do azevim

'Burbord', uma espécie de raízes grossas e profundas, foram maiores quando o diâmetro ou o comprimento do recipiente aumentou. Com relação a azaléa, uma espécie de sistema radicular fibroso e raso, ocorreu um aumento linear no peso da matéria seca em resposta ao aumento do diâmetro do recipiente, não sendo afetada pelo comprimento do mesmo.

### 2.3. Fertilidade do substrato

A fertilidade do substrato é um dos fatores que influencia o crescimento de plantas em recipientes (KEEVER et alii, 1985; HANSON et alii, 1987; KEEVER & COBB, 1987).

Os substratos para recipientes são escolhidos em primeiro lugar em função da disponibilidade e de suas propriedades físicas, e muitas vezes, substratos com baixos teores de nutrientes são usados, necessitando assim de uma suplementação com fertilizantes, SOUZA (1983).

O substrato, segundo uma versão ideal, deve ser de baixa densidade, rico em nutrientes, ter uma composição química e física uniforme, elevada CTC, boa capacidade de retenção de água, aeração e drenagem, boa coesão entre partículas ou aderência junto às raízes e ser preferencialmente um meio estéril, Coutinho e Carvalho citados por MELLO (1989). Contudo, conforme observou LIRA (1990), latossolos têm sido usados como substrato para germinação e crescimento inicial de porta-enxertos de citros e BUENO (1984) estudando vários solos, verificou maiores taxas de cresci

mento nos latossolos Roxo e Vermelho Escuro com doses maiores de superfosfato triplo.

As plantas cítricas crescem bem em solos com ampla variação textural, porém é essencial uma boa drenagem, umidade e aeração, pois suas raízes exigem grandes reservas de oxigênio no solo, MALAVOLTA & VIOLANTE NETTO (1989) e AMARAL (1982).

Os nutrientes absorvidos pelas plantas cítricas podem incorporar-se ao vegetal, ou fazer parte direta ou indiretamente de reações de síntese, conferindo deste modo, a essencialidade dos macro e micronutrientes que representam aproximadamente 5% do vegetal, SOUZA (1976).

A produção de mudas com elevada rizomassa é um dos objetivos do viveirista, e pesquisas com limoeiro 'Cravo' até a fase de repicagem revelam uma resposta significativa à aplicações com fósforo (P) (SILVA, 1981; NICOLI, 1982; CARVALHO, 1987; CARMARGO, 1989; LIRA, 1990). Os substratos de recipientes, de acordo com SANDERSON & MARTIN (1974) e YEAGER & WRIGHT (1984) contém pequenas quantidades de P sendo necessário a suplementação com fertilizantes fosfatados.

### 2.3.1. *Fósforo como nutriente essencial*

O fósforo (P) é um macronutriente essencial para o crescimento da planta e nenhum outro nutriente pode substituí-lo (MALAVOLTA, 1980; RODRIGUEZ, 1980; LOPES, 1989). Sua carência pode

reduzir o ritmo de crescimento da planta, provavelmente por causa de sua participação na síntese de proteínas (SMITH, 1966; MALAVOLTA, 1980). O P também participa da fotossíntese e respiração através da formação de compostos ricos em energia e do metabolismo de carboidratos, além de exercer funções estruturais e de armazenamento (SMITH, 1966; MALAVOLTA, 1980; LOPES, 1989).

O movimento do P na solução do solo ocorre principalmente por difusão (MALAVOLTA, 1980; OLSEN et alii, 1977; RAIJ, 1983), um mecanismo lento e de pouca amplitude que depende da umidade do solo, LOPES (1989). Assim, a absorção de P em contato com a superfície das raízes é diretamente proporcional à extensão do sistema radicular, a concentração do P na superfície das raízes e a capacidade das raízes de o absorverem GOEDERT & SOUZA (1986) e RAIJ (1983). Qualquer fator que afete a taxa de difusão de P no solo será de fundamental importância para a disponibilidade de P às plantas. O teor de P na zona radicular, segundo LOPES (1989), deve ser suficientemente alto para garantir que haja P disponível durante todos os estádios de crescimento da planta.

O P é absorvido pelas raízes principalmente nas formas de íons  $H_2PO_4^-$  e  $HPO_4^{2-}$ . Uma vez absorvidos os íons fosfatados são rapidamente incorporados a compostos orgânicos, sendo 80% do P absorvido, incorporado num período de dez minutos e rapidamente translocado para todo o vegetal, MENGEL & KIRKBY (1987).

Quanto ao fornecimento de P às plantas, as doses a se -

rem aplicadas ao substrato para um desenvolvimento adequado, variam entre as espécies, local, estágio vegetativo e outros fatores ligados à nutrição da planta, OLSEN et alii (1977). As plantas de crescimento muito rápido e sistema radicular pouco desenvolvido, aproveitam mal o P e necessitam de elevados teores disponíveis no substrato. Enquanto que, plantas de ciclo longo e sistemas radiculares desenvolvidos, aproveitam bem os teores relativamente baixos de P disponível, RAIJ (1983).

Os porta-enxertos de citros respondem às doses crescentes de P nos substratos, decorrentes da adição de superfosfatos, fosfatos naturais e outras fontes de P, sendo maior o crescimento quando associado a uma maior absorção deste nutriente (BINGHAN et alii, 1957; SILVA, 1981; NICOLI, 1982; BUENO, 1984; CARVALHO, 1987; CAMARGO, 1989; FONTANEZZI, 1989; LIRA, 1990). Porém, as quantidades de P extraídas pelas raízes e/ou absorvidas pelas folhas e incorporadas às plantas cítricas são pequenas em relação aos outros macronutrientes (NICOLI, 1982). Entretanto, BLACK (1967) cita que o P destaca-se entre os nutrientes promovendo um efeito positivo no crescimento inicial das plantas cítricas, além de estimular o desenvolvimento do sistema radicular.

O P aplicado ao solo não se perde por volatilização ou lixiviação, sendo um nutriente relativamente estável. Porém, quando se aplica fontes solúveis, o P pode ser absorvido pelas plantas, ou então ser rapidamente adsorvido ao solo ou transformado em compostos de menor solubilidade através de reações de precipitação, OLSEN et alii (1977) e GOEDERT & SOUZA (1986). A intensi

dade destas reações é diretamente proporcional ao volume de substrato com o qual o fertilizante reage. Dentre as várias alternativas usadas para reduzi-las, destaca-se a aplicação de fertilizantes incorporados a menores volumes de substrato, GOEDERT & SOUZA (1986).

### 2.3.2. *Fertilizantes fosfatados*

Os fertilizantes fosfatados empregados aos substratos, diferem basicamente quanto a sua concentração e solubilidade em água. Dentre os solúveis encontra-se o grupo dos superfosfatos. O superfosfato simples obtido do tratamento da rocha fosfática com ácido sulfúrico contém cerca de 18% de  $P_2O_5$  solúvel em água, 20 a 26% de CaO e de 10 a 12% de S (MALAVOLTA, 1980; LOPES, 1989; COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 1989). Tanto o Ca como S desempenham funções estruturais e metabólicas na vida da planta (GOMES, 1986). O Ca é um dos nutrientes que aparece em maiores proporções nas plantas cítricas e relaciona-se diretamente com o desenvolvimento do sistema radicular da planta, RODRIGUEZ (1980).

O uso eficiente de fertilizantes fosfatados está ligado à aplicação de uma dose que represente o melhor retorno em produção, GOEDERT & SOUZA (1986), sendo influenciado pela habilidade da planta em absorver e translocar os nutrientes, SMITH (1966). A baixa capacidade de absorção de nutrientes pelas raízes de citros tem sido atribuída ao pequeno número de pelos absorventes,

MALAVOLTA & VIOLANTE NETTO (1989).

Alguns trabalhos de produção de mudas cítricas demonstraram que o uso de fertilizantes fosfatados na fase de sementeira relaciona-se diretamente com o crescimento dos porta-enxertos (SILVA, 1981; NICOLI, 1982; BUENO, 1984; CARVALHO, 1987; CAMARGO, 1989; LIRA, 1990).

Na formação do porta-enxerto limoeiro 'Cravo', SILVA (1981) e NICOLI (1982) verificaram maior crescimento destes limoeiros cultivados em vasos de 2,6 kg de Latossolo Roxo Distrófico quando aplicaram a dose de 1.280 g de  $P_2O_5/m^3$  de substrato. Resultado semelhante foi obtido por CAMARGO (1989) para o mesmo porta-enxerto cultivado em bandejas com o substrato casca de pinus mais vermiculita, usando a mesma dose de  $P_2O_5/m^3$  de substrato. FONTANEZZI (1989), também verificou maior crescimento dos limoeiros 'Cravo' e 'Rugoso', e das tangerineiras 'Cleopatra' formados em bandejas com Latossolo Roxo Distrófico quando se aplicou 1.280 g de  $P_2O_5/m^3$  de substrato. No entanto, CARVALHO (1987), utilizando dois maiores, constatou maiores respostas em crescimento dos limoeiros 'Cravo' formados em sementeira até a dose de 3.724 g de  $P_2O_5/m^3$  de substrato.

Maiores taxas de crescimento de limoeiros 'Cravo' cultivados em bandejas com vários substratos foram obtidos por LIRA (1990) na dose de 5.120 g de  $P_2O_5/m^3$ .

A COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (1989) recomenda para a formação de porta-enxertos de ci-

tros a aplicação de 1.300 g de  $P_2O_5/m^3$  de substrato na fase de sementeira.

### 2.3.3. *Efeito de fertilizantes fosfatados no substrato e na planta*

A adição de doses crescentes de fertilizantes fosfatados tem influenciado significativamente as características químicas e os valores de pH dos substratos utilizados em ensaios realizados com plantas cítricas em diferentes estágios de crescimento e condições de cultivo.

A aplicação de superfosfato simples em doses crescentes tem proporcionado aumentos nos teores de P disponível e de Ca trocável em substratos de sementeiras (SILVA, 1981; NICOLI, 1982; CARVALHO, 1987; CAMARGO, 1989; LIRA, 1990), e em pomares cítricos em crescimento, SOUZA (1976). A maior disponibilidade do P deve-se a concentração e a solubilidade neste fertilizante (SILVA, 1981; CARVALHO, 1987; CAMARGO, 1989), a quantidade e o modo de aplicação, CARVALHO (1987); e depende de fatores ligados ao substrato como os teores iniciais, a umidade e o pH, OLSEN et alii (1977).

Os aumentos nos teores de Ca trocável são justificados pela presença deste nutriente na forma disponível nos superfosfatos, MALAVOLTA (1980).

Reduções nos teores de K disponível nos substratos de

sementeiras (SILVA, 1981; NICOLI, 1982; LIRA, 1990) e em pomares em crescimento (SOUZA, 1976), tem ocorrido em função da aplicação de doses crescentes de superfosfato simples. De acordo com NICOLI (1982), estas reduções são consequência da maior absorção deste nutriente pelas raízes proporcionada pelo maior crescimento das plantas ou à relação negativa entre o Ca do fertilizante e o K existente no solo. Contudo, a concentração de Ca presente neste fertilizante, segundo LIRA (1990), possivelmente tenha acelerado a absorção de K reduzindo o seu teor no substrato, discordando de BUENO (1984) que cita a ocupação das cargas positivas do solo pelo Ca, liberando K para a solução do solo.

Efeitos das doses de superfosfato simples nos teores de K disponível no substrato de sementeira (CARVALHO, 1987) e bandejas de propagação (CAMARGO, 1989) não foram observados, devido ao alto teor inicial deste nutriente no substrato, CAMARGO (1989).

Com relação ao teor de Mg no substrato, CARVALHO (1987), CAMARGO (1989) e LIRA (1990) não observaram efeito das doses crescentes de superfosfato simples e atribuíram este resultado aos altos teores iniciais disponíveis.

Os fertilizantes fosfatados têm um efeito variado no pH dos substratos. A aplicação de doses crescentes deste fertilizante tem proporcionado aumentos (SOUZA, 1976; SILVA, 1981; NICOLI, 1982; BUENO, 1984) e reduções no pH dos substratos (BINGHAN et alii, 1957; LIRA, 1990). O efeito destes fertilizantes, segundo SILVA (1981) está condicionado à concentração e solubilidade

de de Ca presente nas diferentes fontes. Contudo, CARVALHO (1987) verificou que as doses de superfosfato simples não alteraram muito o pH do solo devido ao Ca não estar na forma de carbonatos e pela ação acidificante do íon  $\text{PO}_4^{=}$  e do S presente neste fertilizante.

A matéria orgânica presente nos substratos é outra característica que tem sido influenciada, quando doses crescentes de superfosfato simples são adicionadas ao substrato. A concentração de S presente neste fertilizante, segundo LIRA (1990), pode ter favorecido o processo de mineralização da matéria orgânica e o excesso de adubo pode ter promovido distúrbios prejudicando a atividade microbiana.

Os efeitos da fertilização fosfatada sobre a nutrição e o crescimento de plantas cítricas cultivadas em recipientes ou em sementeiras até a repicagem e, em pomares em crescimento e adultos são bastante variados.

Reduções nos teores de N na matéria seca de plantas cítricas em condições de campo (GALLO et alii, 1960; SOUZA, 1983) e em recipientes (SILVA, 1981; NICOLI, 1982; FONTANEZZI, 1989) tem sido relatadas e são atribuídas ao efeito de diluição causado pelas doses crescentes de P, NICOLI (1982) e ao efeito antagônico dos aniões fosfato e nitrato. No entanto, LOPES (1989) cita que o N promove uma melhor absorção de P. Outros autores não constatarem efeito das doses crescentes de fertilizantes fosfatados sobre o teor de N na matéria seca total de porta-enxerto de

citros na repicagem. Possivelmente, o teor de matéria orgânica do substrato, CAMARGO (1989) e a adubação suplementar com N, LIRA (1990) possam ter suprido as exigências da planta.

A aplicação de doses crescentes de P na forma de superfosfatos aumentou os teores de P e Ca na matéria seca de plantas cítricas em pomares adultos, GALLO et alii (1960) e em crescimento, SOUZA (1976), e de porta-enxertos em diferentes condições de cultivo (SILVA, 1981; NICOLI, 1982; BUENO, 1984; CARVALHO, 1987; CAMARGO, 1989; FONTANEZZI, 1989; LIRA, 1990). Estes resultados ocorreram em função do aumento da concentração destes nutrientes na forma disponível nos substratos.

O aumento da concentração de Ca no substrato proporcionado pela adição de doses crescentes de superfosfatos, manifestando o antagonismo existente entre o Ca e o K, resultou em menores teores de K na matéria seca de porta-enxertos (BINGHAN et alii, 1957; BUENO, 1984; CARVALHO, 1987) e de plantas cítricas em crescimento (SOUZA, 1976). Estes menores teores de acordo com BUENO (1984) e CARVALHO (1987), podem ter ocorrido em função do maior crescimento das plantas, proporcionado pelas doses de P. Contudo, há casos em que não se verificaram alterações nos teores de K na matéria seca de porta-enxertos (SILVA, 1981; NICOLI, 1982; CAMARGO, 1989; FONTANEZZI, 1989; LIRA, 1990), devido aos altos teores de K disponível nos substratos e ao seu fornecimento pela adubação suplementar.

Com relação ao teor de Mg na matéria seca das plantas, tem se observado aumentos (SOUZA, 1976; BINGHAN et alii, 1957;

NICOLI, 1982), reduções (BUENO, 1984; FONTANEZZI, 1989; LIRA, 1990) e nenhum efeito das doses dos fertilizantes fosfatados (CARVALHO, 1987; CAMARGO, 1989). As reduções foram atribuídas ao efeito antagônico existente entre o Mg e o Ca presentes nos superfosfatos e os aumentos, ao efeito sinérgico entre o P e o Mg, NICOLI (1982).

Os teores de S na matéria seca total de porta-enxertos de citros, geralmente, tem aumentado com a aplicação de superfosfatos em doses crescentes (SILVA, 1981; NICOLI, 1982; BUENO, 1984; CARVALHO, 1987; FONTANEZZI, 1989; LIRA, 1990). Estes aumentos são justificados pela presença deste nutriente no superfosfato simples e ao P e Ca presentes no superfosfato triplo, BUENO (1984), favorecendo provavelmente a atividade microbiana do solo e liberando o S para as plantas.

O efeito das doses crescentes de superfosfato simples reduzindo os teores de B, Cu e Zn na matéria seca de porta-enxertos de citros (BINGHAN et alii, 1957; SILVA, 1981; NICOLI, 1982; FONTANEZZI, 1989; LIRA, 1990) atribui-se aos efeitos antagônicos existentes entre estes micronutrientes e os nutrientes presentes neste fertilizante. No entanto, CARVALHO (1987) e CAMARGO (1989), não constataram nenhum efeito da aplicação de superfosfato simples nos teores de Zn.

Aumentos nos teores de Mn na matéria seca de porta-enxertos de citros foram constatados por BINGHAN et alii (1957) e LIRA (1990). Estes aumentos foram atribuídos ao pH do substrato

maiores crescimentos observados na dosagem média de 2.650 g de superfosfato simples por parcela, CARVALHO (1987).

No cultivo de limoeiro 'Cravo' em bandeja, CAMARGO (1989) observou que as plantas aos quatro meses pós-semeadura apresentavam um maior crescimento e estavam aptas a repicagem para o viveiro, quando se adicionou a dose de 1.280 g de  $P_2O_5/m^3$  de substrato.

De modo geral, tangerineiras 'Cleópatra' e limoeiros 'Cravo' e 'Rugoso', apresentavam maiores crescimentos em altura, diâmetro e peso de matéria seca total, quando adicionou-se doses crescentes de superfosfato simples ao substrato, FONTANEZZI (1989).

