



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

PEDRO ANTONIO MARTINS AULER

**PREPARO DO SOLO, CALAGEM E PORTA-ENXERTOS
PARA O CULTIVO DE LARANJEIRA 'VALÊNCIA'**

Londrina
2010

PEDRO ANTONIO MARTINS AULER

**PREPARO DO SOLO, CALAGEM E PORTA-ENXERTOS
PARA O CULTIVO DE LARANJEIRA ‘VALÊNCIA’**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientadora: Profa. Dra. Carmen S. V. J. Neves
Co-orientador: Dr. Marcos Antonio Pavan

Londrina
2010

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

A924p Auler, Pedro Antonio Martins.

Preparo do solo, calagem e porta-enxertos para o cultivo de laranja 'Valência'/
Pedro Antonio Martins Auler. – Londrina, 2010.
166 f. : il.

Orientador: Carmen Silvia Vieira Janeiro Neves.

Co-orientador: Marcos Antonio Pavan.

Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de
Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2010.

Inclui bibliografia.

1. Frutas cítricas – Cultivo – Teses. 2. Enxertia – Frutas cítricas – Teses. 3.
Frutas cítricas – Produção – Teses. 4. Solos – Manejo – Teses. 3. Calagem do solo –
Teses. 4. Porta-enxertos – Teses. I. Neves, Carmen Silvia Vieira Janeiro. II. Pavan,
Marcos Antonio. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências
Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU 634.3

PEDRO ANTONIO MARTINS AULER

**PREPARO DO SOLO, CALAGEM E PORTA-ENXERTOS PARA O
CULTIVO DE LARANJEIRA ‘VALÊNCIA’**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Agronomia, da Universidade Estadual de
Londrina, como requisito parcial à obtenção do
título de Doutor em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Tavares Filho
UEL – Londrina – PR

Profa. Dra. Inês Cristina de Batista Fonseca
UEL – Londrina – PR

Dra. Neusa Maria Colauto Stenzel
IAPAR – Londrina – PR

Ph.D. Dirceu de Mattos Junior
IAC

Prof. Dr. Cássio Antonio Tormena
UEM – Maringá – PR

Prof. Dr. Renato Vasconcelos Botelho
UNICENTRO

Profa. Dra. Carmen S. V. J. Neves
UEL – Londrina – PR

Londrina, 30 de junho de 2010.

DEDICATÓRIA

Ao meus queridos pais José Octávio Costa Auler e especialmente à minha mãe Maria Conceição Martini Auler (in memoriam) pelo amor dedicado à família e exemplo de fé em Deus.

À minha esposa Terezinha Marques de Oliveira Auler pelo incentivo na realização deste curso.

AGRADECIMENTOS

Ao IAPAR representado por sua Diretoria Técnica e Científica, Diretoria de Gestão de Pessoas e Área de Fitotecnia, pela licença concedida, oportunidade de realizar este curso e também pela concordância com a utilização de dados obtidos em projeto institucional.

À Universidade Estadual de Londrina e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias pela oportunidade de realização deste curso.

À Professora Carmen Neves pela dedicada orientação e apoio.

Ao Pesquisador Marcos Pavan pela co-orientação e sua colaboração no planejamento e implantação do experimento utilizado nesta tese.

Ao Pesquisador Jonez Fidalski pela sua participação na equipe deste projeto e pelas análises físicas de solo realizadas na etapa final.

Aos nossos colaboradores citricultores Sr. Gilberto Pratinha e Sr. Antonio Pratinha, pela cessão da área experimental, apoio operacional e financeiro na condução do experimento e disponibilização de mão-de-obra nas colheitas para avaliação da produção. A partir de 2007 a propriedade foi assumida pelo Sr. Francisco Razente, a quem também agradecemos o apoio durante as avaliações finais.

Aos Técnicos do IAPAR de Paranavaí Alípio Rocha de Menezes, Paulo Manoel de Lima e mais recentemente Wilson Schvieczski pelo auxílio nas avaliações realizadas. Ao Técnico do IAPAR de Londrina Wandayr Corrêa pelo auxílio nas análises de qualidade do fruto.

À Administração e aos funcionários da Estação Experimental do IAPAR de Paranavaí, Paulo Antonio dos Santos, Laurindo Bonsamini, Marins Pereira, Alceu Burkot, Luiz Barros e outros mais pelo apoio durante vários anos nas avaliações realizadas.

A José Carlos Gomes da Área de Biometria do IAPAR e à Professora Inês Fonseca da UEL pelo auxílio na realização das análises estatísticas, e também ao Pesquisador Nelson Fonseca do IAPAR pelo apoio com o programa estatístico SAS.

À Pesquisadora Maria Brígida, à Izabel Florentino e mais recentemente à Cíntia Kitzberger do Laboratório de Ecofisiologia do IAPAR pela realização das análises qualitativas de frutos e também ao Professor Fábio Yamashita da UEL pelo auxílio em avaliação dos frutos realizada em 2008.

Aos Pesquisadores Neusa Stenzel, Sergio Carvalho, Zuleide Tazima, Rui Leite e Eduardo Fermino, participantes do Programa de Fruticultura do IAPAR, que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

À Cleonice Contini da Área de Desenvolvimento de Pessoal, pela atenção dispensada durante o período de licença para realização deste curso.

Ao ex-Pesquisador do IAPAR Professor Ângelo Pedro Jacomino, pela contribuição na instalação deste experimento.

Às Bibliotecas do IAPAR e da UEL pelo apoio na busca de livros e periódicos.

Ao Laboratório de Solos do IAPAR pelas análises químicas de solo e folha realizadas.

À Fundação Araucária pelo apoio financeiro concedido.

AULER, Pedro Antonio Martins. **Preparo do solo, calagem e porta-enxertos para o cultivo de laranja ‘Valência’**. 2010. 166 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010.

RESUMO

Há necessidade de desenvolvimento de tecnologias apropriadas para o cultivo de citros na região Noroeste do Paraná, área de ocorrência de solos da Formação Arenito Caiuá, de baixa fertilidade e grande suscetibilidade à erosão. O objetivo deste trabalho foi avaliar duas formas de preparo do solo e da calagem sobre o desenvolvimento, a produção, a nutrição, o sistema radicular e a qualidade dos frutos de laranja ‘Valência’ enxertada em diferentes porta-enxertos. O experimento foi instalado em área ocupada por pastagem com grama mato-grosso (*Paspalum notatum*), em Latossolo Vermelho Escuro textura arenosa/média, localizada no município de Nova Esperança, com clima subtropical, temperatura média anual de 22 °C e precipitação anual de 1400 mm. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, no esquema de parcela sub-subdividida, com três repetições e três plantas úteis por parcela. Nas parcelas foi estudado o preparo do solo, convencional (PC) e em faixa (PF); nas subparcelas a adição e não de calcário; e nas sub-subparcelas seis porta-enxertos: limoeiros ‘Cravo’ (*Citrus limonia*) e ‘Volkameriano’ (*Citrus volkameriana*), tangerineiras ‘Cleópatra’ (*Citrus reshni*) e ‘Sunki’ (*Citrus sunki*), citrangeiro (*Poncirus trifoliata* x *Citrus sinensis*) e trifoliata (*Poncirus trifoliata*). Como variedade copa foi utilizada a laranja ‘Valência 718’ (*Citrus sinensis*), plantada em janeiro de 1994, no espaçamento de 7 x 4 m. Foi utilizado calcário dolomítico no tratamento com calagem, que recebeu 3 t ha⁻¹ antes da implantação e 1,65 t ha⁻¹ em 1998. Em 15 anos foram avaliadas as seguintes variáveis: nutrição, raízes, produção e qualidade de frutos, desenvolvimento vegetativo, eficiência de produção e sobrevivência das plantas, além dos atributos químicos e físicos do solo e a cobertura vegetal das entrelinhas. O limoeiro ‘Cravo’ mostrou-se pouco adaptado para ser utilizado em pomar implantado com o preparo do solo em faixa, em área originalmente ocupada com grama mato-grosso, mantendo essa gramínea nas entrelinhas das laranjeiras. A resposta das laranjeiras em produção de frutos ao uso da calagem foi significativa quando enxertada em trifoliata e citrange e não significativa nos demais porta-enxertos. Em trifoliata, em 12 safras, a calagem aumentou em 26,4% a produção. A densidade de raízes desse porta-enxerto respondeu positivamente aos teores de Ca e Mg e negativamente aos teores de Al no solo. A tangerineira ‘Cleópatra’ induziu maior volume de copa, equivalente à ‘Sunki’ e superior aos demais porta-enxertos. Em 11 safras avaliadas, ‘Cravo’, ‘Cleópatra’, ‘Sunki’ e citrange foram equivalentes em produção de frutos por planta e superiores ao trifoliata e ‘Volkameriano’. Porém, na presença de calagem, o trifoliata induziu a maior eficiência de produção, equivalente ao citrange e superior aos demais porta-enxertos. O trifoliata proporcionou também maior índice tecnológico aos frutos, equivalente às tangerineiras e superior aos limoeiros. Todos os teores foliares de nutrientes avaliados foram influenciados pelos porta-enxertos, que induziram diferenças marcantes no padrão nutricional das laranjeiras. Aos 13 anos após o plantio, a sobrevivência de plantas sobre ‘Cravo’ foi de 69,5% e em ‘Cleópatra’ foi de 100%. Esses e outros resultados obtidos são apresentados e discutidos.