#### 2.4. Efeito da interação volume x fertilidade do substrato

As diferentes combinações de volumes de substrato e doses de fertilizantes, segundo SILVA (1986), afetaram consideravelmente o crescimento de porta-enxertos de seringueira. Os maiores diâmetros de caule foram obtidos nas combinações de maiores volumes com as menores doses de fertilizantes. Acredita-se que maiores volumes de substrato facilitam o aumento e a distribuição do sistema radicular consequentemente maior a absorção de nutrientes. O uso de maiores volumes também aumenta a quantidade de nutrientes a ser explorada (PEREIRA, 1983). Entretanto, a redução do volume de substrato pode ser compensada parcialmente pelo aumento das dosagens de fertilizantes aplicados, porque, até certo ponto, para os menores volumes de substrato usados, ocorreu

aumento nos diâmetros de caule nos maiores níveis de fertilizantes (SILVA, 1986).

A resposta de crescimento da planta em função do volume e fertilidade do substrato depende da espécie, KEEVER & COBB (1987). Em estudos com ornamentais lenhosas arbustivas, estes autores verificaram que o crescimento da parte aérea do evônimo foi maior em respostas ao aumento do volume e fertilidade do substrato. A resposta da azaléa foi oposta, aumentando o volume e a fertilidade diminuiu-se o crescimento. O maior crescimento da azaléa ocorreu nos menores volumes com altos níveis de fertilidade ou nos maiores volumes com baixos níveis de fertilidade.

Os experimentos até então realizados com citros não permitem avaliar a interrelação volumes de substrato e fertilizantes na propagação em vasos. A otimização do crescimento do porta-enxerto, e por consequência da formação da muda, deverá ser alcançada com o menor volume de substrato e a dose correta de fertilizante como formulado na hipótese do presente trabalho.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de julho de 1988 a abril de 1989 no setor de Fruticultura da Escola Superior de Agricultura de Lavras, Estado de Minas Gerais. Lavras está situada a 21°14'06" de latitude sul e 45°00'00" de longitude W.Gr. na altitude de 918 m.

#### 3.1. Material

##### 3.1.1. *Plantas avaliadas*

Utilizaram-se plantas de limoeiro (*Citros limonia* Osbeck cv. Cravo), obtidas de sementes de frutos maduros oriundos de plantas apropriadas para matrizes, cultivadas no pomar da ESAL.

##### 3.2.1. *Substrato de cultivo*

Foi utilizado como substrato uma amostra de um solo não cultivado anteriormente, coletada de 0-35 cm de profundidade. Este solo foi classificado como um Latossolo Vermelho-Escuro Epiá-

lico Endodistrófico, com textura muito argilosa, fase cerrado<sup>a/</sup>. Nos Quadro 1 e 2 estão apresentados os valores de alguns componentes físicos e químicos deste solo no início do experimento.

Quadro 1. Valores de alguns componentes físicos determinados na amostra de material superficial do solo usado como substrato para o limoeiro 'Cravo', Lavras - MG, 1990

Profundidade (cm)	Areia	Limo %	Argila	Densidade de partícula	Classe textural
0 — 35	11,9	17,6	70,5	2,66	Muito argiloso

Determinação realizada no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Ciência do Solo da ESAL.

De acordo com a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (11), os teores de P, K, Ca<sup>++</sup> e Mg<sup>++</sup> são considerados baixos (Quadro 2).

### 3.1.3. Fertilizantes

Utilizou-se o superfosfato simples (SS) como fonte de P com 19,72% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel em CNA + água<sup>b/</sup>, contendo ainda 26%

<sup>a/</sup> Classificado pelo Professor Adjunto, Ph.D., Nilton Curi do Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, Lavras, MG.

<sup>b/</sup> Determinação realizada no Laboratório de Análise de Adubos do Departamento de Química da ESAL, Lavras - MG.

CaO, MALAVOLTA (28) e 12% de S, COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE Minas Gerais (1989).

Quadro 2. Valores de alguns componentes químicos e do pH determinados na amostra de material superficial do solo usado como substrato para o limoeiro 'Cravo', Lavras - MG, 1990

Profundidade (cm)	P ppm	K ppm	Ca <sup>++</sup> — emg/100	Mg <sup>++</sup> cm <sup>3</sup>	Al <sup>+++</sup> —	M.O. %	C %	pH
0 — 35	1	4	0,1	-	0,4	1,87	1,09	4,8

Análises realizadas no Instituto de Química "John H. Wheelock" do Departamento de Ciência do Solo da ESAL.

#### 3.1.4. Recipientes de propagação

Conduziram-se os porta-enxertos em sacos de polietileno preto-opaco, sanfonados com perfurações laterais para facilitar a drenagem do excesso de água. As dimensões e capacidades volumétricas dos sacos de polietileno estão apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3. Capacidades volumétricas e dimensões dos sacos de polietileno usados para a produção dos porta-enxertos de citros, Lavras - MG, 1990

Capacidades volumétricas (dm <sup>3</sup> )	Largura	Diâmetro cm	Altura
4,1	20,0	12,7	35,0
7,0	25,0	16,0	35,0
10,0	30,0	19,0	35,0
13,7	35,0	22,3	35,0

### 3.2. Métodos

#### 3.2.1. *Delineamento experimental*

Adotou-se o delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial 4 x 3, resultando em 12 tratamentos com três repetições.

Os tratamentos resultaram das combinações dos quatro volumes de substratos com as três doses de superfosfato simples, correspondentes à 640, 1.280 e 5.120 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/m<sup>3</sup> de substrato.

As quantidades de superfosfato simples aplicadas tiveram como base a dose de 1.280 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/m<sup>3</sup> de substrato, conforme os melhores resultados obtidos por NICOLI (1982) e SILVA (1981).

As parcelas foram constituídas de 12 vasos, com uma planta por vaso, ocupando uma área de 0,60 m<sup>2</sup>. A área total do

experimento foi de 21,6 m<sup>2</sup>, com um total de 36 parcelas e 432 plantas.

### 3.2.2. *Instalação e condução*

A amostra de solo usada como substrato foi peneirada, e as dosagens de superfosfato simples correspondentes a cada tratamento foram pesadas e incorporadas aos diferentes volumes.

Após o enchimento, os sacos de polietileno foram instalados no campo e distribuídos aleatoriamente de acordo com os tratamentos em cada bloco. Sob os sacos de polietileno foram colocados tijolos furados de maneira a permitir a circulação de ar.

No dia 30/7/88, as sementes do limoeiro 'Cravo', tratadas previamente com Pentacloronitrobenzeno (PCNB) na proporção de 2 g por kg de sementes, foram semeadas diretamente nos vasos. Para manter a umidade dos vasos, cobriu-se com uma camada de vermiculita. Para se obter maior uniformidade entre as plantas, foram semeadas sete sementes por vaso e 30 dias após germinação procederam-se desbastes deixando apenas uma planta por vaso.

Adubações em cobertura foram feitas com fertilizantes aplicados diretamente ao substrato, diluídos em água (25 cm<sup>3</sup> por vaso) ou pulverizado, aplicando-se as mesmas dosagens a cada planta. No Quadro 4 estão apresentados os fertilizantes, as épocas e as dosagens aplicadas.

Quadro 4. Épocas de aplicação, fertilizantes e respectivas doses aplicadas em cobertura, Lavras - MG, 1990

Época de aplicação (dias pós-semeadura)	Fertilizantes	Dosagens
102	Nitrato de potássio	1%
132	Nitrato de potássio	1%
162	Nitrato de potássio	2%
177	Esterco de galinha	50 g
192	Nitrato de potássio	2%
219	Nitrato de magnésio	0,3%
234	Esterco de galinha	50 g

Visando manter uma umidade adequada às plantas, irrigações foram realizadas durante todo o período experimental, de acordo com a necessidade.

Durante o período experimental foram dispensados os cuidados recomendados no que se refere ao controle de plantas daninhas e tratos fitossanitários, conforme as normas de viveiro.

### 3.2.3. Avaliações

As características de crescimento, altura (cm) e diâmetro (mm) foram aferidas aos 180, 211, 242 e 257 dias pós-semeadura em todas as plantas. O diâmetro do caule foi medido com paquímetro a uma altura de 15 cm do colo e a altura com régua milimetrada, partindo-se do colo até a gema apical.

As avaliações de pesos da matéria seca da parte aérea, sistema radicular e total, em gramas por planta, foram feitas em seis plantas por parcela aos 259 dias pós-semeadura. Estas plantas foram retiradas dos vasos, lavadas para eliminar os resíduos do substrato e então, separados na região do colo a parte aérea do sistema radicular. Em seguida, foram acondicionadas em sacos de papel, colocados em estufa com aeração a 70°C até atingir peso constante. Após pesagem da matéria seca da parte aérea e raízes, o material foi moído e levado ao Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Ciência do Solo da ESAL para determinação do teor de nutrientes na matéria seca total.

O N foi determinado pelo método de Kjeldahl; o B e o P por colorimetria com molibdato e vanadato de amônio; o K por fotometria de chama; o S por turbidimetria; e o Ca, Mg, Cu, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica através da digestão das amostras com ácido nítrico-perclórico, conforme os métodos descritos por SARRUGE & HAAG (1974). Os resultados foram apresentados em percentagem para os teores de macronutrientes e em ppm para micronutrientes na matéria seca total das plantas.

A avaliação da rizomassa das plantas foi realizada através de notas variando de 0 a 5, conferidas por doze juízes.

Amostras de substratos foram coletadas em cada parcela para análise de fertilidade aos 259 dias pós-semeadura.

O tempo para atingir a enxertia foi medido de acordo com o diâmetro. O diâmetro do caule é uma das características

morfológicas mais importantes, uma vez que determina a possibilidade de execução da enxertia. Neste estudo adotou-se o diâmetro mínimo de 5 mm à 15 cm do colo como o ponto de enxertia.

#### 3.2.4. *Análises estatísticas*

As análises estatísticas basearam-se nos modelos recomendados para o delineamento experimental adotado. Para as características altura de planta e diâmetro de caule adotou-se o esquema de parcela subdividida no tempo, visando uma melhor interpretação dos resultados. As avaliações foram realizadas em quatro épocas (180, 211, 242 e 257 dias pós-semeadura) constituindo-se 144 subparcelas na análise destas características.

Todos os dados foram submetidos à análise de variância com significância pelo teste de F. Os resultados para as características que apresentaram diferenças significativas foram submetidos à análise de regressão.

#### 4. RESULTADOS

##### 4.1. Características químicas determinadas nas amostras de substrato aos 259 dias pós-semeadura

O resumo das análises de variância para os teores de P, K, Ca, Mg, matéria orgânica e valores de pH, determinados nas amostras dos volumes de substrato associados com as doses de superfosfato simples para o cultivo do limoeiro 'Cravo', está apresentado no Quadro 1A.

As equações de regressão para teores de P no substrato nos volumes de substrato  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  e  $V_4$  em relação as doses de superfosfato simples, estão apresentadas na Figura 1. As equações são de natureza linear, estimando acréscimos de 12,04; 7,84; 9,93 e 8,49 ppm no teor de P a cada 100 g de  $P_2O_5/m^3$  aplicado nos volumes  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  e  $V_4$ , respectivamente.

A equação de regressão para teores de K no substrato em relação às doses de superfosfato simples, Figura 2a, é de natureza linear e estima-se um decréscimo de 4,1 ppm no teor de K para cada 100 g de  $P_2O_5/m^3$  aplicado ao substrato.

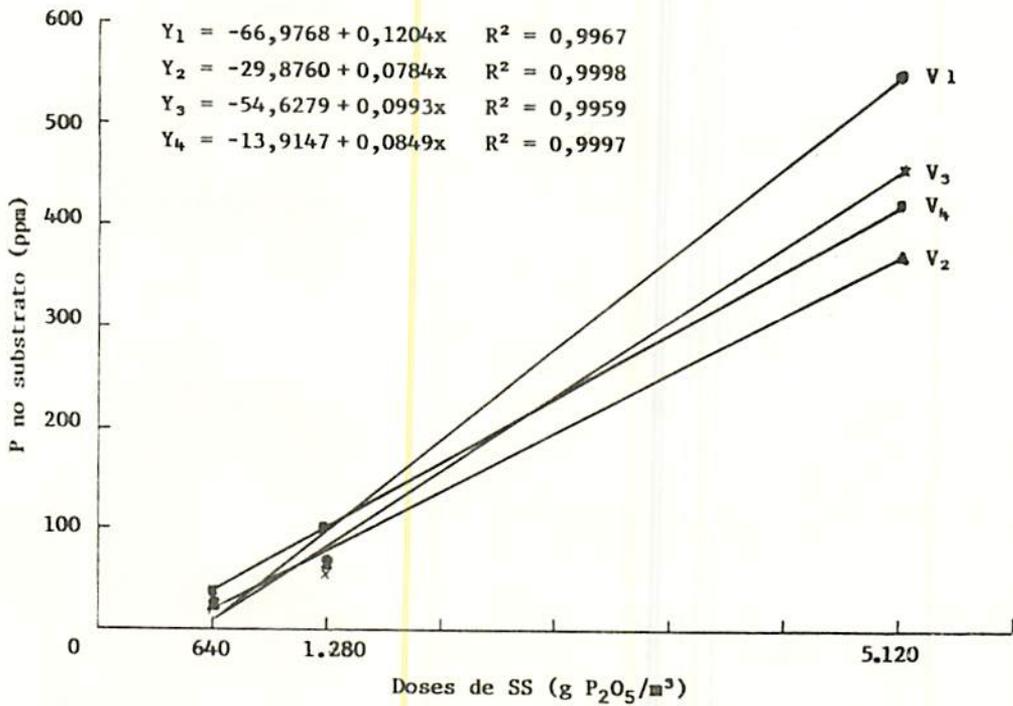


Figura 1. Efeito das doses de superfosfato simples (SS) nos teores de P nos volumes de substrato V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub> e V<sub>4</sub>, aos 259 dias pós-semeadura - ESAL, Lavras, 1990

Em relação ao volume de substrato, a equação de regressão para teores de K é de natureza quadrática, apresentando um teor mínimo de 45,98 ppm de K no volume de 10,7 dm<sup>3</sup> de substrato, conforme observa-se na Figura 2b.

Na Figura 3, observa-se o efeito das doses crescentes de superfosfato simples nos teores de Ca no substrato. A equação é de natureza linear e estima-se um acréscimo de 0,24 meq/100cc a cada 100 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/m<sup>3</sup> aplicado ao substrato.

Para os teores de Mg, verificou-se diferenças significativas nos diferentes volumes de substrato, porém sem importância do ponto de vista prático.

A equação de regressão para teor de matéria orgânica em relação as doses de superfosfato simples, apresentada na Figura 4, é de natureza linear e estima-se um decréscimo de 0,002% a cada 100 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/m<sup>3</sup> aplicado no substrato.

Com relação ao pH do substrato, não se verificou diferenças significativas entre os tratamentos.

#### 4.2. Teores de nutrientes na matéria seca total dos limoeiros 'Cravo' aos 259 dias pós-semeadura

##### 4.2.1. *Macronutrientes*

O resumo das análises de variância referentes aos teores de macronutrientes em percentagem na matéria seca total das

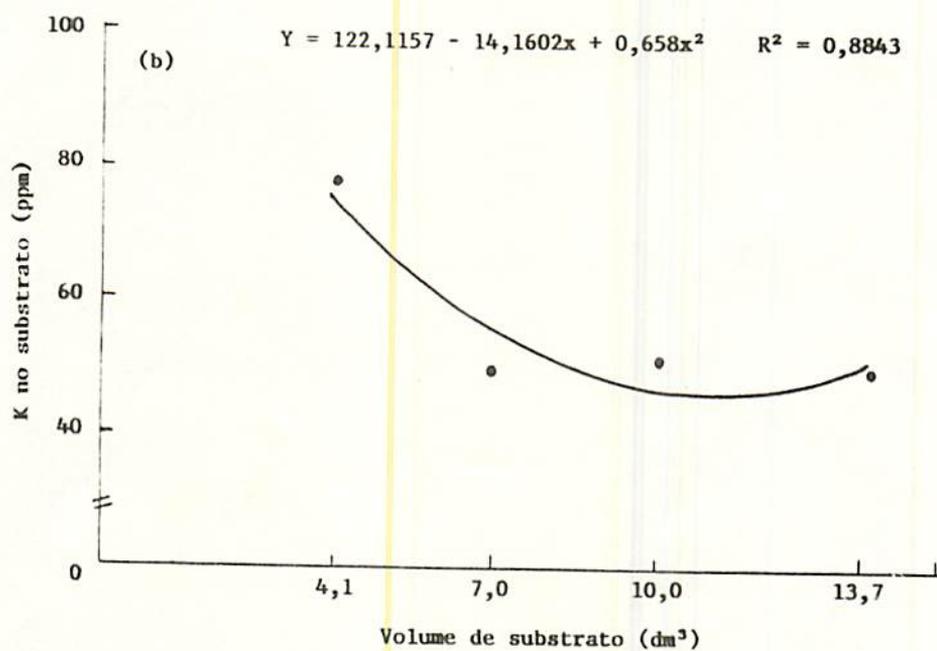
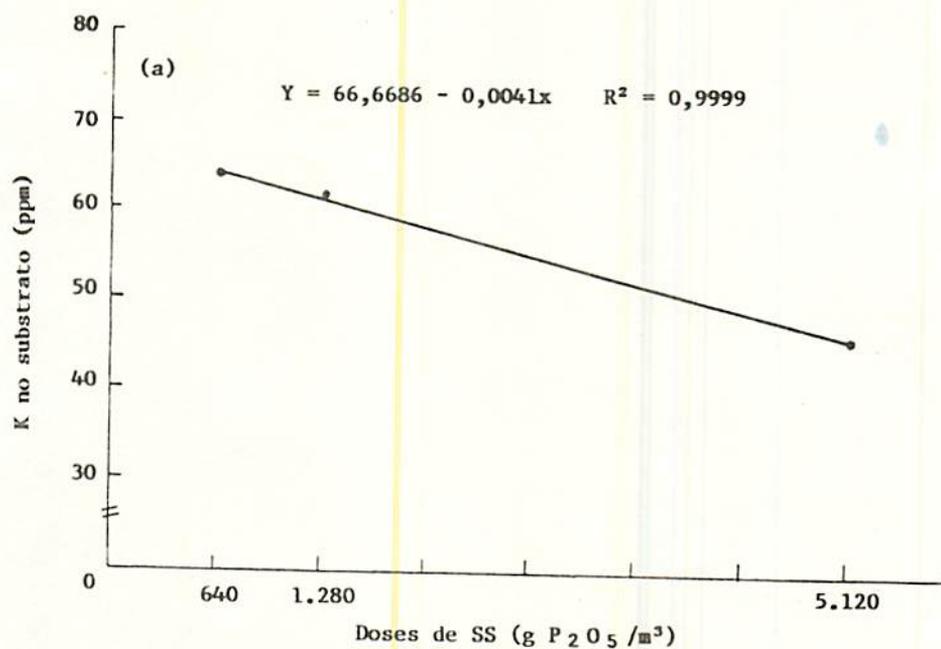