Palavras-chave: Citros. Produção. Estado nutricional. Raízes. Manejo de solo.

AULER, Pedro Antonio Martins. **Soil preparation, liming and rootstocks for the ‘Valencia’ orange tree cultivation**. 2010. 166 f. Thesis (Doctorate in Agronomy) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010.

ABSTRACT

There is a need of development of appropriate technologies for citrus cultivation in the Northwest of Paraná State, in Brazil, an area with soils originated from Caiuá sandstone, which has low fertility and great susceptibility to erosion. The objective of this work was to evaluate two systems of soil preparation and liming on the development, production, nutrition, roots and fruit quality of the ‘Valencia’ orange grafted on different rootstocks. The experiment was established in a field originally occupied by *Paspalum notatum* grass, in a Typic Haplorthox soil, in Nova Esperança municipality, with subtropical climate, annual medium temperature of 22 °C and annual precipitation of 1400 mm. The experiment was set up in a complete randomized blocks design with three replications in a split-split plot arrangement, with three useful plants for plot. The main plots were used to study soil preparation, comparing conventional preparation in the whole area (CP) against just in strip, a minimum soil preparation system (SP); in the split plot, the addition, and not, of limestone; and in the split split plot, six rootstocks: ‘Rangpur’ lime (*Citrus limonia*) and ‘Volkameriana’ lemon (*Citrus volkameriana*), ‘Cleopatra’ (*Citrus reshni*) and ‘Sunki’ (*Citrus sunki*) mandarins, citrangeiro (*Poncirus trifoliata* x *Citrus sinensis*) and trifoliata (*Poncirus trifoliata*). The scion was ‘Valencia 718’ orange trees (*Citrus sinensis*), planted in January of 1994, in 7 x 4 m spacing. Dolomite limestone was used in the treatment with liming that received 3 t ha⁻¹ before the implantation and 1.65 t ha⁻¹ in 1998. In 15 years the following variables were evaluated: nutrition, roots, production and fruit quality, vegetative development, yield efficiency and plant survival, besides of the soil chemical and physical attributes and the inter-row weed covering. The ‘Rangpur’ lime was considered little adapted to be used in orchard implanted with soil preparation in strip, in a field originally occupied by *P. notatum* grass. The response in fruit yield to the use of liming was significant higher in trees on trifoliata and citrange and not significant in other rootstocks. In trifoliata, in 12 crops, the liming increased 26.4% of fruit yield. The root density of these rootstocks responded positively to Ca and Mg levels and negatively to Al levels in the soil. The ‘Cleopatra’ mandarin induced larger cup canopy volume, equivalent to ‘Sunki’ and larger than the other rootstocks. In 11 evaluated crops, the production of fruits for plants on ‘Cravo’, ‘Cleopatra’, ‘Sunki’ and citrange was larger than in trifoliata and ‘Volkameriana’. However, under liming treatment, the trifoliata induced the largest yield efficiency, equivalent to the citrange and larger than the other rootstocks. The trifoliata also provided larger technological index to the fruits, equivalent to the mandarins and larger than in ‘Rangpur’ and ‘Volkameriana’. All the evaluated nutrients were influenced by the rootstocks that induced outstanding differences in the nutrition pattern of orange trees. Thirteen years after the planting, the survival of plants on ‘Rangpur’ was 69.5% and 100% on ‘Cleopatra’. These and other obtained results are presented and discussed.

Keywords: Citrus. Yield. Nutrition. Roots. Soil management.

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO DE LITERATURA

- Figura 1** – Impacto ambiental provocado por erosão severa em pomar de laranja recém implantado com preparo convencional do solo, com revolvimento e exposição do solo em área total, pela remoção da cobertura vegetal original ao longo de toda a encosta, em solo da Formação Arenito Caiuá, Paranaíba, PR, 1992 19
- Figura 2** – Preparo do solo em faixa para implantação de pomar de laranja com revolvimento do solo apenas nas faixas de plantio, mantendo as entrelinhas vegetadas com a cobertura vegetal original, em solos da Formação Arenito Caiuá, Paranaíba, PR, 2003. 23

ARTIGO B

- Figura 1** – Esquema da coleta das amostras de raízes, abril de 2008. P₁ e P₂: repetições do local de coleta “limite da projeção da copa”; C₁ e C₂: repetições do local de coleta “sob a copa”..... 111
- Figura 2** – Densidade de raízes de laranja ‘Valência’ sobre três porta-enxertos, em quatro profundidades e dois locais de amostragem. Dentro de cada profundidade, médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$); *(interação significativa para calagem x porta-enxertos)..... 120
- Figura 3** – Densidade de raízes de laranja ‘Valência’ sobre três porta-enxertos, em dois locais de amostragem, soma das médias das profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm do solo..... 121
- Figura 4** – Densidade de raízes de laranja ‘Valência’ sobre os porta-enxertos ‘Cravo’, ‘Cleópatra’ e trifoliata, em quatro profundidades do solo, no limite da projeção da copa das plantas. Dentro de cada profundidade médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$)..... 123
- Figura 5** – Densidade de raízes de laranja ‘Valência’ sobre os porta-enxertos ‘Cravo’, ‘Cleópatra’ e trifoliata, em quatro profundidades do solo, sob a copa das plantas. Dentro de cada profundidade, médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$). 124

- Figura 6** – Teores de Ca, Mg e Al do solo em quatro profundidades no limite da projeção da copa e sob a copa de plantas de laranja ‘Valência’, sob o emprego (C Cal) ou não de calagem (S Cal), abril de 2008. Dentro de cada profundidade e local de amostragem, médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si ($F P \leq 0,05$)..... 130
- Figura 7** – Curvas de regressão entre as variáveis densidade de raízes de laranja ‘Valência’ enxertada no porta-enxerto trifoliata e teores de Ca, Mg e Al no solo, selecionadas a partir de correlações simples significativas entre essas variáveis..... 132
- Figura 8** – Curva de regressão entre as variáveis densidade de raízes (média das profundidades do solo de 10-20 a 40-60 cm) e os teores foliares de Mg em 2007 em plantas de laranja ‘Valência’ enxertadas em trifoliata. Variáveis selecionadas a partir de correlações simples significativas entre essas variáveis..... 135
- Figura 9** – Curvas de regressão entre as variáveis produção de frutos e teores foliares de Ca e Mg de 2007 em plantas de laranja ‘Valência’ enxertadas em trifoliata e ‘Cleópatra’. Variáveis selecionadas a partir de correlações simples significativas entre essas variáveis. 137

LISTA DE TABELAS

ARTIGO A

Tabela 1 –	Atributos químicos do solo antes da implantação do experimento (setembro de 1993).	56
Tabela 2 –	Taxa de cobertura do solo de diferentes espécies presentes nas entrelinhas de pomar de laranja ‘Valência’, sob duas formas de preparo do solo, emprego e não de calagem e seis porta-enxertos, novembro de 2007.....	61
Tabela 3 –	Taxa de cobertura do solo com diferentes espécies presentes nas entrelinhas de pomar de laranja Valência sob duas formas de preparo do solo (PS) e calagem (Cal), novembro de 2007.	62
Tabela 4 –	Taxa de cobertura do solo com diferentes espécies presentes nas entrelinhas de pomar de laranja ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo (PS) e diferentes porta-enxertos.....	63
Tabela 5 –	Atributos químicos do solo em pomar de laranja ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo (PS) e emprego e não de calagem, médias do período de 1998 a 2001 e de 2007, coletado a 0-20 cm de profundidade no centro das entrelinhas.	65
Tabela 6 –	Atributos químicos do solo em pomar de laranja ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo e emprego e não de calagem, médias do período de 1998 a 2001 e de 2007, coletado a 0-20 cm de profundidade no limite da projeção das copas.	66
Tabela 7 –	Atributos químicos do solo em pomar de laranja ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo (PS), com e sem calagem (Cal), a 0-20 cm de profundidade, no centro das entrelinhas, em 2007.....	66
Tabela 8 –	Atributos químicos do solo em pomar de laranja ‘Valência’ sobre diferentes porta-enxertos, média do período de 1998 a 2001.	67
Tabela 9 –	Densidade (Ds), porosidade total (Pt), macro e microporosidade do solo sob duas formas de preparo do solo (PS), emprego e não de calagem (Cal), coletado em quatro profundidades no limite da projeção das copas das laranjeiras, em fevereiro de 2009.	70

Tabela 10 – Atributos físicos do solo submetido a duas formas de preparo do solo (PS) na presença e ausência de calagem (Cal), coletado no limite da projeção das copas das laranjeiras, em fevereiro de 2009.	71
Tabela 11 – Produção anual de frutos de laranjeira ‘Valência’ submetida a duas formas de preparo do solo, emprego e não de calagem, em seis porta-enxertos, Nova Esperança, PR.	72
Tabela 12 – Produção acumulada de frutos de laranjeira ‘Valência’ submetida a duas formas de preparo do solo, emprego e não de calagem e seis porta-enxertos, Nova Esperança, PR.	73
Tabela 13 – Produção de frutos de laranjeira ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo (PS) e seis porta-enxertos (PE).	75
Tabela 14 – Produção de frutos de laranjeira ‘Valência’ sob o emprego e não de calagem (Cal) e seis porta-enxertos (PE).	76
Tabela 15 – Produção de frutos de laranjeira ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo (PS) na presença e ausência de calagem (Cal).	77
Tabela 16 – Produção acumulada de frutos de laranjeira ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo (PS), na presença e ausência de calagem (Cal) e seis porta-enxertos (PE), período de 2000 a 2007.	81
Tabela 17 – Desenvolvimento vegetativo de laranjeira ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo, emprego e não de calagem e seis porta-enxertos, média dos anos de 1999, 2003, 2004 e 2007 e em 2007.	83
Tabela 18 – Diâmetro médio da copa de laranjeira ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo (PS) e seis porta-enxertos (PE), 2007.	84
Tabela 19 – Diâmetro médio da copa de laranjeira ‘Valência’ sob o emprego e não de calagem (Cal) e seis porta-enxertos (PE), 2007.	84
Tabela 20 – Teores foliares de nutrientes em laranjeira ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo e emprego e não de calagem, médias dos anos de 1998 a 2001 e do ano de 2007.	86
Tabela 21 – Teores foliares de nutrientes em laranjeira ‘Valência’ em seis porta-enxertos, médias dos anos de 1998, 1999, 2000, 2001 e 2007.	87
Tabela 22 – Eficiência de produção de frutos de laranjeira ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo, emprego e não de calagem e seis porta-enxertos.	89

Tabela 23 – Eficiência de produção de frutos de laranjeira ‘Valência’ sob o emprego ou não de calagem (Cal) e seis porta-enxertos (PE).....	90
Tabela 24 – Eficiência de produção de frutos de laranjeira ‘Valência’ submetida a duas formas de preparo do solo (PS) na presença e ausência de calagem (Cal).....	91
Tabela 25 – Massa de frutos de laranjeira ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo, emprego e não de calagem e seis porta-enxertos.	93
Tabela 26 – Índices de qualidade do fruto de laranjeira ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo, emprego e não de calagem e seis porta-enxertos, médias dos anos de 2002, 2004, 2005 e 2007.....	95
Tabela 27 – Acidez (ATT) de frutos de laranjeira ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo (PS) na presença e ausência de calagem (Cal) e seis porta-enxertos (PE), médias dos anos de 2002, 2004, 2005 e 2007.	96
Tabela 28 – <i>Ratio</i> de frutos de laranjeira ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo (PS) na presença e ausência de calagem (Cal) e seis porta-enxertos (PE), médias dos anos de 2002, 2004, 2005 e 2007.....	97
Tabela 29 – Índice tecnológico (IT) de frutos de laranjeira ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo (PS) na presença e ausência de calagem (Cal) e seis porta-enxertos (PE), médias dos anos de 2002, 2004, 2005 e 2007.....	98
Tabela 30 – Rendimento industrial (RI) de frutos de laranjeira ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo (PS), na presença e ausência de calagem (Cal) e seis porta-enxertos (PE), médias dos anos de 2002, 2004, 2005 e 2007.....	100
Tabela 31 – Sobrevivência de plantas de laranjeira ‘Valência’ em seis porta-enxertos aos 13 anos após o plantio, Nova Esperança, PR, 2007.....	102
 ARTIGO B	
Tabela 1 – Atributos químicos do solo antes da implantação do experimento (setembro de 1993).	109
Tabela 2 – Produção de frutos de laranjeira ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo, com e sem calagem e três porta-enxertos.....	114

Tabela 3 –	Produção acumulada de frutos de laranjeira ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo (PS) e três porta-enxertos (PE), período de 1996 a 2008.....	115
Tabela 4 –	Produção de frutos de laranjeira ‘Valência’ submetida a tratamentos com e sem calagem (Cal) e diferentes porta-enxertos (PE).....	116
Tabela 5 –	Massa seca de raízes (MSR) de laranjeira ‘Valência’ sob dois preparos de solo, emprego e não de calagem e três porta-enxertos, em quatro profundidades do solo e dois locais de amostragem, em abril de 2008.....	119
Tabela 6 –	Coefficientes de correlações lineares simples (r^y) entre as variáveis massa seca de raízes (MSR) de laranjeira ‘Valência’ em três porta-enxertos com os atributos químicos do solo, em quatro profundidades (cm); da MSR com os teores foliares de Ca e Mg e produção de frutos, e dos teores foliares de Ca e MG de 2007 com a produção de frutos.....	125
Tabela 7 –	Atributos químicos do solo sob o emprego e não de calagem em pomar de laranjeira ‘Valência’, em quatro profundidades do solo e em dois locais de amostragem, abril de 2008.....	127
Tabela 8 –	Teores foliares de Ca e Mg em laranjeira ‘Valência’ submetida a duas formas de preparo do solo, com e sem calagem e diferentes porta-enxertos, nos anos de 2007 e 2008.....	133
Tabela 9 –	Teores foliares de Ca e Mg em laranjeira ‘Valência’ em diferentes porta-enxertos na ausência e presença de calagem, no ano de 2007.	134
Tabela 10 –	Atributos físicos e químicos do solo em pomar de laranjeira ‘Valência’ submetido a duas formas de preparo do solo, avaliados, respectivamente, em fevereiro de 2009 e abril de 2008.....	138
Tabela 11 –	Atributos químicos do solo na profundidade de 10-20 cm em pomar de laranjeira ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo (PS), emprego e não de calagem (Cal) e seis porta-enxertos (PE), coletado sob a copa das plantas em abril de 2008.....	140
Tabela 12 –	Massa seca de raízes (MSR) de laranjeira ‘Valência’ sobre três porta-enxertos (PE), na profundidade de 20-40 cm do solo, sob a copa, em pomar submetido a duas formas de preparo do solo (PS), abril de 2008.....	140