Figura 2. Efeito das doses de superfosfato simples (a) e dos volumes de substrato (b), nos teores de K no substrato, aos 259 dias pós-semeadura - ESAL, Lavras, 1990

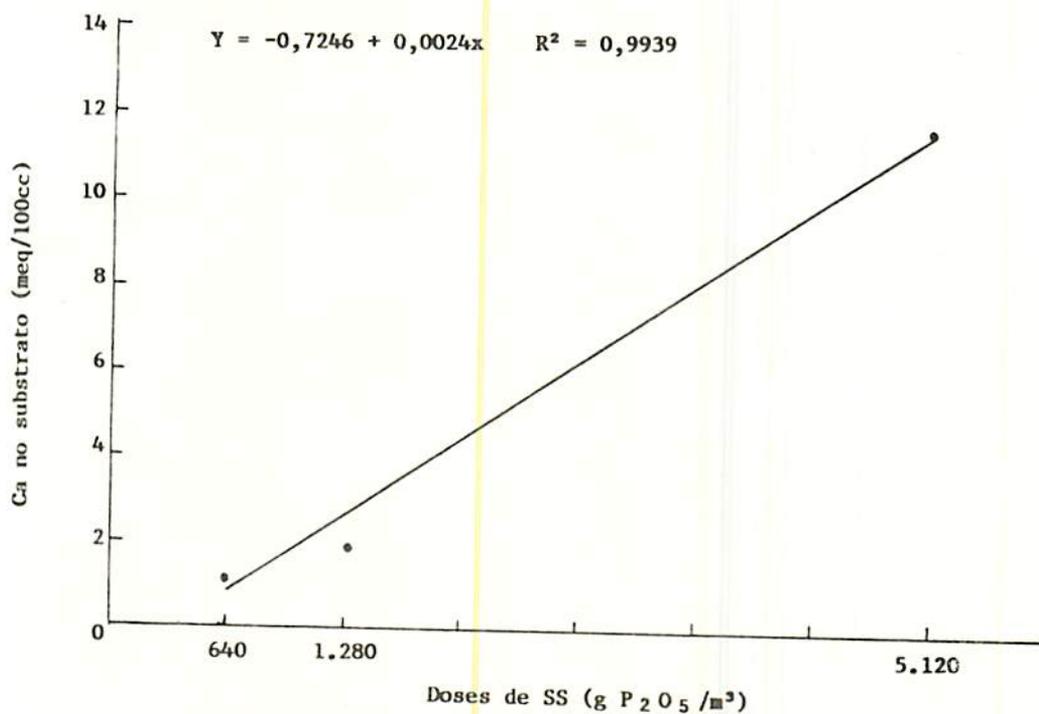


Figura 3. Efeito das doses de superfosfato simples nos teores de Ca no substrato, aos 259 dias pós-semeadura - ESAL, Lavras, 1990

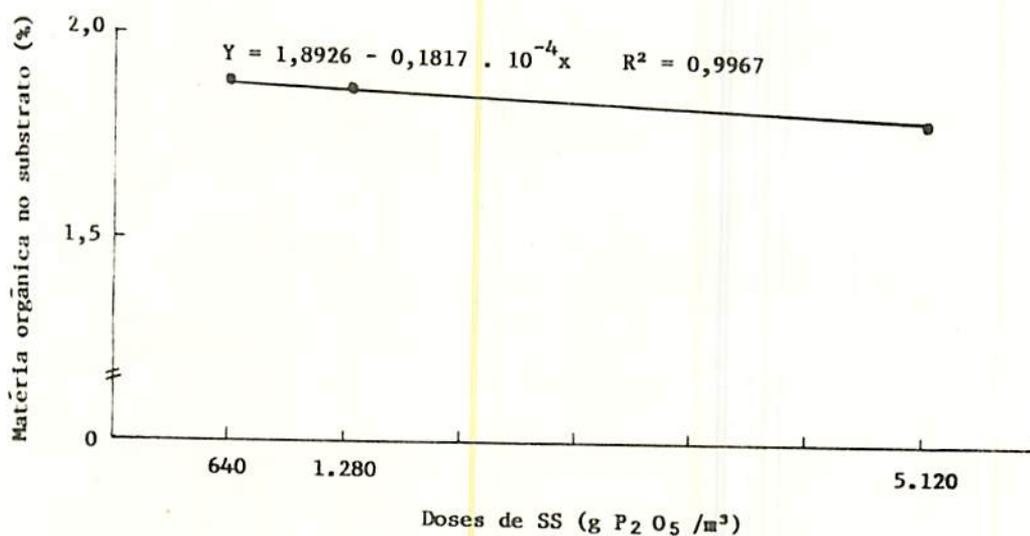


Figura 4. Efeito das doses de superfosfato simples (SS) nos teores de matéria orgânica (m.o.) no substrato, aos 259 dias pós-semeadura - ESAL, Lavras, 1990

plantas nos diferentes volumes de substrato e doses de superfosfato simples, está apresentado no Quadro 2A.

As curvas de regressão para os teores de P, K, Ca e S em relação as doses de superfosfato simples, apresentadas na Figura 5, são de natureza linear. A cada 100 g de  $P_2O_5/m^3$  aplicado aos volumes de substrato, espera-se um acréscimo de 0,001% de P (Figura 5a), 0,01% de Ca (Figura 5c) e 0,003% de S (Figura 5d) e um decréscimo de 0,07% de K (Figura 5b) na matéria seca total das plantas.

Na Figura 6 são apresentadas as equações de regressão para os teores de K, Ca e S em relação aos volumes linear, estimando um acréscimo de 0,024% de Ca (Figura 6b) e 0,005% de S (Figura 6c) e um decréscimo de 0,035% de K (Figura 6a) na matéria seca total a cada aumento de 1  $dm^3$  no volume de substrato.

Com relação aos teores de Mg na matéria seca total das plantas, não se verificou diferenças significativas entre os tratamentos.

#### 4.2.2. *Micronutrientes*

O resumo das análises de variância referentes aos teores de B, Cu, Mn e Zn em ppm na matéria seca total dos limoeiros 'Cravo' cultivados em diferentes volumes de substrato e doses de superfosfato simples, está apresentado no Quadro 3A.

A equação de regressão para teores de Cu em relação aos

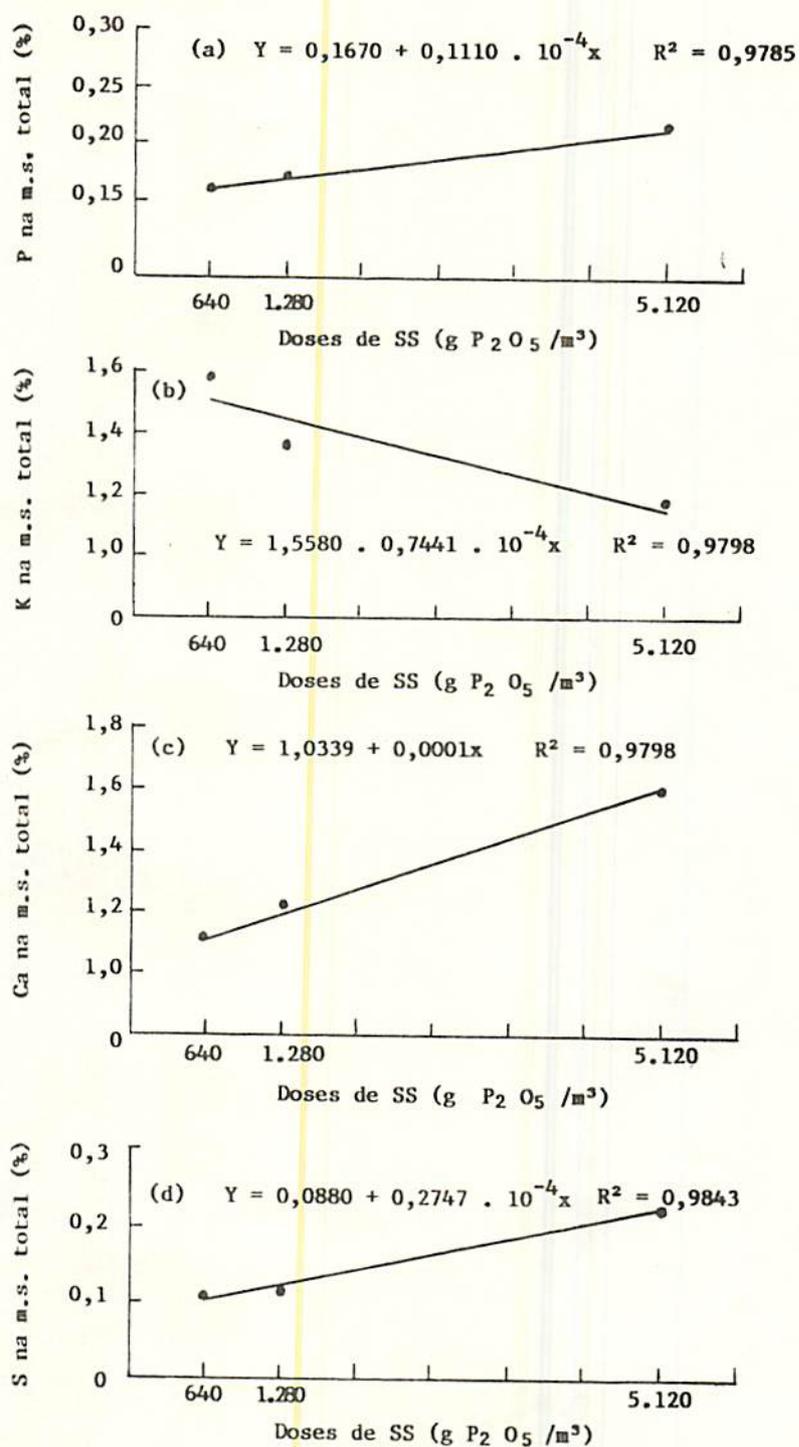


Figura 5. Efeito das doses de superfosfato simples (SS) nos teores de P (a), K (b), Ca (c) e S (d) na matéria seca total dos limoeiros 'Cravo', aos 259 dias pós-semeadura - ESAL, Lavras, 1990

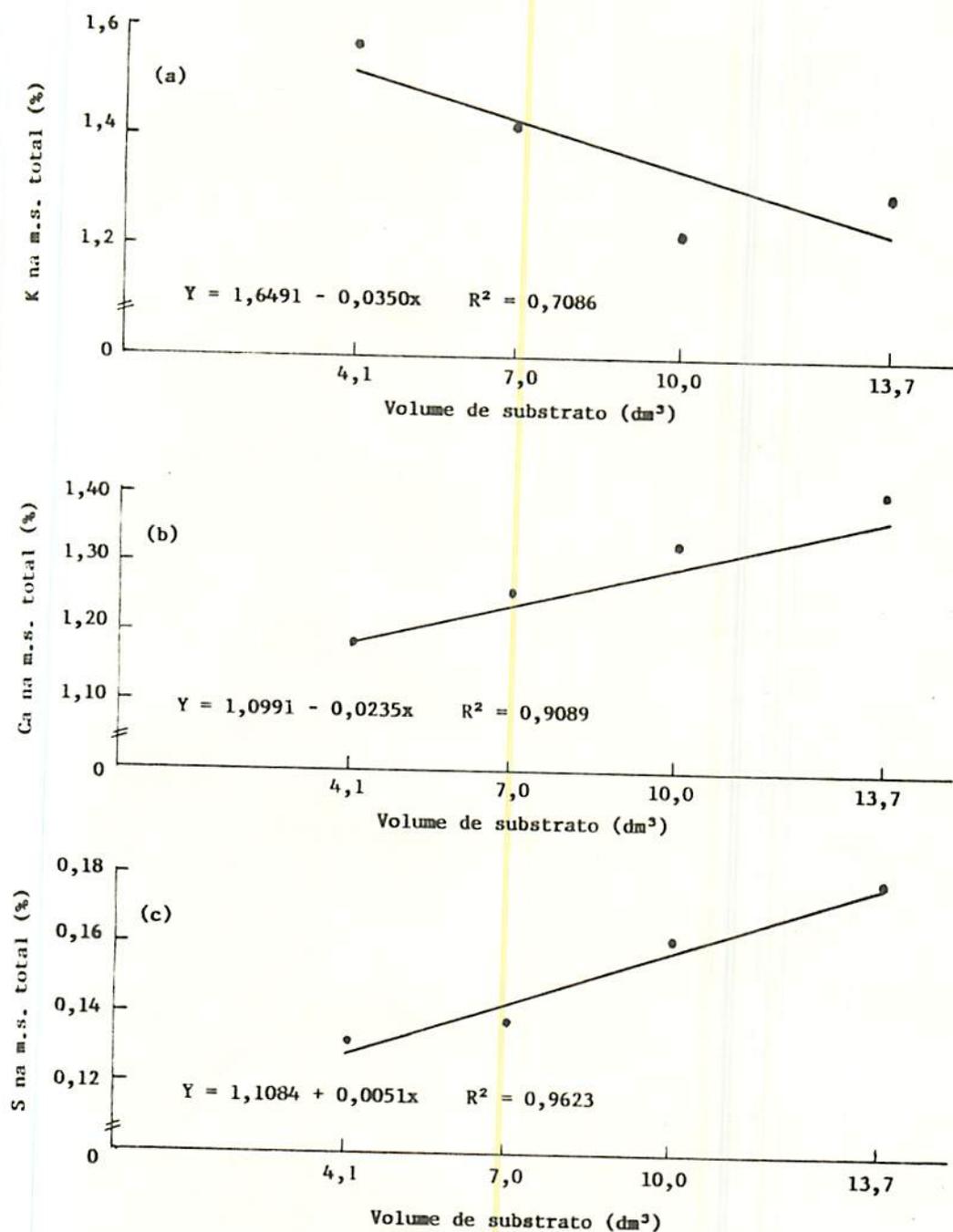


Figura 6. Efeito dos volumes de substrato nos teores de K (a), de Ca (b) e de S (c) na matéria seca total dos limoeiros 'Cravo', aos 259 dias pós-semeadura - ESAL, Lavras, 1990

volumes de substrato, apresentada na Figura 7, é de natureza linear, indicando um acréscimo de 0,224 ppm na matéria seca total das plantas para cada aumento de 1 dm<sup>3</sup> no volume de substrato.

Na Figura 9 estão apresentadas as curvas de regressão para teores de Mn na matéria seca total em relação às doses de superfosfato simples aplicadas nos volumes de substrato V<sub>1</sub>, V<sub>3</sub>, V<sub>4</sub>. A equação de regressão para o volume V<sub>1</sub> é de natureza linear, estimando um decréscimo de 0,5 ppm a cada 100 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/m<sup>3</sup> aplicada neste volume. Com relação aos volumes V<sub>3</sub> e V<sub>4</sub>, as equações são de natureza quadrática e apresentam teores mínimos de 42,49 e 33,61 ppm de Mn nas doses de 3.256,60 e 3.131,61 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>, respectivamente.

Conforme observa-se na Figura 8, a equação de regressão para os teores de Zn na matéria seca total das plantas é de natureza linear e estima-se um decréscimo de 0,09 ppm a cada 100 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/m<sup>3</sup> aplicado ao substrato.

Em relação ao teor de B na matéria seca total não se verificou diferenças significativas entre os tratamentos.