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 IMPORTÂNCIA DA CITRICULTURA NO BRASIL E NO PARANÁ.....	18
2.2 PREPARO DO SOLO NA IMPLANTAÇÃO DE POMARES.....	19
2.3 IMPORTÂNCIA DA CALAGEM NA CITRICULTURA	24
2.3.1 Respostas das Laranjeiras à Calagem	27
2.3.2 Tolerância de Porta-enxertos à Acidez e ao Alumínio	31
2.4 PORTA-ENXERTOS PARA A LARANJEIRA ‘VALÊNCIA’	33
2.4.1 A Laranjeira ‘Valência’	33
2.4.2 Seleção e Diversificação de Porta-enxertos.....	34
2.4.3 Principais Características dos Porta-enxertos Utilizados	36
2.4.4 Influência Sobre o Crescimento, Produção e Qualidade dos Frutos	38
2.4.5 Influência Sobre a Nutrição	44
2.5 O SISTEMA RADICULAR DAS PLANTAS CÍTRICAS.....	45
3 ARTIGO A– DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS DE LARANJEIRA ‘VALÊNCIA’ EM SEIS PORTA-ENXERTOS, SOB DIFERENTES PREPAROS DE SOLO E CALAGEM	52
3.1 RESUMO E ABSTRACT.....	52
3.2 INTRODUÇÃO.....	53
3.3 MATERIAL E MÉTODOS	55
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
3.5 CONCLUSÕES.....	104
4 ARTIGO B – CRESCIMENTO RADICULAR E PRODUÇÃO DE LARANJEIRA ‘VALÊNCIA’ EM TRÊS PORTA-ENXERTOS, SOB DIFERENTES PREPAROS DE SOLO E CALAGEM	106
4.1 RESUMO E ABSTRACT.....	106
4.2 INTRODUÇÃO.....	107
4.3 MATERIAL E MÉTODOS	109
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	113

4.5 CONCLUSÕES.....	142
5 CONCLUSÕES GERAIS.....	144
REFERÊNCIAS	146
APÊNDICES	162
APÊNDICE A – Esquema da análise de variância	163
APÊNDICE B – Croqui da área experimental	164
ANEXOS	165
ANEXO A – Dados de precipitação e temperatura	166

1 INTRODUÇÃO

Com uma área de 31.300 ha, o cultivo de citros está em ampliação no Paraná (ANDRADE, 2009), onde representa relevante importância socioeconômica para muitos municípios. Paranavaí, onde os primeiros pomares foram implantados a partir de 1986, congrega junto com outros municípios vizinhos da região Noroeste, o principal pólo de produção de laranja do Estado, estruturado em torno de duas indústrias de suco concentrado.

Praticamente toda esta região do Paraná é ocupada por solos originados da Formação Arenito Caiuá, caracterizados por baixos teores de argila, baixa reserva de nutrientes minerais e baixa resistência à erosão hídrica (EMBRAPA, 1984) e sujeita à ocorrência de chuvas com alto potencial erosivo (RUFINO, 1996). Como resultado do seu manejo inadequado, esses solos apresentam baixos teores de matéria orgânica e baixa fertilidade (FIDALSKI, 1997), de forma que a adoção de técnicas de manejo apropriadas a este ambiente se torna fundamental para garantir sustentabilidade aos pomares implantados nesta região (CINTRA et al., 1983; MUZILLI, 1991).

Na busca de alternativas ao preparo do solo convencional utilizado na implantação de pomares e de seu efeito sobre o aumento da erosão hídrica do solo foi proposto o preparo do solo em faixa (RUFINO et al., 1992), um tipo de preparo mínimo que restringe a 30% o revolvimento do solo, mantendo o restante da área sob cobertura vegetal original. Resultados publicados sobre a avaliação desse sistema demonstraram que a produção de frutos de pomares de laranjeira implantados com essa forma de preparo do solo foi equivalente à obtida com o preparo do solo convencional (AULER et al., 2008a), sem comprometer as condições físicas do solo (FIDALSKI et al., 2009), em pomares implantados em áreas de pastagem, que ocupam 70% das terras desta região. A proteção do solo com o uso de plantas de cobertura vegetal é, isoladamente, a prática mais eficiente de controle da erosão (DEDECEK et al., 1986), pois além de evitarem o impacto desagregador das gotas de chuva sobre a superfície do solo, mantém ativa a infiltração de água pela preservação de sua estrutura física (VIEIRA, 1994).

Entretanto, como as plantas de citros exigem condições adequadas de pH e disponibilidade de cálcio e magnésio, existe a necessidade de avaliar a prática da calagem frente a essa nova forma de preparo do solo, já que, neste caso, a incorporação do calcário é realizada apenas na faixa de plantio, permanecendo em superfície na entrelinha, enquanto que, tradicionalmente, se recomenda a incorporação em área total (MALAVOLTA; VIOLANTE

NETO, 1989). Deve-se considerar ainda que existem diferenças de comportamento entre porta-enxertos quanto à tolerância à acidez dos solos e sua resposta à calagem (PAVAN; JACOMINO, 1998), tornando-se importante verificar como os porta-enxertos respondem a esses fatores frente às condições edafoclimáticas regionais.

A laranja ‘Valência’ é uma das principais variedades plantadas nas regiões Norte e Noroeste do Estado e grande parte dos pomares com essa variedade utilizam como porta-enxerto o limoeiro ‘Cravo’, fato que preocupa, haja vista os riscos oferecidos por problemas que afetam esse porta-enxerto, como o declínio e a morte súbita dos citros (POMPEU JUNIOR, 2005). Há, portanto, necessidade de diversificação dos porta-enxertos na citricultura, cujas recomendações devem estar baseadas em pesquisas regionais, pois alguns estudos desenvolvidos nestas condições edafoclimáticas do Paraná com laranjeira ‘Valência’ (AULER, et al. 2008b) e outras variedades (STENZEL et al., 2005) têm encontrado resultados diferentes daqueles obtidos em outras regiões tradicionais de produção (POMPEU JUNIOR et al., 1981; STUCHI et al., 2000).

Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de duas formas de preparo do solo e da calagem sobre a nutrição, o sistema radicular, o crescimento, a produção e a qualidade dos frutos de laranjeira ‘Valência’ enxertada em diferentes porta-enxertos. Os resultados poderão ou não confirmar as seguintes hipóteses: a) se o preparo do solo em faixa garantir níveis adequados de produção das plantas, ao menos equivalentes ao preparo convencional, então essa forma de preparo se mostrará mais adequado para utilização na região em estudo, onde a implantação de pomares através do preparo convencional expõe o solo a sérios riscos de erosão, além de onerar os custos de implantação; b) se existem diferenças entre os porta-enxertos quanto à resposta dos mesmos aos atributos do solo alterados pela calagem e a outras condições de solo e clima regionais, então é possível, a partir dos resultados obtidos, identificar aqueles que são mais adaptados a essas condições, assim como, contribuir na definição de manejos mais específicos e apropriados para cada porta-enxerto, visando, ao mesmo tempo, fornecer condições para um melhor aproveitamento do seu potencial produtivo e a racionalização no uso de insumos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA DA CITRICULTURA NO BRASIL E NO PARANÁ

A citricultura engloba a produção de laranjas, tangerinas, limas e limões. A laranja é a principal espécie desse grupo e a quinta fruta mais produzida no mundo com um volume de produção de aproximadamente 65 milhões de toneladas em 2008. O Brasil e os Estados Unidos são os dois principais produtores e têm na produção de suco de laranja a sua principal atividade. Em 2008 o Brasil colheu 18,5 milhões de toneladas, liderando a produção mundial de frutos e de suco concentrado (ANDRADE, 2009). Na safra 2007/2008 as exportações de suco de laranja pelo Brasil geraram divisas da ordem de US\$ 2,025 bilhões, segundo dados da Secex - Secretaria de Comércio Exterior (TODA FRUTA, 2008).