#### 4.3. Características de crescimento vegetativo do limoeiro 'Cravo'

O resumo das análises de variância referentes aos valores de altura de planta e diâmetro do caule à 15 cm do colo nos diferentes volumes de substrato e doses de superfosfato simples

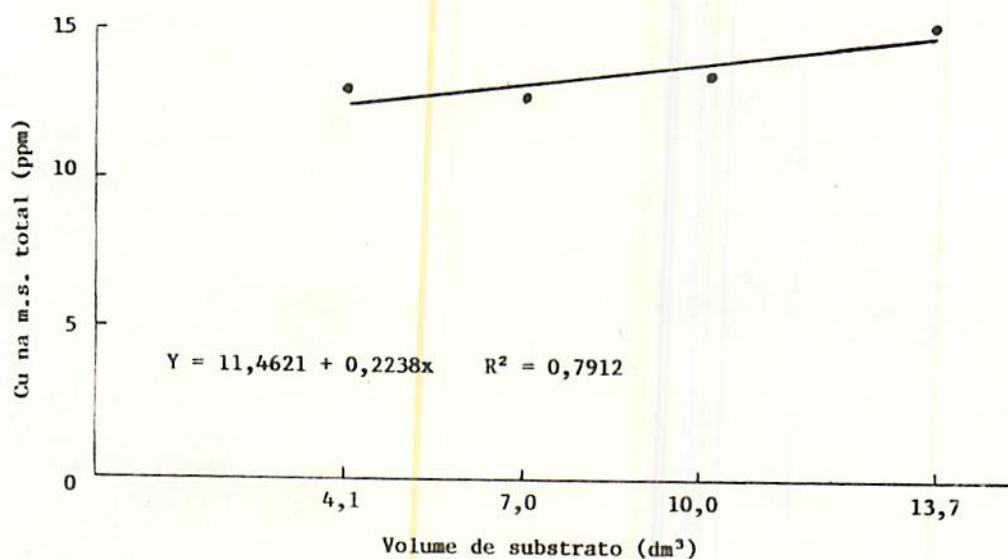


Figura 7. Efeito dos volumes de substrato nos teores de Cu na matéria seca total dos limoeiros 'Cravo', aos 259 dias pós-semeadura - ESAL, Lavras, 1990

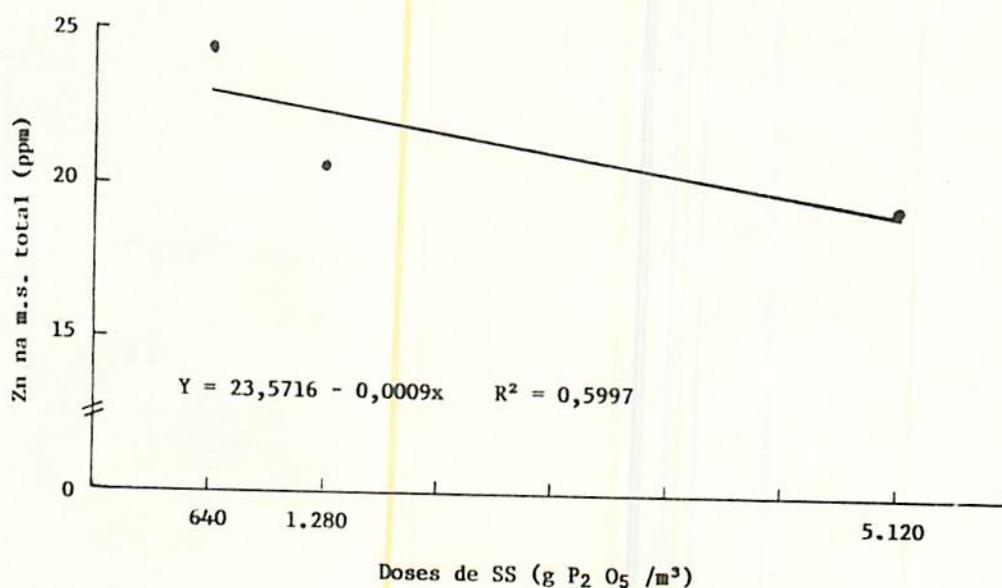


Figura 8. Efeito das doses de superfosfato simples (SS) nos teores de Zn na matéria seca total dos limoeiros 'Cravo', aos 259 dias pós-semeadura - ESAL, Lavras, 1990

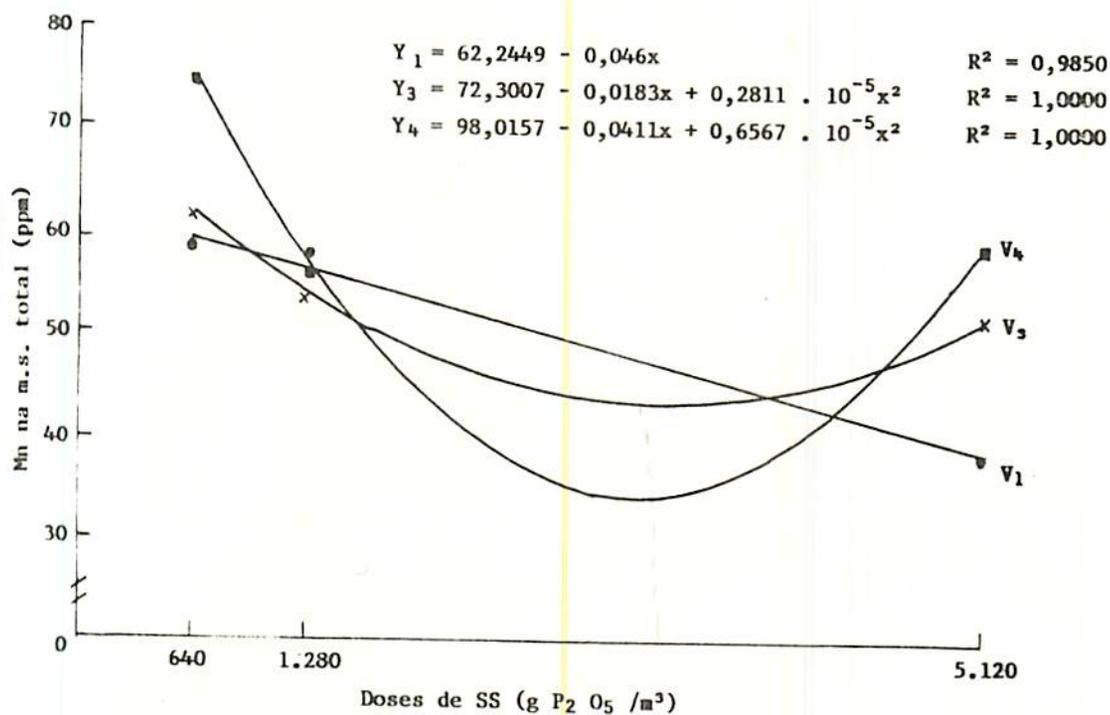


Figura 9. Efeito das doses de superfosfato simples (SS) nos teores de Mn na matéria seca total dos limoeiros 'Cravo' nos volumes de substrato V<sub>1</sub>, V<sub>3</sub> e V<sub>4</sub>, aos 259 dias pós-  
semeadura - ESAL, Lavras, 1990

está apresentado no Quadro 4A. Para os valores de matéria seca (m.s.) das raízes, parte aérea e total e rizomassa dos limoeiros 'Cravo' aos 259 dias pós-semeadura, o resumo das análises de variância está apresentado no Quadro 5A.

#### 4.3.1. *Altura das plantas aos 180, 211, 242 e 257 dias pós-semeadura*

As curvas de respostas para altura em relação às doses de superfosfato simples aplicadas nos volumes de substrato  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  e  $V_4$ , estão apresentadas na Figura 10a.

As equações de regressão são de natureza linear, indicando um acréscimo de 0,38, 0,45, 0,56 e 0,68 cm na altura para cada 100 g de  $P_2O_5/m^3$  aplicado nos volumes  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  e  $V_4$ , respectivamente.

Em relação as épocas de avaliação, as curvas de crescimento para altura de planta nos volumes de substrato  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  e  $V_4$ , estão apresentadas na Figura 11. As equações de regressão são de natureza linear, estimam acréscimos de 0,49, 0,56, 0,63 e 0,59 cm a cada dia, respectivamente para  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  e  $V_4$ .

O crescimento em altura das plantas avaliado em diferentes épocas para as doses de superfosfato simples pode ser observado na Figura 12a. As equações de regressão são de natureza linear, estimando acréscimos de 0,51; 0,56 e 0,49 cm de cada dia para as doses de 640, 1.280 e 5.120 g de  $P_2O_5/m^3$ , respectivamente.

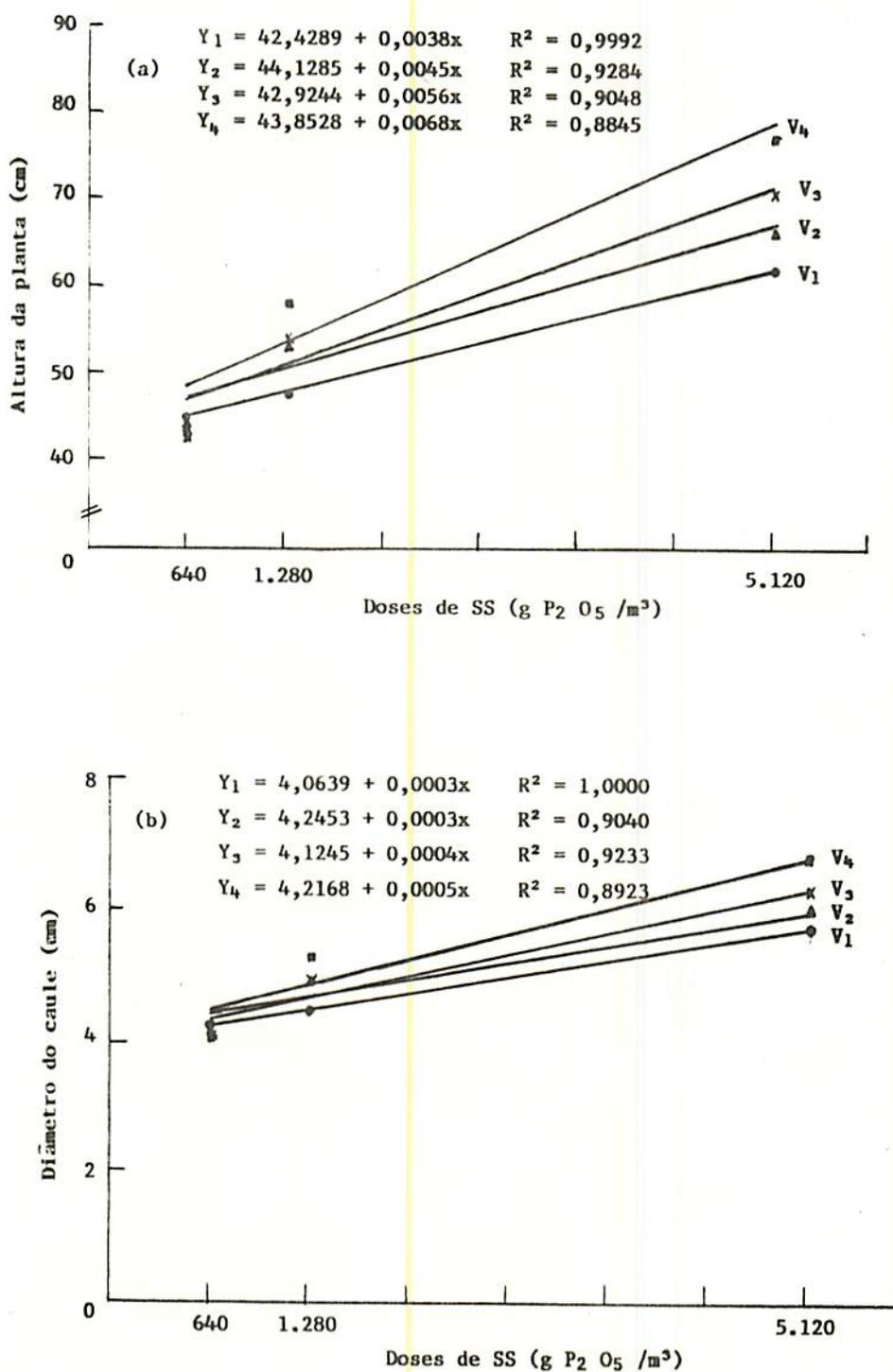


Figura 10. Efeito das doses de supersofato simples (SS) sobre os incrementos em altura (a) e diâmetro do caule à 15 cm do colo (b) dos limoeiros 'Cravo' nos volumes de subtrato  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  e  $V_4$  - ESAL, Lavras, 1990

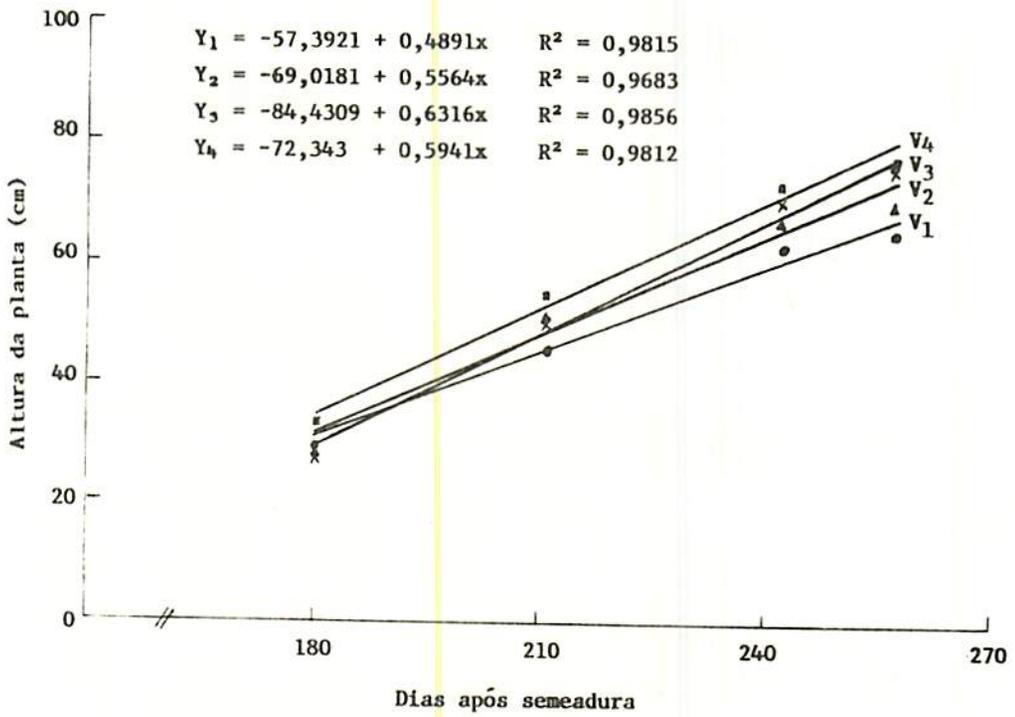


Figura 11. Efeito das épocas de avaliação do incremento em altura dos limoeiros 'Cravo' nos volumes de substrato V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub> e V<sub>4</sub> - ESAL, Lavras, 1990

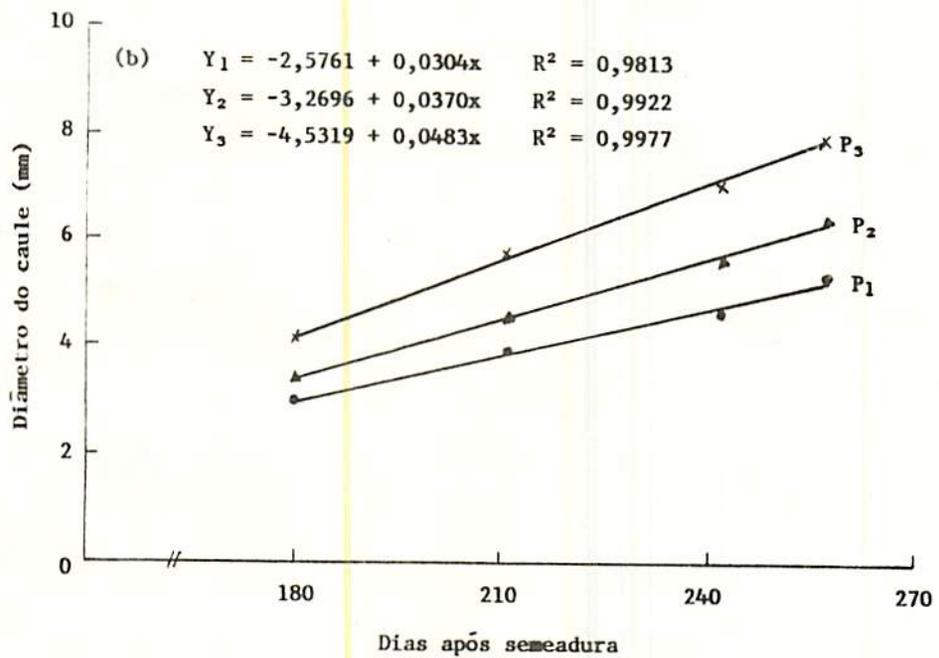
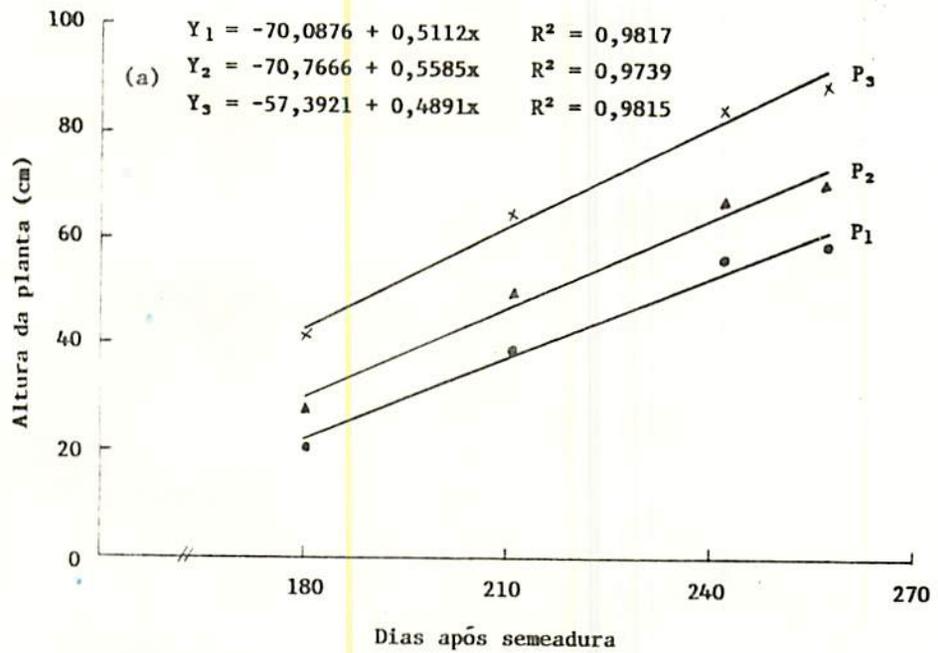


Figura 12. Efeito das épocas de avaliação dos incrementos em altura (a) e diâmetro do caule à 15 cm do colo (b), dos limoeiros 'Cravo' que receberam as doses de super fosfato simples (SS) P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub> - ESAL, Lavras, 1990

#### 4.3.2. *Diâmetro do caule à 15 cm do colo aos 180, 211, 242 e 257 dias pós-semeadura*

As curvas de respostas para diâmetro do caule a 15 cm do colo em relação às doses de superfosfato simples aplicadas nos volumes de substrato  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  e  $V_4$ , podem ser observadas na Figura 10b. As equações de regressão são de natureza linear, indicando um aumento de 0,03, 0,03, 0,04 e 0,05 mm no diâmetro para cada 100 g de  $P_2O_5/m^3$  aplicados nos volumes  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  e  $V_4$ , respectivamente.

O crescimento em diâmetro avaliado em diferentes épocas para as doses de superfosfato simples pode ser observado na Figura 12b. As equações de regressão são de natureza linear e indicam aumentos de 0,03, 0,04 e 0,05 mm a cada dia para as doses de 640, 1.280 e 5.120 g de  $P_2O_5/m^3$ .

Na Figura 12b verifica-se que o diâmetro para atingir o ponto de enxertia, 5 mm, foi obtido aos 197, 223 e 249 dias pós-semeadura nas doses de 5.120, 1.280 e 640 g de  $P_2O_5/m^3$ , respectivamente.

#### 4.3.3. *Matéria seca do sistema radicular, da parte aérea e total e rizomassa aos 259 dias pós-semeadura*

As curvas de produção de matéria seca da parte aérea e total em relação as doses de superfosfato simples aplicadas nos volumes de substrato  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  e  $V_4$ , estão apresentadas na Fig

ra 13.

Para a matéria seca da parte aérea (Figura 13b), as equações de regressão nos volumes  $V_1$ ,  $V_2$  e  $V_4$  são de natureza linear, estimando-se um aumento de 0,17, 0,19 e 0,39 g na matéria seca a cada 100 g de  $P_2O_5/m^3$  aplicado nestes volumes. A equação no volume  $V_3$  é de natureza quadrática e apresenta um acúmulo máximo de 30,14 g na matéria seca, ao nível de 3.682,58 g de  $P_2O_5/m^3$ .

As equações de regressão para matéria seca total das plantas são de natureza linear (Figura 13a), estimando-se um acúmulo de 0,24, 0,31, 0,43 e 0,61 g a cada 100 g de  $P_2O_5/m^3$  aplicado em  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  e  $V_4$ , respectivamente.

A Figura 14 apresenta as curvas de produção de matéria seca do sistema radicular em relação as doses de superfosfato simples e aos volumes de substrato. Observa-se um aumento linear de 0,13 g na matéria seca para cada 100 g de  $P_2O_5/m^3$  aplicado ao substrato (Figura 14a), e um acúmulo de 0,43 g na matéria seca das raízes para cada aumento de 1  $dm^3$  no volume de substrato (Figura 14b).

Na Figura 15, observa-se os efeitos das doses de superfosfato simples e dos volumes de substrato na rizomassa das plantas, representados pelas notas atribuídas pela avaliação qualitativa dos juízes. As equações de regressão são de natureza linear, apresentando aumentos nas notas de 0,03 a cada 100 g de  $P_2O_5/m^3$  aplicado ao substrato (Figura 16a) e de 0,07 para cada aumen-

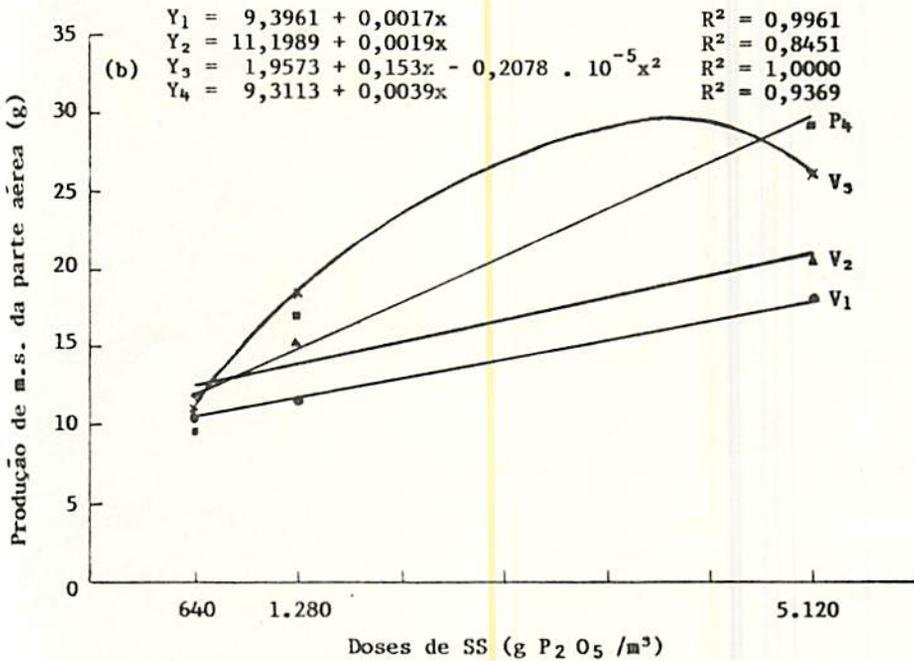
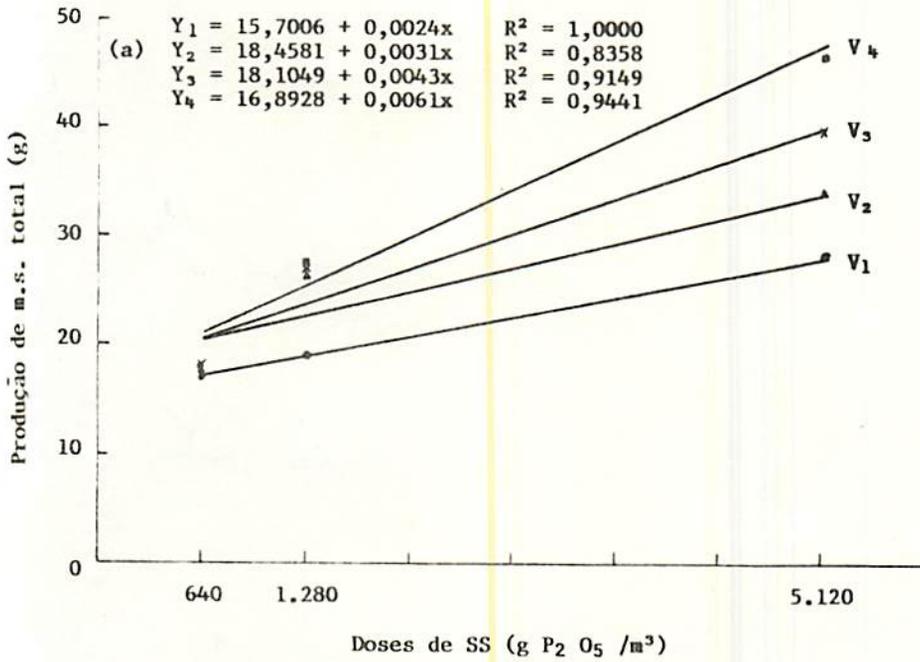


Figura 13. Efeito das doses de superfosfato simples (SS) na matéria seca total (a) e da parte aérea (b) dos limoeiros 'Cravo' nos volumes de substrato V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub> e V<sub>4</sub>, aos 259 dias pós-semeadura - ESAL, Lavras, 1990

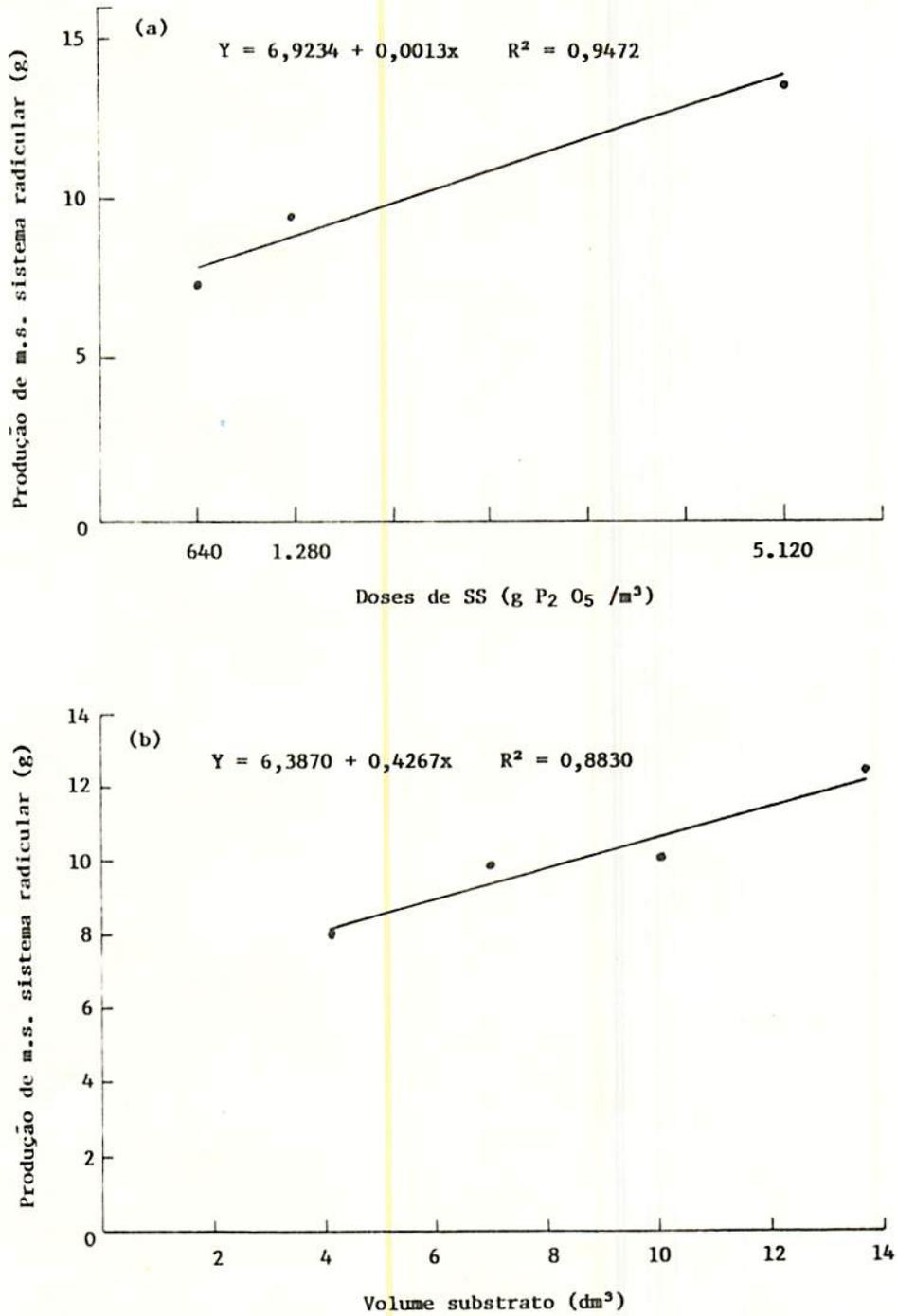


Figura 14. Efeito das doses de superfosfato simples - SS (a) e dos volumes de substrato (b) na matéria seca do sistema radicular, aos 259 dias pós-semeadura - ESAL, Lavras, 1990

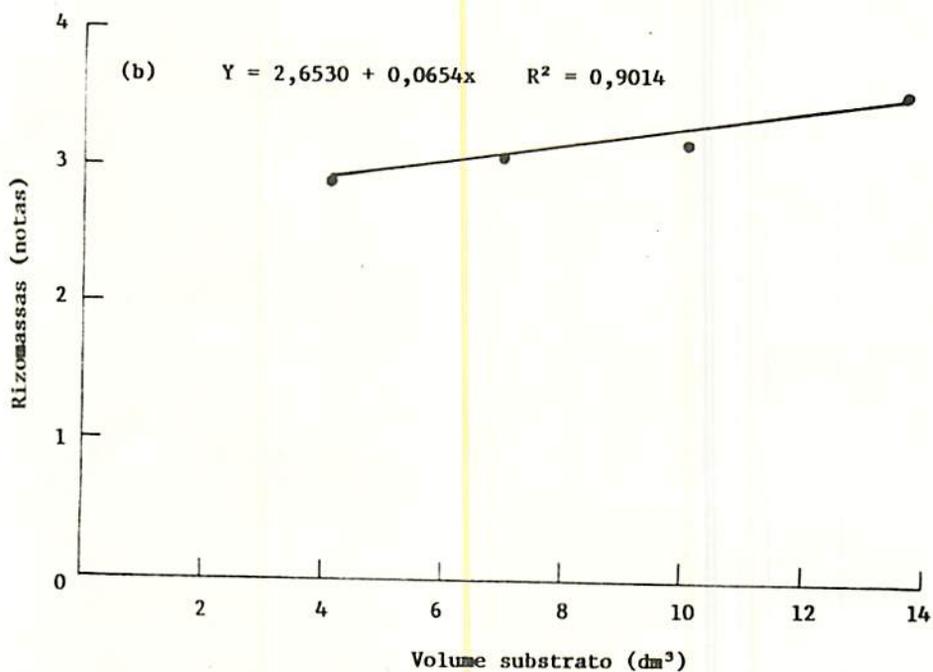
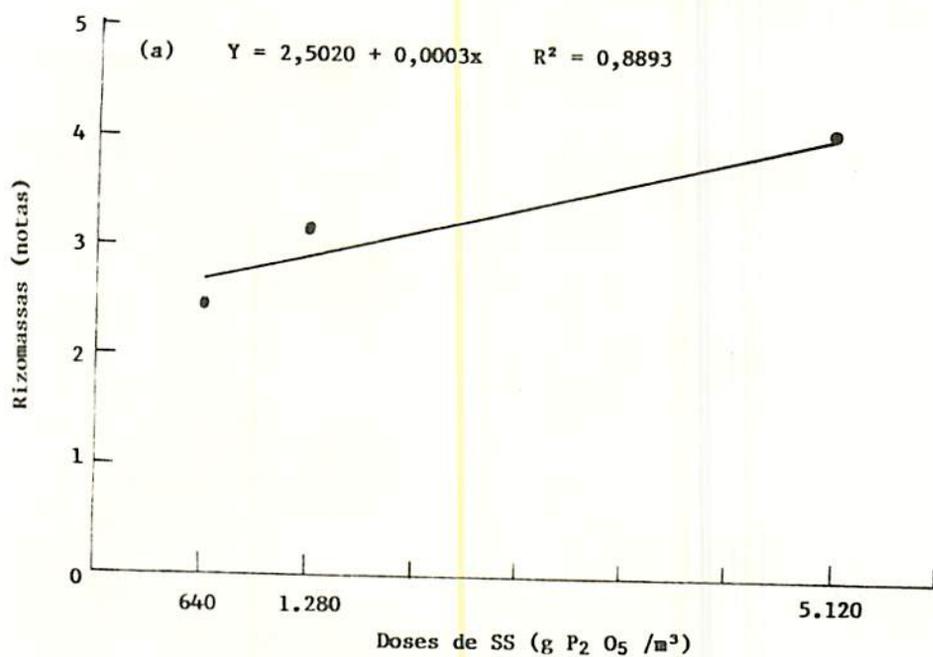


Figura 15. Efeito das doses de superfosfato simples - SS (a) e dos volumes de substrato (b) na rizomassa dos limoeiros 'Cravo', aos 259 dias pós-semeadura - ESAL, Lavras, 1990

to de 1 dm<sup>3</sup> no substrato (Figura 16b).

#### 4.4. Resultados de observações

O tempo gasto pelas plantas para atingir o ponto de enxertia está apresentado no Quadro 5.

Quadro 5. Dias após a semeadura gastos pelas plantas para atingir o ponto de enxertia

Volume (dm <sup>3</sup> )	Doses de SS (g de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /m <sup>3</sup> )		
	640	1.280	5.120
4,1	280*	248	235
7,0	280	248	235
10,0	280	260	220
13,7	280	248	220

\* Dias após semeadura.

Estes resultados foram obtidos quando 80% das plantas de cada tratamento apresentavam o diâmetro de 5 mm a 15 cm do colo. Pode-se observar que todos os tratamentos atingiram o ponto de enxertia. Entretanto, as plantas formadas nos maiores volumes com a maior dose de superfosfato atingiram o ponto de enxertia antes dos demais tratamentos.

Devido a característica de vigor do porta-enxerto usado, constatou-se enovelamento do ápice das raízes em todos os

tratamentos.

Observou durante o período experimental uma descoloração do mesófilo de folhas na parte mediana das plantas cultivadas nos volumes  $V_1$  e  $V_2$ , principalmente no menor volume.

No momento da coleta do experimento, verificou-se que o substrato na parte basal do saco de polietileno apresentava um odor característico de putrefação em todos os volumes de substrato. Também, observou-se durante o período experimental uma compactação do substrato.

Devido a instalação do experimento a céu aberto, os sacos de polietileno rasgaram, sendo necessário o revestimento dos mesmos durante o período experimental.

## 5. DISCUSSÃO

A elevação dos teores de P disponíveis nos volumes de substrato  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  e  $V_4$ , em resposta à aplicação de doses crescentes de superfosfato simples, concorda com resultados obtidos anteriormente (SILVA, 1981; NICOLI, 1982; CARVALHO, 1987; CAMARGO, 1989; LIRA, 1990). Esta maior disponibilidade de P se deve à sua concentração e solubilidade neste fertilizante. No entanto, as respostas para os volumes  $V_2$ ,  $V_3$  e  $V_4$  na dose de 5.120 g de  $P_2O_5/m^3$  de substrato, podem ser atribuídas ao maior crescimento das plantas, a melhor distribuição das raízes e a capacidade destas em absorver nutrientes (SPOMER, 1982; PEREIRA, 1983; SILVA, 1986; OLSEN et alii, 1977), observando assim uma menor concentração de P disponível em relação ao volume  $V_1$ . Os teores de P disponível nos volumes do substrato usado, são considerados altos pela COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (1989).