A laranja é a principal fruta produzida no Brasil e em 2008 respondeu por 43,4% do volume total da fruticultura nacional. São Paulo é o principal produtor, com uma colheita de 14,5 milhões de toneladas, o que representa 78,4% do volume em relação aos demais Estados (ANDRADE, 2009). Em 2007 o Paraná foi o quinto maior produtor de laranja e o segundo em produção de tangerinas do Brasil, respectivamente com 2,7% e 22% de participação na produção nacional (IBGE, 2007).

Em 2008 a citricultura paranaense registrou uma área de 31.300 ha com o cultivo de laranjas e tangerinas e, em menor escala, com a lima ácida 'Tahiti'. A produção de laranja se concentra principalmente nas regiões Noroeste e Norte do Estado e a produção de tangerina na região Leste, especificamente no Alto Ribeira. Na safra 2007/2008 a citricultura representou 51,1% do volume de frutas produzidas no Paraná, o que correspondeu a apenas 2% do valor bruto da produção de um total de R\$ 41,4 bilhões gerado pelo conjunto da agropecuária paranaense (ANDRADE, 2009). Entretanto, essa atividade representa relevante importância socioeconômica para dezenas de municípios, nos quais se constitui na atividade principal de milhares de produtores, além de gerar também milhares de empregos.

A citricultura da região Noroeste teve início por volta de 1986, como resultado de ação planejada pelo poder público estadual com programa iniciado em 1978. Contornar os problemas relacionados com o cancro cítrico por meio de pesquisas realizadas pelo IAPAR (LEITE JUNIOR, 1990) e estabelecer as bases tecnológicas para o cultivo de citros nesta região (IAPAR, 1992) e, a partir de 1986, a parceria firmada com o setor privado

representado pela cooperativa COCAMAR, foram fundamentais para o estabelecimento deste pólo citrícola (TORMEM, 2007). Posteriormente, o cultivo de laranjas se expandiu para as regiões Norte e Oeste e atualmente a citricultura presente no conjunto dessas regiões está baseada na presença de três agroindústrias de produção de suco concentrado e conta com o projeto de mais duas indústrias de processamento da fruta em fase de planejamento para instalação. Portanto, apesar da mais recente ameaça representada pela presença da doença huanglongbing (HLB), o cultivo de laranjas nessas regiões está em ampliação, onde ocupa atualmente uma área de 20.200 ha (ANDRADE, 2009; FOLHA RURAL, 2010) e a atividade caracteriza-se por apresentar bom nível de organização, uso de tecnologia e bons índices de produtividade. Cerca de 90% da produção destina-se à produção de suco concentrado e o restante ao mercado de frutas frescas, que atende aproximadamente 30% do comércio estadual e também é exportada para diversos Estados brasileiros.

Por sua vez, o cultivo de tangerinas em Cerro Azul e municípios vizinhos localizados no Alto Ribeira teve início há mais de 80 anos e conta com uma área aproximada de 10.400 ha (ANDRADE, 2009), constituindo-se num dos principais pólos de produção nacional, onde Cerro Azul aparece como o município com a maior área cultivada (5.500 ha) de tangerinas do Brasil (IBGE, 2007). Caracteriza-se por apresentar, predominantemente, um sistema de produção caracterizado por baixo nível tecnológico, pequenas áreas e mão-de-obra familiar. Toda produção é comercializada *in natura* e destinada para o mercado interno do Paraná e outros Estados.

2.2 PREPARO DO SOLO NA IMPLANTAÇÃO DE POMARES

As práticas de manejo e conservação do solo e da água estão intimamente relacionadas com a qualidade do solo. Essa qualidade tem sido o termo utilizado para descrever um conjunto de características químicas, físicas e biológicas que habilitam o solo a exercer uma série de funções. Entre elas, a mais importante, em termos agrícolas, relaciona-se com a produção das culturas de modo sustentável, promovendo o desenvolvimento socioeconômico e a proteção do meio ambiente. Entre alguns dos fenômenos detrimenais da qualidade do solo incluem-se a erosão e a compactação. Logo, o controle desses dois fenômenos é fundamental para a sustentabilidade de qualquer processo de produção agrícola, como a citricultura (CORÁ et al., 2005).

As recomendações de preparo do solo para a implantação de pomares de citros preconizam o método denominado preparo do solo convencional. Nesse método é recomendado o revolvimento do solo em área total através de operações mecanizadas de aração e gradagem, que têm como objetivo principal a incorporação de calcário para correção da acidez, neutralização do alumínio e fornecimento de cálcio e magnésio às plantas cítricas (MALAVOLTA; VIOLANTE NETO, 1989; DE NEGRI et al., 2005; QUAGGIO et al., 2005), além de poder atuar em condições físicas do solo como a ocorrência de eventual compactação que desfavoreça ou limite o desenvolvimento normal das raízes (MAZZA et al., 1994; CORÁ et al., 2005).

A maior desvantagem desse método é o revolvimento do solo e remoção da cobertura vegetal em área total com conseqüente exposição da sua superfície, condição que favorece a ocorrência de processos erosivos de intensidade severa (Figura 1) na fase de implantação e período inicial de formação dos pomares (POLITANO; PISSARRA, 2005). O conceito de requerimento de preparo do solo tem mudado com considerável rapidez nas últimas décadas. Através de pesquisas, novos métodos de manejo, que diferem acentuadamente dos sistemas mais tradicionais, vêm sendo desenvolvidos (FERNANDES et al., 1983; CASÃO JUNIOR et al., 2006; AULER et al., 2008a).



Figura 1 – Impacto ambiental provocado por erosão severa em pomar de laranjeira recém implantado com preparo convencional do solo, com revolvimento e exposição do solo em área total, pela remoção da cobertura vegetal original ao longo de toda a encosta, em solo da Formação Arenito Caiuá, Paranavaí, PR, 1992

Foto: Jonez Fidalski

A cobertura vegetal do solo é a prática isolada mais eficiente na contenção da erosão, pois atua na origem do processo erosivo, bloqueando a energia de impacto das gotas de chuva contra a superfície do solo, evitando a desagregação das suas partículas e o selamento superficial, garantindo assim a infiltração da água no perfil, além de melhorar as características químicas, físicas e biológicas do solo (VIEIRA, 1994; CHAVES et al., 1997). Dedeczek et al. (1986) verificaram que a manutenção de vegetação permanente com braquiária diminuiu aproximadamente em 95% as perdas de solo e água em relação ao solo descoberto, sendo o sistema mais eficiente em reduzir as perdas de solo por erosividade sob chuva natural, quando comparado a sistemas sob outros cultivos, inclusive o plantio direto de soja.

Na cultura de citros há trabalhos que têm demonstrado que o uso de coberturas vegetais nas entrelinhas de pomares já estabelecidos é o melhor sistema de manejo para manutenção das qualidades físicas, químicas e biológicas do solo em relação a outros sistemas que mantenham o solo exposto, seja por meios químicos com o uso de herbicidas ou mecânicos através de capinas ou revolvimentos periódicos (CINTRA et al., 1983; SANCHES, 1998; CARVALHO et al., 2002; NEVES et al., 2006; CORÁ et al., 2005; FIDALSKI et al., 2007). Quando se realiza o controle efetivo da vegetação em toda a extensão na linha de plantio de citros até pelo menos 0,5 m além do limite externo da projeção das copas das plantas, a presença de cobertura vegetal nas entrelinhas dos pomares não tem comprometido a produção de frutos (SANTINONI; SILVA, 1995; TERSI et al., 1999; CARVALHO et al., 2002; AULER et al., 2008a).

Entretanto, há poucos relatos na literatura sobre formas alternativas ao preparo do solo convencional utilizado na implantação de culturas permanentes, como pomares de citros ou de outras espécies de fruteiras, em que se tenha pensado em utilizar o eficiente recurso da cobertura vegetal (DEDECEK et al., 1986) para reduzir o risco de erosão do solo a que são submetidos esses pomares na implantação e durante os meses iniciais de formação (POLITANO; PISSARRA, 2005).

Demattê e Vitti (1992) visando reduzir os riscos de erosão e compactação nos pomares recém implantados propuseram um sistema baseado no cultivo prévio ou de espera de leguminosa em outubro e novembro para o posterior plantio de citros em sulco aberto sobre a cobertura formada pela biomassa da leguminosa, porém sem dispensar o preparo do solo convencional em área total antes do plantio das espécies utilizadas no cultivo de espera.

Anguinoni (1983) faz menção à utilização de uma alternativa de preparo do solo com aplicação e incorporação de calcário em faixas de 2 a 3 m de largura no sentido das

linhas, por ocasião da implantação de culturas perenes em Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Porém, as entrelinhas também seriam paulatinamente corrigidas com aplicação e incorporação do calcário até o terceiro ano após o plantio, informando que tal sistema teria a preocupação principal de reduzir os custos iniciais de implantação do pomar.

Suzuki (1989) em experimento conduzido com macieira em Santa Catarina, em condições de solo argiloso e com alto teor de alumínio, não observou diferenças sobre a produção de frutos entre um sistema de preparo em faixas com revolvimento e incorporação do calcário numa faixa de 3 m de largura, tendo ao centro a linha de plantio, em relação ao preparo do solo convencional com revolvimento do solo e incorporação do calcário em área total, evidenciando que sistemas de preparo mínimo de solo para implantação de pomares podem ser utilizados mesmo em solos com condições químicas adversas pela presença de teores elevados de alumínio.

Rufino et al. (1992) propuseram um tipo de preparo mínimo do solo denominado preparo do solo em faixa, como alternativa ao preparo convencional para implantação de pomares de citros nos solos arenosos e de grande suscetibilidade a erosão da Formação Cuiá, região Noroeste do Paraná. O predomínio de pastagens nessa região, a presença de solos com baixo teor de alumínio, assim como a ausência de camadas naturais de impedimento, favoreceram a utilização desse método em que o solo é revolvido e o calcário incorporado apenas numa faixa de 2 m de largura (cujo centro corresponde à linha de plantio), mantendo-se nas entrelinhas a cobertura vegetal original (Figura 2).

Auler et al. (2001) avaliaram essa forma de preparo do solo nesta região e os resultados demonstraram que a produção de frutos de laranjeira 'Pêra' foi equivalente entre o preparo do solo em faixa, com a manutenção das entrelinhas vegetadas com gramínea proveniente da pastagem remanescente com *Brachiaria humidicola*, em relação a outras cinco modalidades de manejos das entrelinhas implantados com o sistema convencional de preparo do solo. Esse resultado foi confirmado nos anos seguintes (AULER et al., 2008a) quando foi observado também que os atributos químicos do solo nas entrelinhas do tratamento com preparo do solo em faixa não foram inferiores aos demais tratamentos com preparo do solo convencional, no qual o calcário foi incorporado, em relação aos teores de Ca, Mg, pH e Al, atributos químicos do solo diretamente relacionados com o uso do corretivo calcário, tanto a 0-20 cm como a 20-40 cm de profundidade. Estes autores observaram também que o sistema de preparo em faixa, que preserva 70% da cobertura vegetal original, mantém maiores teores de carbono orgânico no solo, além de reduzir os custos com mecanização na implantação dos pomares.



Figura 2 – Preparo do solo em faixa para implantação de pomar de laranjeira com revolvimento do solo apenas nas faixas de plantio, mantendo as entrelinhas vegetadas com a cobertura vegetal original, em solos da Formação Arenito Caiuá, Paranaíba, PR, 2003

Foto: Auler et al.(2008a).

A partir de 2001, os citricultores desta região passaram a utilizar, além do preparo em faixa, um novo sistema de preparo mínimo de solo denominado ‘plantio direto’, caracterizado pela ausência de revolvimento, em que apenas um sulco profundo realizado na linha de plantio é utilizado como preparo da área, além da dessecação da cobertura vegetal com herbicida e aplicação em superfície de calcário em área total. Neves et al. (2007) relataram os primeiros resultados obtidos com o uso desse novo sistema de preparo, cuja produção e qualidade de frutos, o desenvolvimento das plantas e das raízes, foram equivalentes ao preparo convencional, com a desvantagem que neste último foi maior a resistência à penetração no solo das entrelinhas.

Fidalski et al. (2009) também avaliaram o efeito dos preparos de solo em faixa, direto e convencional sobre as condições físicas do solo em um pomar de laranja implantado em área com pastagem ocupada por *Brachiaria brizantha*, em Latossolo Vermelho Escuro. Três anos após o plantio das laranjeiras não verificaram diferenças entre essas formas de preparo sobre a densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm, tanto nas linhas de plantio como nas entrelinhas. Posteriormente, aos cinco anos após o plantio, verificaram, na posição sob o

rodado, que houve um aumento da densidade e redução da porosidade total no preparo convencional em relação aos preparos em faixa e direto.

Tais resultados evidenciam que nestas condições normalmente não ocorrem limitações físicas que justifiquem o revolvimento do solo, nos quais a preservação da cobertura vegetal das entrelinhas na fase de implantação preserva melhor a sua estrutura do que o uso do revolvimento, protegendo-o de forma mais eficiente contra compactações futuras provocadas pelo trânsito de máquinas utilizadas nos tratos culturais dos pomares.

Esses resultados vêm também dirimir preocupações suscitadas pelo emprego desses sistemas de preparo mínimo do solo nestas condições, sobre a possibilidade de manutenção, pelo não revolvimento do solo, de algum problema físico ou químico do solo que pudesse limitar o desenvolvimento normal do sistema radicular das plantas cítricas. Como por exemplo, a presença de camadas de impedimento do tipo “pé de grade”, formada pelo uso contínuo de implementos utilizados no revolvimento do solo e que pudessem estar presentes na área de implantação do pomar, o que, neste caso, certamente traria complicações para o desenvolvimento do sistema radicular. Contudo, esse tipo de situação é mais comum em regiões de agricultura intensiva baseada no cultivo de lavouras anuais, o que não ocorre na região Noroeste do Paraná, onde as pastagens ainda ocupam aproximadamente 70% das terras. Além disso, antes da implantação dos pomares é recomendável, além das análises químicas preconizadas, que também se realizem análises físicas incluindo no mínimo a abertura de algumas trincheiras no solo, as quais poderão indicar possíveis camadas de impedimento que justifiquem a adoção de medidas corretivas (RIGOLIN, 1998; MAZZA, 1998).

2.3 IMPORTÂNCIA DA CALAGEM NA CITRICULTURA

Na citricultura, assim como para a maioria das plantas cultivadas, a calagem tem como objetivo principal a correção da acidez do solo e um importante papel como fonte de cálcio e magnésio para as plantas. A correção da acidez é importante entre outras razões pela diminuição da solubilidade de elementos tóxicos como alumínio e manganês e aumento da solubilidade de nutrientes essenciais para as plantas cítricas como cálcio, magnésio, potássio e fósforo (DECHEN, 1983; RUFINO et al., 1992; CARVALHO; RAIJ, 1997).

Teores elevados de alumínio e de manganês na solução do solo ocasionam distúrbios em inúmeros processos citológicos, bioquímicos e fisiológicos da maioria das espécies de plantas cultivadas em solos com elevada acidez. Os efeitos tóxicos do alumínio são mais evidentes nas raízes, onde inibe diretamente o crescimento e as tornam incapazes de explorar um volume maior de solo e, conseqüentemente, de obterem nutrientes e água, enquanto os efeitos tóxicos do manganês ocorrem principalmente na parte aérea das plantas, onde os processos de crescimento e desenvolvimento celular são afetados (FURLANI, 1983).