Os teores de K disponível no substrato diminuíram com a aplicação de doses crescentes de superfosfato simples. Resultados semelhantes foram obtidos por SILVA (1981), NICOLI (1982) e LIRA (1990), enquanto BUENO (1984) observou aumentos com apli-

cação de superfosfato triplo e CARVALHO (1987), CAMARGO (1989) não observaram alterações nos teores de K. A redução do teor de K no substrato em relação ao aumento da dose de P, pode ter ocorrido devido a maior extração deste nutriente como consequência do maior crescimento das plantas, LOPES (1989). Entretanto, a concentração do Ca existente no superfosfato simples, provavelmente tenha acelerado a absorção de K, diminuindo assim o seu teor no substrato (LIRA, 1990). De acordo com MALAVOLTA (1980), o Ca em baixas concentrações aumenta a absorção de K. Perdas por lixiviação é outro fator que pode ter afetado a concentração de K no substrato.

Embora, o teor de K disponível no substrato seja de médio a baixo, COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (1989), não se verificou sintomas de deficiência devido a adubação em cobertura com nitrato de K e esterco de galinha.

Com relação aos volumes de substrato, as reduções nos teores de K disponível podem ser explicadas pelo crescimento das plantas e pela capacidade das raízes em extraírem este nutriente num volume limitado de substrato (SPOMER, 1982; OSENI & FAWUSI, 1987). Porém, no maior volume de substrato, possivelmente as raízes não conseguiram explorá-lo todo, explicando deste modo o aumento no teor de K disponível. Pois, o K assim como o P é con-tactado pelas raízes das plantas principalmente pelo mecanismo de difusão, MALAVOLTA (1980). Outro fator que pode ter alterado o teor de K disponível, é a aplicação de nitrato de K em cobertura via irrigação, na mesma dosagem em todos os volumes de substrato.

Constatou-se aumentos nos teores de Ca trocável no substrato com aplicação de doses crescentes de superfosfato simples, concordando com resultados verificados anteriormente por outros autores (SOUZA, 1976; SILVA, 1981; NICOLI, 1982; BUENO, 1984; CARVALHO, 1987; CAMARGO, 1989; LIRA, 1990) com aplicação de fertilizantes fosfatados. Este resultado era esperado devido a presença de Ca no superfosfato simples e a solubilidade deste fertilizante, MALAVOLTA (1980). Embora a maior dose de superfosfato simples aplicada seja quatro vezes maior que as doses usadas por SILVA (1981), NICOLI (1982) e CAMARGO (1989), os aumentos na concentração do substrato foram lineares até o máximo aplicado, concordando com LIRA (1990) que usou a mesma dose de 5.120 g de  $P_2O_5/m^3$  de substrato.

Os diferentes volumes de substrato não alteraram a disponibilidade do Ca no substrato.

Em resposta a aplicação de doses crescentes de superfosfato simples, verificou-se que não houve efeito nos teores de Mg no substrato. Este resultado se deve ao baixo teor inicial deste nutriente no substrato e a ausência deste nutriente na composição do fertilizante. Resultados semelhantes foram obtidos por CARVALHO (1987), CAMARGO (1989) e LIRA (1990), contudo atribuíram-os aos altos teores iniciais de Mg nos substratos.

Em relação ao volume de substrato, as diferenças observadas nos teores de Mg são pequenas, provavelmente ocorreram em função do método de análise usado.

Para os valores de pH, em relação as doses de superfosfato simples e volumes de substrato, verificou-se uma pequena alteração não significativa no pH inicial do substrato. Este resultado pode ser explicado pelo Ca presente neste fertilizante não estar na forma de carbonatos e pela ação acidificante do íon  $PO_4^{=}$  e do S, sendo este último também recomendado para correção da alcalinidade dos solos, Rasmussen e Smith citados por CARVALHO (1987) e LOPES (1989).

O efeito das doses de superfosfato simples no teor de matéria orgânica do substrato, conforme observou LIRA (1990), pode ser devido ao fornecimento do S presente neste fertilizante, promovendo uma possível redução na relação C/S, o que favoreceu o processo de mineralização da matéria orgânica.

Diminuições nos teores de N em amostras foliares de pomares adulto e em crescimento (GALLO et alii, 1960; SOUZA, 1976) e na matéria seca total de porta-enxertos na repicagem (SILVA, 1981; NICOLI, 1982; CARVALHO, 1987; FONTANEZZI, 1989), têm sido observadas como consequência da adição de doses crescentes de fertilizantes fosfatados nos substratos. Neste estudo, verificou-se que não houve efeito dos tratamentos nos teores de N na matéria seca total das plantas, concordando com os resultados obtidos por CAMARGO (1989) e LIRA (1990). O P tem um pequeno efeito antagônico em relação ao N, RODRIGUES (1990) e provavelmente este efeito não tenha se manifestado. As adubações de cobertura com nitrato de K, nitrato de Mg e esterco de galinha, provavelmente, possam ter suprido o N necessário, conforme observou LIRA

(1990). O teor médio de N na matéria seca total das plantas foi de 0,92%, e está abaixo dos teores obtidos por CAMARGO (1989) e LIRA (1990), podendo atribuir estas diferenças ao crescimento e idade das plantas, às adubações nitrogenadas e às características próprias de cada experimento.

Os aumentos nos teores de P na matéria seca total das plantas em relação as doses crescentes de superfosfato simples, foram proporcionados pela maior disponibilidade de P no substrato, promovendo um maior contato com as raízes, e conseqüentemente uma maior absorção. Resultados semelhantes foram observados por outros autores (GALLO et alii, 1960; SOUZA, 1976; SILVA, 1981; NICOLI, 1982; BUENO, 1984; CARVALHO, 1987; CAMARGO, 1989; FONTANEZZI, 1989; LIRA, 1990). O teor médio de 0,22% de P na matéria seca total das plantas que apresentaram maior crescimento, foi inferior ao máximo verificado por CAMARGO (1989) e LIRA (1990) e superior aos obtidos por SILVA (1981) e NICOLI (1982). Estas diferenças se devem às características próprias de cada experimento como tipo de substrato, a disponibilidade de P, e a idade e crescimento das plantas.

Para os teores de K na matéria seca total das plantas, observou-se reduções com a aplicação de doses crescentes de superfosfato simples, concordando com os resultados obtidos por BUENO (1984) e CARVALHO (1987). Este resultado pode ser atribuído ao efeito diluição e a provável ocorrência do efeito antagônico deste nutriente com o Ca presente no superfosfato simples.

Com relação aos volumes de substrato, as reduções nos teores de K na matéria seca total podem ser explicadas pelo efeito diluição, causado pelo maior crescimento das plantas nos maiores volumes. O fornecimento deste nutriente, através de adubações em cobertura com nitrato de potássio e esterco de galinha na mesma dosagem nos diferentes volumes de substrato, provavelmente possa ter influenciado nos teores de K.

Os teores mínimos de K na matéria seca total das plantas para a maior dose de superfosfato simples e maior volume de substrato foram de 1,19 e 1,30%, respectivamente. Estes valores estão acima dos obtidos por BUENO (1984) e CARVALHO (1987) e abaixo dos verificados por LIRA (1990), atribuindo estas diferenças à idades das plantas, ao tipo de substrato usado e às adubações com K.

Os aumentos nos teores de Ca na matéria seca total das plantas em resposta a aplicação de doses crescentes de superfosfato simples, concordam com os resultados obtidos por outros autores (SOUZA, 1976; SILVA, 1981; NICOLI, 1982; BUENO, 1984; CARVALHO, 1987; FONTANEZZI, 1989; LIRA, 1990). Estes resultados ocorreram em função da concentração e solubilidade do Ca presente neste fertilizante. A maior dose de superfosfato simples aplicada, forneceu ao substrato 7.010 g de CaO.

Em relação aos volumes de substrato, os aumentos constatados para os teores de Ca são consequência do maior crescimento das plantas nos maiores volumes. Maiores volumes facilitam o

aumento e a distribuição do sistema radicular, e conseqüentemente, maior é a absorção de nutrientes, SILVA (1986).

Os teores médios de Ca verificados no maior acúmulo de matéria seca, em relação a maior dose de superfosfato simples e ao maior volume de substrato, foram de 1,62 e 1,42%. Estes teores estão próximos dos verificados por CARVALHO (1987) e LIRA (1990).

Não houve efeito dos tratamentos nos teores de Mg na matéria seca total das plantas, concordando com os resultados verificados por NICOLI (1982) e CARVALHO (1987) com relação a aplicação de dose crescente de superfosfato simples aos substratos. O teor médio de Mg na matéria seca total das plantas foi de 0,12%, sendo inferior aos teores obtidos por CARVALHO (1987) e LIRA (1990). As adubações em cobertura com nitrato de Mg e esterco de galinha, e a matéria orgânica presente no substrato, provavelmente não foram suficientes para suprir as necessidades das plantas, pois sintomas de deficiência apareceram.

Os aumentos verificados nos teores de S na matéria seca total das plantas com aplicação de doses crescentes de superfosfato simples, concordam com resultados obtidos anteriormente por outros autores (SILVA, 1981; NICOLI, 1982; CARVALHO, 1987; LIRA, 1990) e podem ser atribuídos à presença de S neste fertilizante. O Ca presente no superfosfato simples, é um cátion acompanhante e aumenta a velocidade de absorção de S, MALAVOLTA (1980). A maior dose de superfosfato simples aplicada forneceu ao subs -

trato cerca de 3.115 g de S.

Com relação ao efeito dos volumes de substrato nos teores de S na matéria seca total, são válidas as justificativas atribuídas para os teores de Ca.

O teor médio de 0,23% de S na matéria seca total das plantas que receberam a maior dose de superfosfato simples, está dentro da faixa obtida por outros autores (SILVA, 1981; NICOLI, 1982; CARVALHO, 1987; LIRA, 1990). Entretanto, o teor médio de S na matéria seca total das plantas cultivadas no maior volume de substrato, está abaixo dos teores verificados por estes autores.

Não houve efeito dos tratamentos nos teores de B na matéria seca total das plantas, discordando dos resultados verificados anteriormente por outros autores (SILVA, 1981; NICOLI, 1982; BUENO, 1984; CARVALHO, 1987; FONTANEZZI, 1989; LIRA, 1990), para porta-enxertos na repicagem em diferentes condições de cultivo e fertilidade. As diferenças observadas entre os tratamentos foram pequenas, não constatando o efeito de inibição do P na absorção de B nos diferentes volumes de substrato. Provavelmente, a matéria orgânica presente neste substrato possa ter proporcionado quantidades suficientes de B para suprir as plantas. Sabe-se que a matéria orgânica é a fonte mais importante de B para as plantas, MALAVOLTA (1980). O teor médio de B na matéria seca total das plantas foi de 19,29 ppm, sendo inferior aos obtidos por outros autores (SILVA, 1981; NICOLI, 1982; CARVALHO, 1987; FONTANEZZI, 1989; LIRA, 1990), podendo atribuir estas diferenças ao ti

po de substrato usado e a idade das plantas.

Com relação aos teores de Cu na matéria seca total das plantas, não constatou-se alterações com a aplicação de doses crescentes de superfosfato simples, concordando com os resultados obtidos por CARVALHO (1987), CAMARGO (1989) e FONTANEZZI (1989). Esse efeito pode ser atribuído à natureza do substrato utilizado, onde os teores de Cu eram possivelmente elevados, conforme observou FONTANEZZI (1989). A aplicação de fungicida cúprico para o controle de verrugose é outro fator que pode ter influenciado, não deixando que se manifestasse o efeito antagônico existente entre o P e o Cu.

Observou-se diferenças significativas nos teores de Cu na matéria seca total das plantas formadas nos diferentes volumes de substrato. Provavelmente, as diferenças ocorreram em função do efeito de concentração causado pelo maior crescimento das plantas a medida que se aumentou o volume de substrato. De acordo com SILVA (1986), em maiores volumes de substrato tem-se uma melhor distribuição e maior quantidade de raízes, facilitando assim a absorção e aumentando a quantidade de nutrientes a ser explorada. O teor médio de Cu verificado no volume de substrato onde houve maior acúmulo na matéria seca foi de 14,88 ppm, e está acima dos teores obtidos por CARVALHO (1987), CAMARGO (1989) e LIRA (1990) e abaixo dos obtidos por FONTANEZZI (1989). Estas diferenças se devem ao crescimento e a idade das plantas, as características próprias de cada experimento e à aplicação de fungicidas cúpricos.

Com relação aos teores de Mn na matéria seca total das plantas, verificou-se reduções com aplicações de doses crescentes nos volumes de substrato  $V_1$ ,  $V_3$  e  $V_4$ . Este resultado pode ser atribuído tanto a quantidade e distribuição radicular como à capacidade para absorver e extrair nutrientes em um volume limitado, OSENI & FAWUSI (1987) e SPOMER (1982). Resultado semelhante foi observado por NICOLI (1982) para o mesmo porta-enxerto, utilizando vaso de 2,6 kg de solo. Este autor atribui este resultado ao efeito de diluição causado pelo maior crescimento das plantas devido as doses crescentes de P. Os aumentos verificados nos volumes  $V_3$  e  $V_4$  na maior dose de superfosfato simples aplicado pode ter ocorrido em função da interação existente entre o P e o Mn, RODRIGUEZ (1980). BINGHAM et alii (1957) observaram aumentos na absorção de Mn pelas plantas cítricas cultivadas em vasos com volume de 12 litros. Para o volume  $V_2$ , não se observou efeito das doses crescentes de superfosfato simples nos teores de Mn.

Os teores de Mn verificados na dose onde houve maior acúmulo de matéria seca foram 38, 52, 60 ppm, respectivamente, para os volumes  $V_1$ ,  $V_3$  e  $V_4$ , estando abaixo do verificado por LIRA (1990) na mesma dose. O teor médio de Mn na matéria seca total das plantas cultivadas no volume  $V_2$  foi de 53 ppm.

Os teores de Zn na matéria seca total das plantas diminuíram com a aplicação de doses crescentes nos volumes de substrato. Resultados semelhantes foram verificados anteriormente por outros autores (SILVA, 1981; BUENO, 1984; FONTANEZZI, 1989; LIRA, 1990). Provavelmente, o efeito antagônico existente entre o P e

o Zn tenha se manifestado, OLSEN et alii (1977) e MALAVOLTA (1980), ou ainda o efeito de diluição causado pelo maior crescimento das plantas proporcionados pelas doses crescentes de P. O teor mínimo de Zn verificado para a dose de maior acúmulo de matéria seca foi de 19,47 ppm, sendo superior aos teores obtidos por SILVA (1981), NICOLI (1982) e CARVALHO (1987) e inferior aos obtidos por LIRA (1990), atribuindo estas diferenças as características próprias de cada experimento, como o tipo de substrato e a idade e crescimento das plantas.

As características de crescimento, altura de planta, diâmetro do caule à 15 cm do colo e matéria seca da parte aérea e total, foram influenciadas pelas diferentes combinações de volumes de substrato e doses de superfosfato simples. Em todos os volumes de substrato constatou-se aumentos lineares para as características de crescimento, com a aplicação de doses crescentes de superfosfato simples.

Os maiores volumes de altura, diâmetro e matéria seca total foram proporcionados pelo maior volume de substrato, concordando com PEREIRA (1983) e maior dose de superfosfato simples aplicada (SILVA, 1981; NICOLI, 1982; CAMARGO, 1989; FONTANEZZI, 1989; LIRA, 1990). Acredita-se que os maiores volumes de substrato proporcionaram um crescimento do sistema radicular satisfatório, permitindo assim, uma melhor exploração e absorção dos nutrientes. O maior acúmulo de matéria seca total observado na combinação do maior volume com a maior dose foi 69, 41 e 20% maior que nos volumes  $V_1$ ,  $V_2$  e  $V_3$  na mesma dose de superfosfato simples.

Quanto a matéria seca da parte aérea, o efeito quadrático observado no volume  $V_3$ , pode ser atribuído a maior ocorrência de verrugose nas plantas cultivadas neste volume de substrato.

Com relação a matéria seca do sistema radicular, observou-se aumentos lineares tanto para as doses de superfosfato simples como para os volumes de substrato. Estes resultados foram confirmados pelas notas aferidas na avaliação de rizomassas.

O efeito do volume de substrato no acúmulo de matéria seca das raízes foi também observado em plantas de seringueira em fase inicial de crescimento, PEREIRA (1983). Acredita-se que o aumento do crescimento do sistema radicular tenha sido a causa determinante do aumento verificado nas demais características avaliadas. De acordo com SPOMER (1982), o volume de substrato acessível ao sistema radicular, determina potencial a reserva de água e minerais disponíveis a planta e conseqüentemente o seu crescimento potencial. Além disso, o crescimento das raízes em recipientes é influenciado pelo volume limitado e pelas paredes dos recipientes.

Apesar da dose máxima de superfosfato simples utilizada ter sido quatro vezes maior que a dose recomendada pela COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (1989) e usada por outros autores (SILVA, 1981; NICOLI, 1982; CAMARGO, 1989; FONTANEZZI, 1989), observou-se que as plantas apresentaram crescimentos lineares para todas as características avaliadas, dis-

cordando da hipótese formulada. Os ganhos lineares na matéria seca, conforme observado por LIRA (1990), foram acompanhados pelos acúmulos de P e outros nutrientes, constatando assim a importância do P no crescimento inicial da planta (BLACK, 1967). Não se verificou efeito de toxidez, apenas antagonismos entre alguns nutrientes e sintomas de deficiência de Mg devido ao baixo teor inicial deste nutriente no substrato.