As plantas cítricas são sensíveis à acidez do solo e a elevados níveis de alumínio e manganês (MALAVOLTA; VIOLANTE NETO, 1989) que afetam o crescimento das plantas (VASCONCELLOS et al., 1989) e a produção de frutos (ANDERSON, 1987; OLIVEIRA, 1991; QUAGGIO, 1991). Uma das peculiaridades das plantas cítricas é a sua grande demanda em cálcio, cuja concentração nas folhas é superior à de outros nutrientes, incluindo o nitrogênio, em todos os tecidos, com exceção dos frutos (MATTOS JUNIOR et al., 2005).

Teores baixos de cálcio no solo limitam o desenvolvimento radicular de citros (RÊGO, 1997; PAVAN; JACOMINO, 1998; GRASSI FILHO et al., 2004) com reflexos negativos sobre a produção de frutos (ANDERSON, 1987; RODRIGUEZ, 1991). Pavan et al. (1987) verificaram efeitos expressivos do cálcio no solo sobre o aumento do sistema radicular e melhoria da nutrição e produção de frutos em macieira. O cálcio apresenta apenas um movimento ascendente na planta, razão pela qual esse nutriente precisa estar presente em quantidades suficientes no perfil do solo para garantir um adequado crescimento do sistema radicular das plantas. A presença de cálcio no perfil do solo é fundamental para o crescimento vertical e em profundidade das raízes das plantas tornando-as mais resistentes a períodos de deficiência hídrica (RITCHEY et al., 1983).

Embora exigido em quantidades bem inferiores ao cálcio, o magnésio é bastante exigido pelas plantas de citros (OLIVEIRA, 1991) cujo calcário tem sido a principal fonte mineral de suprimento desse nutriente. É freqüente encontrar sintomas de deficiência foliar de magnésio em pomares, o que pode ser devido a um suprimento insuficiente (FIDALSKI; AULER, 1997). Quaggio (1991) verificou que a resposta em produção de laranja 'Valência' foi mais acentuada com o uso de calcário dolomítico, que é mais rico em magnésio, em relação ao uso de calcário calcítico.

Esses nutrientes são fundamentais em várias funções vitais para as plantas. O cálcio é um componente estrutural da planta, constituinte da lamela média, confere estabilidade à membrana celular e é responsável pela elongação celular. O magnésio é

constituente da clorofila, atua como ativador enzimático, na estabilidade de proteínas e função dos cloroplastos (MATTOS JUNIOR et al., 2005).

O método da saturação por base do solo adotado em São Paulo (GPACC, 1994) é também recomendado no Paraná (RUFFINO et al., 1992) e o mais utilizado para determinação da necessidade de calcário nos pomares de citros das regiões Norte e Noroeste deste Estado. De acordo com esse método, sempre que a saturação por bases (V) for inferior a 60%, calcula-se a necessidade de calcário para elevá-la a 70% na camada superficial do solo (0-20 cm), valor que corresponde ao pH de 5,5 determinado em solução de CaCl_2 0,01 mol L⁻¹ (QUAGGIO et al., 2005).

O calcário é um corretivo que apresenta baixa solubilidade e por isso sua incorporação no solo é recomendada para aumentar sua ação neutralizante pelo aumento da sua área superficial de contato (ANGUINONI, 1983). De fato, quando aplicado em superfície e sem incorporação, o calcário apresenta um efeito lento de correção do perfil em diferentes tipos de solos (PAVAN et al., 1984; FIDALSKI; TORMENA, 2005), mas essa forma de aplicação, tanto na implantação de pomares, quando se utiliza o preparo do solo em faixa, assim como em reaplicações em pomares já estabelecidos, não têm comprometido a produção de frutos e a nutrição das plantas (LUZ, 1995; CALGARO et al., 2007; AULER et al., 2008a). O uso de vegetação nas entrelinhas e o manejo das linhas de plantio que permita a presença esporádica de vegetação espontânea do mato com seu posterior controle também podem atuar para melhorar a eficiência da calagem aplicada em superfície e sem incorporação. Quando roçada essa vegetação libera compostos orgânicos que atuam na mobilização do calcário no perfil do solo (MEDA et al., 2002). Esse processo desempenha importante papel na química da solução dos solos ácidos destacando-se, entre outras reações, a complexação e associação desses compostos orgânicos (ânions orgânicos reativos) com cátions metálicos, principalmente Ca e Mg, que uma vez combinados mobilizam-se com carga nula no perfil do solo e, com o Al, originando a formação de uma associação Al complexo orgânico não tóxico para as raízes (PAVAN; MIYAZAWA, 2004).

O gesso também é recomendado como recurso que pode ser utilizado para contornar essa lenta reação do calcário no perfil do solo, devendo ser usado associado com o calcário em solos com subsuperfície (20-40 cm) com elevados teores de saturação de alumínio e ou muito baixos teores de cálcio, como forma de melhorar as condições químicas dessa camada, permitindo um melhor desenvolvimento do sistema radicular das plantas cítricas em profundidade (DEMATTE; VITTI, 1992).

2.3.1 Resposta das Laranjeiras à Calagem

Um dos resultados mais expressivos sobre a resposta à calagem em citros foi obtido por Anderson (1987) na Flórida, Estados Unidos, em experimento de longa duração com laranjeira ‘Valência’ enxertada em limoeiro ‘Rugoso’ e mantido com irrigação, ressaltando-se as condições bem diferenciadas desse trabalho em relação aos realizados no Brasil, como o porta-enxerto, o uso de irrigação, solo arenoso com 95% de areia até a camada de 2 m, CTC de $2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de solo e na testemunha sem calagem teores de cálcio trocável na profundidade de 0-15 cm do solo de apenas 55 mg kg^{-1} (aproximadamente $0,14 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Além da testemunha sem calcário foram avaliados os tratamentos com calcário dolomítico e com a combinação de calcítico e gesso, calculados inicialmente para corrigir o pH a 7,0 e sempre reaplicados ao longo dos anos para manter esse pH, com incorporação a 15 cm. Em 11 safras avaliadas a produção de frutos com o uso do calcário teve um acréscimo de 76,2% e o volume de copa de 62,5% em relação ao tratamento sem calagem, não sendo observadas diferenças entre as fontes de calcário utilizadas sobre essas variáveis.

No Brasil, os resultados para o uso da calagem em citros têm variado entre ausência de resposta a resposta positiva, porém com incrementos de baixa magnitude. Essa situação talvez se deva ao fato das plantas cítricas crescerem bem em uma larga faixa de pH, entre 4,5 a 8,5 (em água) (CHAPMAN, 1968), ou ainda, segundo Wutscher (1989), por serem mais adaptadas a pH abaixo de valores de 5,4 (CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$), já que são plantas originadas de regiões dos trópicos úmidos com solos naturalmente ácidos. Também é reduzido o número de trabalhos realizados no Brasil que tenham avaliado o efeito da calagem sobre a produção de citros por um período mais longo de tempo, sendo que a maioria utilizou também apenas o limoeiro ‘Cravo’ como porta-enxerto da variedade copa avaliada.

Quaggio (1991) avaliou no Estado de São Paulo, em Latossolo Vermelho Escuro argiloso com pH de 4,0 (CaCl_2), CTC de $10,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e V de 6 % na camada de 0-20 cm, o efeito das doses de 0, 3, 6 e 9 t ha^{-1} de calcário dolomítico e calcítico e da combinação dessas doses chegando até a 18 t ha^{-1} sobre a produção e crescimento de laranjeira ‘Valência’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Não observaram influência da calagem sobre o crescimento das plantas até os cinco anos após o plantio. As principais diferenças na produção foram observadas entre a dose 0 e a dose de 3 t ha^{-1} para as quatro primeiras safras avaliadas do terceiro ao sexto ano após o plantio. A produção máxima obtida ocorreu com 63% de saturação por bases, considerando a média das quatro safras e, a falta de Mg, limitou

a produtividade da laranjeira, que atingiu valores máximos quando os teores no solo foram superiores a $0,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Luz (1995) avaliou em Monte Azul Paulista, São Paulo, em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico textura areia-média/média, pH de 4,8 (CaCl_2), V de 43% e CTC de $5,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na camada de 0-20 cm, o efeito das doses de 0 e $2,1 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário dolomítico aplicado à lanço e em faixa, com e sem gesso e com e sem incorporação com grade de disco, em pomar de laranjeira ‘Pêra’ sobre limoeiro ‘Cravo’ com três anos e meio de idade. Não observou diferenças significativas entre os diferentes tratamentos sobre a produção de frutos das três safras seguintes. A calagem também não afetou a qualidade dos frutos e somente a incorporação do calcário reduziu o tamanho e o *ratio* dos frutos da primeira safra em relação à aplicação em superfície, sem incorporação.