O enovelamento do ápice das raízes observado, provavelmente ocorreu em função das restrições oferecidas pelos sacos de polietileno e pelos tijolos colocados abaixo deles, impedindo que as raízes os perfurassem. Os tijolos apesar de furados, não permitiram a chamada "poda das raízes pelo vento".

Em relação as épocas de avaliação, as características de crescimento apresentaram um crescimento contínuo tanto para os volumes de substrato como para as doses de superfosfato simples. As plantas cultivadas nos volumes de substrato  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  e  $V_4$ , apresentaram alturas crescentes até 257 dias após semeadura. O mesmo ocorreu para as características de crescimento, altura e diâmetro das plantas que receberam as doses de 640, 1.280 e 5.120 g de  $P_2O_5/m^3$  de substrato. Estes resultados podem ser atribuídos às condições climáticas favoráveis ao crescimento vegetativo das plantas durante todo o período experimental.

O diâmetro do caule é a característica morfológica que determina a possibilidade de execução da enxertia. Considerando o limite estabelecido neste estudo, verificou-se em média que as

plantas que receberam a maior dose de superfosfato simples nos diferentes volumes de substrato, atingiram o ponto de enxertia, ou seja, o diâmetro de 5 mm aproximadamente aos 197 dias pós-semeadura. Enquanto que SILVA (1981) e NICOLI (1982) cultivando limoeiro 'Cravo' em vasos de 2,6 kg com a dose 1.280 g de  $P_2O_5/m^3$  de substrato, verificaram que as plantas aos 180 dias pós-semeadura apresentavam um maior crescimento e estavam aptas à repicagem para o viveiro. Os limoeiros 'Cravo' formados por este sistema de propagação estavam áptos a enxertia num prazo 45% menor em relação ao sistema tradicional. Normalmente, pelo sistema tradicional o porta-enxerto limoeiro 'Cravo' atinge o ponto de enxertia (diâmetro de 8 mm) no período de 180 a 240 dias após o transplante para o viveiro (TEÓFILO SOBRINHO, 1980), o que corresponde a um ciclo de formação mínimo de 360 dias.

Observações realizadas durante o período experimental, confirmam que as plantas que receberam a maior dose de superfosfato simples atingiram o ponto de enxertia num prazo inferior aos demais tratamentos. Embora, a quantidade de dias gastos para atingir a enxertia seja diferente, pois neste caso considerou-se que as plantas estavam áptas a enxertia quando 80% do tratamento apresentava o diâmetro de 5 mm.

Em ambos os métodos de avaliação do ponto de enxertia, verificou-se que em todos os tratamentos, as plantas atingiram o diâmetro necessário para execução da enxertia.

Durante o período experimental, verificou-se uma descoloração do mesófilo das folhas na parte mediana das plantas for

mas nos menores volumes de substrato, principalmente no volume  $V_1$ . Uma provável explicação para este fenômeno, seria a incidência da radiação solar direta nas paredes dos recipientes, o que poderia resultar em altas temperaturas na zona radicular, que prejudicam diretamente as raízes das plantas pelo rompimento da semipermeabilidade natural das células das membranas da raiz, conforme observaram INGRAM et alii (1989). A injúria da alta temperatura nas raízes, pode resultar em sintomas visuais de estresse hídrico, deficiências nutricionais ou falta de vigor INGRAM et alii (1989). Juntamente a esta explicação, pode reunir-se o volume limitado de substrato e as restrições das paredes dos recipientes ao crescimento e distribuição das raízes, SPOMER (1982).

O cheiro característico de putrefação observado no substrato durante o momento da coleta do experimento, pode ser atribuído a textura muito argilosa e a má drenagem. A capacidade de retenção de água de vários substratos, segundo WATERS et alii (1970) eleva-se com o aumento do tamanho do recipiente. Estes autores concluíram que o substrato usado, principalmente em recipientes pequenos ou rasos, deve ser extremamente bem drenado. Os revestimentos dos sacos de polietileno, possivelmente reduziram a drenagem do substrato.

A compactação do substrato ocorreu devido a textura muito argilosa do mesmo. Apesar do crescimento das plantas verificado neste substrato, admite-se que devido a estes fatores má drenagem e compactação, este substrato não atende as características de um substrato próprio para recipientes.

O tipo de recipiente usado para a produção de muda é um fator que pode afetar o custo de produção, dependendo do tempo de duração da muda no viveiro. Neste caso, onde as plantas foram formadas a céu aberto, a vida útil dos sacos de polietileno usados foi aproximadamente de seis meses. Após este período houve a necessidade de revestimento, constituindo uma desvantagem devido ao gasto com material e mão-de-obra.

A produção de mudas cítricas em recipientes deverá ser empregada em larga escala no Brasil em um futuro próximo. Hoje, pouco se sabe a respeito desta técnica e muitas das informações existentes não são locais. Apesar das vantagens apresentadas por este sistema de produção, muitas dúvidas existem, necessitando assim de aprimoramento de estudos nesta área.

## 6. CONCLUSÕES

- 1) Doses crescentes de superfosfato simples proporcionaram aumentos nos teores de P, Ca e S e diminuições nos teores de K e Zn na matéria seca total dos limoeiros 'Cravo'. Ao aplicar - se 5.120 g de  $P_2O_5/m^3$  de substrato, os teores de P, Ca e S foram maiores em 31, 51 e 103% e os de K e Zn foram menores em 25 e 21% em relação a dose de 640 g de  $P_2O_5/m^3$  de substrato.
- 2) Maiores volumes de substrato proporcionaram maiores teores de Ca, S e Cu e menores teores de K na matéria seca total dos limoeiros 'Cravo'. Os teores de Ca, S e Cu no volume de 13,7  $dm^3$  foram maiores em 19, 35 e 16%, respectivamente, e os de K foram menores em 17% em relação ao volume de 4,1  $dm^3$  de substrato.
- 3) Os teores de Mn na matéria seca total dos limoeiros 'Cravo' diminuíram com a aplicação de doses crescentes de superfosfato simples para os diferentes volumes de substrato.
- 4) Os limoeiros 'Cravo' de modo geral, apresentaram maiores crescimentos em altura, diâmetro e matéria seca total na combina-

ção do volume de substrato de  $13,7 \text{ dm}^3$  com a dose de superfosfato simples de  $5.120 \text{ g}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5/\text{m}^3$ . Estes limoeiros apresentavam em média  $77,83 \text{ cm}$  de altura,  $6,77 \text{ mm}$  de diâmetro e um acúmulo de  $47,40 \text{ g}$  na matéria seca total. Os teores de nutrientes na matéria seca destes limoeiros foram:  $0,85\%$  de N,  $0,23\%$  de P;  $1,04\%$  de K;  $1,77\%$  de Ca;  $0,14\%$  de Mg;  $0,26\%$  de S;  $17,41 \text{ ppm}$  de B;  $14,30 \text{ ppm}$  de Cu;  $59,58 \text{ ppm}$  de Mn e  $22,56 \text{ ppm}$  de Zn.

- 5) Todos os tratamentos atingiram o ponto de enxertia, ou seja, o diâmetro de  $5 \text{ mm}$  à  $15 \text{ cm}$  do colo. Os limoeiros 'Cravo' que receberam a dose de  $5.120 \text{ g}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5/\text{m}^3$  de substrato estavam aptos a enxertia aos 197 dias após a semeadura. Este período de formação foi  $45\%$  menor em relação ao sistema tradicional.
- 6) Os métodos de avaliação do crescimento, análise da planta e análise do solo, foram eficientes em refletir as condições químicas do substrato e dos tratamentos a que os limoeiros 'Cravo' foram submetidos.
- 7) Apesar das características do substrato, má drenagem e compactação, o sistema de produção em recipientes a céu aberto possibilitou a obtenção dos porta-enxertos limoeiros 'Cravo' aptos a enxertia.

## 7. RESUMO

A muda como o insumo mais importante na formação de um pomar e o produto final de uma atividade de viveiro, justifica a busca constante de inovações técnicas. Com o objetivo de avaliar a formação do porta-enxerto limoeiro 'Cravo' até o ponto de enxertia, em recipientes, com diferentes volumes de substrato e doses de superfosfato simples, realizou-se o presente estudo. O experimento foi conduzido no setor de Fruticultura da Escola Superior de Agricultura de Lavras, Estado de Minas Gerais, no período de julho de 1988 a abril de 1989. Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso com esquema fatorial  $4 \times 3$ , constituindo-se 12 tratamentos com três repetições. Os tratamentos resultaram das combinações dos volumes de substrato (4,1, 7,0, 10,0 e 13,7  $\text{dm}^3$ ) com as doses de superfosfato simples (640, 1.280 e 5.120 g de  $\text{P}_2\text{O}_5/\text{m}^3$ ). O maior crescimento dos limoeiros 'Cravo' foi proporcionado pela combinação do volume de 13,7  $\text{dm}^3$  de substrato com a dose de 5.120 g de  $\text{P}_2\text{O}_5/\text{m}^3$ . Os limoeiros 'Cravo' que receberam a dose máxima aplicada de superfosfato simples, alcançaram o ponto de enxertia em um ciclo de produção inferior 45% em relação ao sistema tradicional. As diferenças constatadas nos te

## 8. SUMMARY

### EFFECT OF SOIL VOLUME AND SIMPLE SUPERPHOSPHATE UPON CITRUS ROOTSTOCKS FORMATION

As the young tree is the most important input in a orchard formation as well as the output of any nursery activity it should be constantly improved through new technics. This work was carried out in the campus at the Escola Superior de Agricultura de Lavras, Minas Gerais from July 1988 to April 1989 with the objective of evaluating the rangpur lime rootstock until it reached the grafting point in containers where either the soil volume or the simple superphosphate dosages was different. A randomized block design in a 4 x 3 factorial arrangement with 12 treatments and 3 replications was used. Each tratament consisted of the combination of soil volumes (4,1, 7,0, 10,0 and 13,7 dm<sup>3</sup>) and simple superphosphate dosages (640, 1.280 and 5.120 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>). When soil volume of 13,7 dm<sup>3</sup> was combined with dosage of 5.120 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/m<sup>3</sup> the rangpur lime were found to grow the most. When the maximum simples superphosphate dosage was used the rootstocks were found to reach the grafting point in a production traditional system.

ores de nutrientes na matéria seca total e no substrato ocorre -  
ram em função das doses crescentes de superfosfato simples e/ou  
dos volumes limitados de substrato.

The differences found for the total dry matter and soil nutrients were due to the increasing simple superphosphate dosages and/or to the limited soil volumes.

TRABAJOS CITADOS

1. J. D. G. ...

2. ...

3. ...

4. ...

5. ...

6. ...

7. CASTLE, W.S. Root system desenvolvimento in field - and container - grown young citrus trees. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, Orlando, 100: 85-9, Aug. 1988.
8. \_\_\_\_\_; ADAMS, W.G. & DILLEY, R.L. An indoor, container system for producing citrus nursery trees in one year from seed. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, Lake Buena Vista, 92:3-7, Jun. 1980.
9. \_\_\_\_\_ & FERGUSON, J.J. Current status of greenhouse and container production of citrus nursery trees in Florida. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, Miami Beach, 95:42-6, Jun. 1983.
10. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*, 4ª aproximação. Lavras, 1989. 176p.
11. COUTO, F.A. d'. Produção de mudas de mamoeiro e maracujazeiro. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 9(12):15-8, jun. 1983.
12. FONTANEZZI, G.B. da S. Efeitos de micorriza vesicular-arbuscular e do superfosfato simples no crescimento e nutrição de porta-enxertos de citros. Lavras, ESAL, 1989. 105p. (Tese MS).

13. GALLO, J.R.; MOREIRA, S.; RODRIGUEZ, O. & FRAGA JR., C.G.  
Composição inorgânica das folhas de laranjeira 'Baianinha', com referência a época de amostragem e adubação química. *Bragantia*, Campinas, 19(16):229-46, mar. 1960.
14. GOEDERT, W.J. & SOUZA, D.M.G. Uso eficiente de fertilizantes fosfatados. In: SEMINÁRIO P, Ca, Mg, S E MICRONUTRIENTES - situação atual e perspectivas na agricultura, São Paulo, 1986. *Anais...* São Paulo, MANAH, 1986. p.21-53.
15. GOH, K.M. & HAYNES, R.J. Evaluation of potting media for commercial nursery production of container-grown plants. 1. Physical and chemical characteristics of soil and soilless media and their constituents. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, Wellington, 20(3):363-70, Aug. 1977.
16. GOMES, J.M.; BRANDI, R.M.; COUTO, L. & BARROS, N.F. de. Efeitos de recipientes e substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. *Revista Árvore*, Viçosa, 1(2):167-72, 1977.
17. \_\_\_\_\_; PEREIRA, A.R.; REZENDE; G.C. de & MACIEL, L.A.F.  
Efeito do tamanho de recipientes plásticos na formação de florestas de eucaliptos. *Boletim Técnico da Sociedade Brasileira de Investigações Florestais*, Viçosa, 4:1-12, 1981.

18. GOMES, M.P. Um sistema de produtividade. In: SEMANA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DE LAVRAS, 9, Lavras, 1989. **Novas tecnologias para o cultivo de citros.** Lavras, Citrosantos, 1989. n.p.
19. GOMES, P. **Adubos e adubações.** 12.ed. São Paulo, Nobel, 1986. 187p.
20. HANSON, P.J.; DIXON, R.K. & DICKSON, R.E. Effect of container size and shape on the growth of northern red oak. **Hortscience**, Alexandria, 22(6):1293-5, Dec. 1987.
21. INGHAM, D.; MARTIN, C. & CASTRO, B. Container spacing treatments influence temperature fluctuations and holly growth. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Miami, 101:328-31, May 1989.
22. KEEVER, G.J. & COBB, G.S. Effects of container volume and fertility rate on growth of two woody ornamentals. **Hortscience**, Alexandria, 22(5):891-3, Oct. 1987.
23. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_ & REED, R.B. Effects of container dimension and on growth of three woody ornamentals. **Hortscience**, Alexandria, 20(2):276-8, Apr. 1985.
24. LIMA, J.E.O. de. Novas técnicas de produção de mudas cítricas. **Laranja**, Cordeirópolis, 7:463-8, nov. 1986.

25. LIRA, L.M. Efeito de substratos e do superfosfato simples no limoeiro (*Citrus limonia* Osbeck cv Cravo) até a repicagem. Lavras, ESAL, 1990. 86p. (Tese MS).
26. LOPES, A.S. Manual de fertilidade do solo. São Paulo, ANDA/POTAFOS. 1989. 155p.
27. MALAVOLTA, E. Nutrição mineral de plantas. Piracicaba, Pioneira, 1980. 251p.
28. \_\_\_\_\_ & VIOLANTE NETTO, A. Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação dos citros. Piracicaba, POTAFOS, 1989. 153p.
29. MAXWEL, N.P. & LYONS, C.G. A technique for propagating container-grow citrus on sour orange rootstock in Texas. Hortscience, Alexandria, 14(1):56-7, Feb. 1979.
30. MELLO, A.C.G. de. Efeito de recipientes e substratos no comportamento silvicultural de plantas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e do *Eucalyptus wrophylla* S.T. Blake. Piracicaba, ESALQ, 1989. 80p. (Tese MS).
31. MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. Principles of Plant Nutrition. 4.ed. Worblaufen-Bern, 1987. 687p.
32. NICOLI, A.M. Influência de fontes e níveis de fósforo no crescimento e nutrição mineral do limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck) em vasos até a repicagem. Lavras, ESAL, 1982. 100p. (Tese MS).

33. NORMAS de produção de mudas fiscalizadas de citros. In: SEMANA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DE LAVRAS, 9, Lavras, 1989. Novas tecnologias para o cultivo de citros. Lavras, Citrosantos, 1989. n.p.
34. OLSEN, S.R.; BOWMAN, R.A. & WATANABE, F.S. Behavior of phosphorus in the soil and interactions with other nutrients. *Phosphorus in Agriculture*, Paris, 31(70):31-46, Jun. 1977.
35. OSENI, T.O. & FAWUSI, M.O.A. Influence of nursery spacing and plant arrangement on the growth and leaf nutrient content of three citrus rootstock seedlings. *Tropical Agriculture*, Trinidad, 64(1):41-5, Jan. 1987.
36. PEREIRA, A.V. Efeito de tipos e tamanhos de sacos plásticos sobre o desenvolvimento de porta-enxertos de seringueira (*Hevea sp.*). Lavras, ESAL, 1983. 44p. (Tese MS).
37. PLATT, R.G. & OPITZ, K.W. Propagation of citrus. In: REUTHER, W. et alii, ed. *The citrus industry*. Bekerley, University of California, 1973. v.3, p.1-47.
38. PONCE, S.A. & GRIPJMA, P. Ensayo comparativo de cuatro tipos de recipientes para producción de plantas forestales. *Turrialba*, Costa Rica, 20(3):333-43, Jul./Sep. 1970.
39. RAIJ, B. van. *Avaliação da fertilidade do solo*. 2.ed. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato/Instituto Internacional da Potassa, 1983. 142p.

40. RODRIGUEZ, O. Nutrição e adubação dos citros. In: \_\_\_\_\_ & VIÉGAS, F.C.P. *Citricultura Brasileira*. Campinas, Fundação Cargill, 1980. v.2, p.387-428.
41. SANDERSON, K.C. & MARTIN JR., W.C. Performance of woody ornamentals in municipal compost medium under nine fertilizer regimes. *Hortscience*, Alexandria, 9:242-3, Jun. 1974.
42. SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. *Análise química em plantas*. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.
43. SILVA, J.G. da. *Volumes de substrato, níveis e métodos de aplicação de fertilizantes sobre a produção de porta-enxertos de seringueira*. Viçosa, UFV, 1986. 35p. (Tese MS).
44. SILVA, J.U.B. *Efeitos do superfosfato simples e de seus nutrientes no crescimento do limoeiro 'Cravo' (Citrus limonia Osbeck) em vasos, até a repicagem*. Lavras, ESAL, 1981. 100p. (Tese MS).
45. SILVEIRA, A.J. da; SATANA, D.P. & PEREIRA, M.L. Efeito do tamanho do saco plástico e do método de semeadura no desenvolvimento de mudas de café. *Seiva*, Viçosa, 33(77):14-8, 1973.
46. SMITH, P.F. *Citrus nutrition*. In: CHILDERS, N.F., ed. *Nutrition of fruit crops: tropical, sub-tropical, temperate and small fruits*. New Jersey, Somerset Press. 1966. p.174-207.

47. SOUZA, M. de. Efeito do P, K e Ca no crescimento da parte aérea da laranjeira 'Pera Rio' (*Citrus sinensis* L. Osbeck) em Latossolo Vermelho-Escuro fase cerrado. Piracicaba, ESALQ, 1976. 132p. (Tese Doutorado).
48. \_\_\_\_\_. Nutrição e adubação para produzir mudas frutíferas. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 9(102):40-3, jun. 1983.
49. SPOMER, L.A. The effect of container soil volume on plant growth. Hortscience, Alexandria, 17(4):680-1, Aug. 1982.
50. STURION, J.A. Influência do recipiente e do método de semeadura na formação de mudas de *Mimosa scabrella* Benth. Boletim de Pesquisa Florestal, Curitiba, (2):69-78, jun. 1981.
51. TEÓFILO SOBRINHO, J. Propagação dos citros. In: RODRIGUES, O. & VIÉGAS, F.C.P. Citricultura Brasileira. Campinas, Fundação Cargill, 1980. v.1, p.299-318.
52. WATERS, W.E.; LLEWELLYN, W. & SMITH, J. The chemical physical and salinity characteristics of twenty-seven soil media. Proceedings of the Florida State Horticultural Society, Miami, 83:482-8, 1970.
53. WILLIAMSON, J.G. & CASTLE, W.S. A survey of Florida citrus nurseries. The citrus industry, Bartow, 76(3):68-75, Mar. 1990.

54. YEAGER, T.H. & WRIGHT, R.D. Response of *Ilex crenat* Thunb.  
cv. *Helleri* to superphosphate-incorporated pine bark.  
*Hortscience*, Alexandria, 19(7):823-6, Jul. 1984.

APÊNDICE

Este apêndice apresenta os resumos das análises de variância e as médias para componentes químicos, pH, matéria orgânica no substrato; teor de macro e micronutrientes na matéria seca total; peso de matéria seca de raízes, parte aérea e total e valores da rizomassa aos 259 dias após semeadura; incremento em altura, diâmetro dos limoeiros 'Cravo' avaliados em quatro épocas.

Quadro 1A. Resumo da análise de variância para os teores de P, K, Ca, Mg, matéria orgânica e valores de pH, determinados nas amostras de substrato aos 259 dias pós-semeadura - ESAL, Lavras, 1990

F.V.	G.L.	Q.M. e significância					pH
		P (ppm)	K (ppm)	Ca (mg/100cc)	Mg (%)	M.O. (%)	
Blocos	2	1400,69	609,36*	0,9433	0,0058	0,0225**	0,0758
Doses de SS (P)	2	646412,50**	1168,78**	413,2934**	0,0108	0,0233**	0,0008
Volumes de substrato (V)	3	5762,32**	1604,22**	0,4958	0,0721*	0,0070	0,1514
P x V	6	6394,82**	178,33	0,8700	0,0205	0,0026	0,0264
P : V <sub>1</sub>	2	256140,41**					
P : V <sub>2</sub>	2	108294,11**					
P : V <sub>3</sub>	2	174289,00**					
P : V <sub>4</sub>	2	126873,44**					
Erro	22	598,51	108,39	0,9558	0,0180	0,0037	0,0546
C.V. (%)		13,35	18,23	19,78	55,45	3,29	4,56

\* e \*\*, significância aos níveis de 5% e 1% de probabilidade pelo teste de F.

Quadro 2A. Resumo das análises de variância para teores de macronutrientes em porcentagem da matéria seca dos limoeiros 'Cravo', determinados aos 259 dias pós-semeadura - ESAL, Lavras, 1990

F.V.	G.L.	Q.M. e significância					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Blocos	2	0,0101	0,0007	0,0324	0,0856**	0,0003*	0,0000
Doses de SS (P)	2	0,0105	0,0089**	0,4936**	0,9510**	0,0002	0,0540**
Volumes de substrato (V)	3	0,0092	0,0001	0,2003*	0,0843**	0,0002	0,0041**
P x V	6	0,0080	0,0002	0,0655	0,0047	0,0002	0,0001
Erro	22	0,0045	0,0002	0,0514	0,0079	0,0001	0,0006
C.V. (%)		7,24	7,25	16,38	6,84	7,47	15,75

\* e \*\* significância aos níveis de 5 e 1% de probabilidade pelo teste de F.

Quadro 3A. Resumo das análises de variância para teores de micronutrientes em ppm na matéria seca dos limoeiros 'Cravo', determinados aos 259 dias pós-semeadura - ESAL, Lavras, 1990

F.V.	G.L.	Q.M. e significância			
		B	Cu	Mn	Zn
Blocos	2	11,8149	9,0514	13,2603	37,3200
Doses de SS (P)	2	5,3886	4,4983	400,4189**	85,3111*
Volumes de substrato (V)	3	12,1103	9,6357**	251,3256**	18,8105
P x V	6	4,4783	2,4092	117,8654**	37,4924
P : V <sub>1</sub>	2			386,3665**	
P : V <sub>2</sub>	2			5,6133	
P : V <sub>3</sub>	2			79,8896*	
P : V <sub>4</sub>	2			282,1421**	
Erro	22	4,4382	1,3523	21,6669	21,1618
C.V. (%)		10,92	8,67	8,32	21,33

\* e \*\*, significância aos níveis de 5 e 1% de probabilidade pelo teste de F.

Quadro 4A. Resumo das análises de variância para altura e diâmetro do caule à 15 cm do "colum" dos limoeiros 'Cravo' - ESAL, Lavras, 1990

F.V.	G.L.	Q.M. e significância	
		Altura (cm)	Diâmetro (mm)
Blocos	2	101,85*	0,05
Doses de SS (P)	2	8146,66**	49,57**
Volumes de substrato (V)	3	435,95**	2,03**
P x V	6	203,67**	0,88*
P : V <sub>1</sub>	2	1036,71**	7,88**
P : V <sub>2</sub>	2	1565,34**	9,42**
P : V <sub>3</sub>	2	2457,01**	14,26**
P : V <sub>4</sub>	2	3698,60**	20,74**
Erro (a)	22	40,04	0,30
Épocas (E)	3	13853,25**	62,93**
E x P	6	56,19**	1,19*
E : P <sub>1</sub>	3	3736,17**	13,23**
E : P <sub>2</sub>	3	4496,21**	19,31**
E : P <sub>3</sub>	3	5733,25**	32,75**
E x V	9	42,05**	0,04
E : V <sub>1</sub>	3	2565,41**	
E : V <sub>2</sub>	3	3366,14**	
E : V <sub>3</sub>	3	4261,28**	
E : V <sub>4</sub>	3	3786,56**	
E x N x V	18	5,66	0,08
E x Rep.	6	2,98	0,12
Erro (b)	66	4,16	0,06
C.V. % (a)		11,39	10,64
C.V. % (b)		3,67	4,76

\* e \*\*, significância aos níveis de 5 e 1% de probabilidade, pelo teste de F.

Quadro 5A. Resumo das análises de variância para peso de matéria seca de raízes, parte aérea e total e valores da rizomassa dos limoeiros 'Cravo' aos 259 dias pós-  
semeadura - ESAL, Lavras, 1990

F.V.	G.L.	Q.M. e significância			
		Matéria seca (g)			Rizomassa
		Sistema radicular	Parte aérea	Total	
Blocos	2	1,98	16,52	27,16	0,23
Doses de SS (P)	2	136,13**	514,13**	1179,26**	7,46**
Volumes de substrato (V)	3	30,89**	55,25**	154,27**	0,72*
P x V	6	6,64	24,42*	53,89*	0,26
P : V <sub>1</sub>	2		48,68**	101,72*	
P : V <sub>2</sub>	2		78,20**	199,65**	
P : V <sub>3</sub>	2		167,60**	353,21**	
P : V <sub>4</sub>	2		292,92**	686,35**	
Erro	22	3,96	7,48	19,54	0,16
C.V. (%)		19,71	16,68	16,63	12,59

\* e \*\*, significância aos níveis de 5 e 1% de probabilidade pelo teste de F.

Quadro 6A. Médias dos teores de P, K, Ca, Mg e matéria orgânica e dos valores de pH das amostras de substrato aos 259 dias pós-semeadura - ESAL, Lavras, 1990

Volumes de substrato	Doses de SS (g de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /m <sup>3</sup> )	P —— ppm	K ——	Ca —— meq/100cc ——	Mg ——	M.O. (%)	pH
V <sub>1</sub>	640	25,333*	80,667	1,067	0,400	1,900	5,067
	1280	69,333	87,667	1,500	0,300	1,833	5,233
	5120	552,000	63,000	12,533	0,200	1,833	5,000
V <sub>2</sub>	640	23,000	53,000	1,333	0,133	1,833	5,300
	1280	67,333	54,667	1,667	0,100	1,867	5,233
	5120	372,000	41,333	11,067	0,100	1,733	5,400
V <sub>3</sub>	640	23,000	56,000	1,333	0,267	1,900	5,100
	1280	56,000	49,667	1,567	0,233	1,867	5,067
	5120	456,000	48,333	11,567	0,400	1,800	5,067
V <sub>4</sub>	640	37,000	67,000	1,233	0,300	1,900	5,067
	1280	98,667	53,333	2,767	0,300	1,900	4,933
	5120	420,000	30,667	11,667	0,167	1,833	5,033

\* Valores médios obtidos de três repetições.

Quadro 7A. Médias dos teores de macro e micronutrientes na matéria seca dos limoeiros, cultivados em diferentes volumes de substrato com diferentes doses de superfosfato simples (SS) - ESAL, Lavras, 1990

Volumes de substrato	Doses de SS (g de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . m <sup>-3</sup> )	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn
		%									
V <sub>1</sub>	640	0,880*	0,170	1,692	0,992	0,114	0,095	21,575	12,289	57,996	23,549
	1280	0,980	0,183	1,707	1,103	0,118	0,094	21,991	13,942	57,781	21,507
	5120	0,900	0,216	1,321	1,482	0,108	0,207	17,870	12,289	38,233	17,917
V <sub>2</sub>	640	0,953	0,159	1,588	1,071	0,121	0,090	20,440	12,792	54,619	19,466
	1280	0,853	0,195	1,469	1,180	0,122	0,109	19,852	12,649	51,888	21,402
	5120	0,853	0,218	1,217	1,548	0,125	0,215	19,350	12,217	53,109	18,902
V <sub>3</sub>	640	0,953	0,179	1,529	1,064	0,128	0,129	18,734	14,589	61,733	31,645
	1280	0,990	0,178	0,987	1,285	0,113	0,115	18,710	13,223	53,469	19,747
	5120	0,950	0,227	1,188	1,663	0,124	0,242	19,589	12,289	52,247	18,480
V <sub>4</sub>	640	0,990	0,174	1,573	1,156	0,119	0,139	18,685	16,314	74,382	23,619
	1280	0,917	0,187	1,291	1,327	0,112	0,139	17,333	14,014	56,128	20,064
	5120	0,853	0,232	1,039	1,773	0,137	0,255	17,405	14,301	59,577	22,563

\* Valores médios obtidos de três repetições.

Quadro 8A. Médias dos valores de altura e diâmetro à 15 cm do colo dos limoeiros 'Cravo' cultivados em diferentes volumes de substrato e doses de superfosfato simples (SS) - ESAL, Lavras, 1990

Épocas	Volumes de substrato	Doses de SS (g de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /m <sup>3</sup> )	Altura (cm)	Diâmetro (mm)
E <sub>1</sub>	V <sub>1</sub>	640	23,14*	2,87
E <sub>1</sub>	V <sub>1</sub>	1280	26,33	2,97
E <sub>1</sub>	V <sub>1</sub>	5120	38,92	3,93
E <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	640	21,34	2,77
E <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	1280	27,65	3,47
E <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	5120	37,81	3,97
E <sub>1</sub>	V <sub>3</sub>	640	18,60	3,03
E <sub>1</sub>	V <sub>3</sub>	1280	25,71	3,53
E <sub>1</sub>	V <sub>3</sub>	5120	39,67	4,27
E <sub>1</sub>	V <sub>4</sub>	640	19,66	3,17
E <sub>1</sub>	V <sub>4</sub>	1280	31,47	3,80
E <sub>1</sub>	V <sub>4</sub>	5120	47,57	4,37
E <sub>2</sub>	V <sub>1</sub>	640	41,06	4,03
E <sub>2</sub>	V <sub>1</sub>	1280	44,22	4,10
E <sub>2</sub>	V <sub>1</sub>	5120	55,52	5,27
E <sub>2</sub>	V <sub>2</sub>	640	40,64	3,83
E <sub>2</sub>	V <sub>2</sub>	1280	49,99	4,50
E <sub>2</sub>	V <sub>2</sub>	5120	62,46	5,50
E <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	640	37,08	3,70
E <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	1280	48,97	4,53
E <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	5120	63,89	5,80
E <sub>2</sub>	V <sub>4</sub>	640	37,11	3,63
E <sub>2</sub>	V <sub>4</sub>	1280	54,56	4,73
E <sub>2</sub>	V <sub>4</sub>	5120	73,14	6,30
E <sub>3</sub>	V <sub>1</sub>	640	57,20	4,70
E <sub>3</sub>	V <sub>1</sub>	1280	57,79	5,13
E <sub>3</sub>	V <sub>1</sub>	5120	75,67	6,50
E <sub>3</sub>	V <sub>2</sub>	640	56,83	4,77
E <sub>3</sub>	V <sub>2</sub>	1280	66,78	5,67
E <sub>3</sub>	V <sub>2</sub>	5120	82,97	6,77
E <sub>3</sub>	V <sub>3</sub>	640	55,64	4,50
E <sub>3</sub>	V <sub>3</sub>	1280	71,31	5,47
E <sub>3</sub>	V <sub>3</sub>	5120	87,42	7,13
E <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	640	55,52	4,47
E <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	1280	73,59	5,93
E <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	5120	93,60	7,77
E <sub>4</sub>	V <sub>1</sub>	640	59,10	5,50
E <sub>4</sub>	V <sub>1</sub>	1280	59,88	5,77
E <sub>4</sub>	V <sub>1</sub>	5120	78,30	7,37
E <sub>4</sub>	V <sub>2</sub>	640	58,14	5,50
E <sub>4</sub>	V <sub>2</sub>	1280	68,40	6,30
E <sub>4</sub>	V <sub>2</sub>	5120	84,43	7,70
E <sub>4</sub>	V <sub>3</sub>	640	58,60	5,27
E <sub>4</sub>	V <sub>3</sub>	1280	73,33	6,47
E <sub>4</sub>	V <sub>3</sub>	5120	93,07	7,97
E <sub>4</sub>	V <sub>4</sub>	640	58,74	5,33
E <sub>4</sub>	V <sub>4</sub>	1280	76,15	6,87
E <sub>4</sub>	V <sub>4</sub>	5120	97,03	8,67

\* Valores médios obtidos de 12 plantas, em três repetições.

Quadro 9A. Médias dos pesos de matéria seca das raízes, parte aérea e total e dos valores de rizomassa dos limoeiros 'Cravo' aos 259 dias pós-semeadura - ESAL, Lavras, 1990

Volumes de substrato	Doses de SS (g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /m <sup>3</sup> )	Matéria seca (g)			Rizomassa (nota)
		Sistema radicular	Parte aérea	Total	
V <sub>1</sub>	640	6,54*	10,69	17,23	2,50
	1280	7,53	11,25	18,77	2,93
	5120	10,07	17,93	28,00	3,43
V <sub>2</sub>	640	6,81	10,60	17,40	2,30
	1280	10,10	15,82	25,93	3,33
	5120	12,90	20,81	33,71	3,77
V <sub>3</sub>	640	7,05	10,90	17,95	2,27
	1280	8,82	18,15	26,97	2,93
	5120	13,70	25,85	39,55	4,33
V <sub>4</sub>	640	7,94	9,57	17,50	2,77
	1280	11,46	17,01	28,47	3,50
	5120	18,26	29,14	47,40	4,60

\* Valores médios obtidos de seis plantas, em três repetições.

Quadro 10A. Médias mensais das temperaturas máximas, mínimas e médias, e das precipitações durante o período experimental - ESAL, Lavras, 1990

Mês	Ano	Temperatura (°C)			Precipitação (mm)
		Máxima	Mínima	Média	
8	1988	25,2	10,8	17,6	0,0
9	1988	29,1	14,7	21,0	1,7
10	1988	26,2	15,7	20,1	5,5
11	1988	25,5	16,0	20,0	4,9
12	1988	27,7	17,7	21,7	6,1
1	1989	28,1	18,0	21,9	8,7
2	1989	28,5	18,5	22,3	11,8
3	1989	28,6	17,8	22,0	8,2
4	1989	28,0	16,5	21,2	1,5



27

... ..  
... ..  
... ..

Time	Temp. (°C)	Humidity (%)	Wind (km/h)	Direction	Remarks
08:00	10.8	1.8			
09:00	14.7	2.0			
10:00	15.7	2.1			
11:00	16.0	2.2			
12:00	17.7	2.3			
13:00	18.0	2.4			
14:00	18.2	2.5			
15:00	17.8	2.6			
16:00	16.2	2.7			