Rêgo (1997) em trabalho desenvolvido no município de Guairaça, região Noroeste do Paraná, não encontrou resposta significativa da calagem, assim como da associação da calagem mais gesso agrícola sobre a produção de laranjeira ‘Pêra’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, nas quatro primeiras safras avaliadas após o plantio em Latossolo Vermelho Escuro textura arenosa/média, com valores iniciais de pH de 4,6 (CaCl_2), CTC de $3,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e V de 35,8%, na camada de 0-20 cm do solo. Os tratamentos consistiram na aplicação de 0, 1,5 e $3,3 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário dolomítico associado ou não com gesso agrícola (1 t ha^{-1}), aplicado aos dois anos e meio após o plantio das laranjeiras e reaplicado um ano após, com ambas as aplicações em superfície e sem incorporação. Embora não tenha observado efeito significativo na produção e sobre a qualidade do fruto, a calagem promoveu, na camada de 0-20 cm do solo, a elevação do pH, do teor de cálcio e de magnésio e a redução do teor de alumínio, bem como elevou os teores foliares de magnésio a níveis adequados. Verificou também que, isoladamente, a calagem não teve efeito significativo sobre o sistema radicular no perfil do solo em todas as camadas avaliadas (0-20 a 80-100 cm) localizadas a 75 cm do tronco das laranjeiras, observando efeito significativo apenas na posição coletada a 120 cm de distância do tronco e a partir da camada de solo de 40-60 cm. A associação do gesso também não contribuiu para um melhor desenvolvimento das raízes em relação ao tratamento com calcário isolado.

Em revisão sobre o assunto Boaretto et al. (1996) analisaram seis trabalhos sobre calagem com citros realizados no Brasil, entre os quais os três já relatados anteriormente, destacando a pequena resposta à calagem obtida, com 1 a 13% de aumento na produtividade, quando o solo já tinha inicialmente V entre 33 e 45%. Observaram que nos resultados obtidos por Quaggio (1991), a produtividade da laranjeira ‘Valência’ enxertada em

limoeiro ‘Cravo’ foi de 100, 95 e 90%, respectivamente para os níveis de V no solo de 63, 42 e 33%. Com base nas curvas de resposta obtidas nos trabalhos de Quaggio e de Paro, ambos realizados em 1991, esses autores sugeriram uma revisão dos critérios utilizados para realizar a calagem, cujo indicativo da necessidade passaria dos atuais 60% de V para 50% e o valor de V a ser atingido com a calagem dos atuais 70 para 60%.

Posteriormente Quaggio et al. (1998) constataram ausência de resposta da produção de frutos em quatro safras a partir da aplicação de doses de calcário ou da combinação de calcário mais gesso agrícola em plantas de quatro anos de idade de laranjeira ‘Valência’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, que apresentavam problema de desenvolvimento atribuído a presença de subsolo (20-40 cm) ácido, reforçando as observações de Boaretto et al. (1986). O trabalho contou com quatro doses de calcário dolomítico (0 a 3 t ha⁻¹) e quatro doses de gesso agrícola (0 a 4 t ha⁻¹), aplicados em toda área experimental e incorporados com grade aradora, em Latossolo Vermelho Escuro álico com a camada arável (0-20 cm) já corrigida por calagem realizada na implantação do pomar.

Com o porta-enxerto trifoliata foi encontrado apenas um trabalho com calagem, realizado no Rio Grande do Sul por Panzenhagen et al. (1999), em copa de tangerineira ‘Montenegrina’, em que não foram observados efeitos significativos sobre a produção de frutos das três primeiras safras para o uso da calagem, em Argissolo Vermelho Escuro textura franco/argilosa, porém com pH inicial de 5,5.

A importância da prática da calagem para a citricultura do Noroeste do Paraná, principalmente como suprimento de Ca e Mg às plantas, foi evidenciada em levantamento nutricional realizado em 1996, no qual se observou que as principais deficiências nutricionais de pomares de laranja foram para Ca, Mg além do Zn (FIDALSKI; AULER, 1997) e também pelas correlações positivas do Ca foliar e do solo e do Mg foliar com o peso do fruto de laranjeira ‘Valência’ (FIDALSKI et al., 2000).

A remoção de cátions básicos do solo exportados pelas colheitas dos frutos, assim como o uso de adubos minerais, principalmente os nitrogenados utilizados nos pomares, aceleram o processo de acidificação do solo levando a necessidade de novas calagens no decorrer da vida útil dos pomares, cuja recomendação técnica preconizava que o calcário fosse aplicado à lanço em área total e incorporado nas entrelinhas dos pomares com grade leve (MALAVOLTA; VIOLANTE NETTO, 1989; GPACC, 1994). Porém, esse procedimento apesar de acelerar a reação do calcário no perfil do solo, prejudica as plantas pelos danos no sistema radicular, além de comprometer as condições físicas do solo (CINTRA et al., 1983; MOREIRA, 1992; MAZZA et al., 1994; CORÁ et al., 2005).

Além disso, o problema maior de acidificação do solo em pomares implantados ocorre nas faixas de adubação e não nas entrelinhas (PAVAN, 1992; FIDALSKI; AULER, 2008), região em que também se concentra o maior volume de raízes (PACE; ARAÚJO, 1986; NEVES et al., 2004) e, portanto, onde se deve dar mais atenção para as reaplicações de calcário, com possibilidade de redução da quantidade aplicada e dos custos com esse insumo (LUZ et al., 1993; QUAGGIO et al., 2005).

Calgaro et al. (2007) na região Oeste do Estado de São Paulo, em Argissolo Vermelho Amarelo com pH de 5,1 (CaCl_2) e V de 58%, avaliaram os tratamentos com dose cheia de $1,3 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário dolomítico calcinado, ausência de calagem e aplicação fracionada em superfície, com ou sem incorporação com grade leve. Não observaram efeito significativo da calagem e dos modos de aplicação sobre a produção de frutos das três safras seguintes de laranja 'Natal' sobre limoeiro 'Cravo', com seis anos de idade.

Sobral et al. (2009) avaliaram o efeito de calcário e gesso sobre o desenvolvimento radicular de laranjeiras com quatro anos de idade, sem especificar a variedade copa e o porta-enxerto e também sobre as propriedades químicas e físicas de um Argissolo dos Tabuleiros Costeiros. Verificaram que a aplicação superficial no solo do pomar de calcário dolomítico foi eficiente em aumentar os teores de cálcio e pH no solo até a profundidade de 40 cm e promover incrementos no comprimento de raízes nas profundidades de 20 e 30 cm. Os autores consideraram que essas alterações químicas promovidas pela calagem (aproximadamente 18 meses após a aplicação) provavelmente tenham sido devidas aos baixos teores de argila com a predominância de caolinita, o que teria facilitado a movimentação descendente do calcário no perfil do solo. Não observaram influência dos tratamentos sobre as características físicas do solo (densidade e porosidade).

Silva et al. (2007) em pomar de laranja 'Pêra' sobre 'Cleópatra' com 14 anos de idade, em Bebedouro, São Paulo, em Latossolo Vermelho distrófico álico, textura média, com pH inicial de 5,4 e 5,3 (CaCl_2), CTC de $4,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e V de 58% e 56%, respectivamente para as camadas de 0-10 e 10-20 cm, observaram um efeito positivo da aplicação superficial sem incorporação de calcário calcinado com PRNT de 131% (doses de 0 a $2,2 \text{ t ha}^{-1}$) sobre a produção de frutos até a dose de $0,3 \text{ t ha}^{-1}$ (ponto de máxima eficiência técnica) e um efeito negativo a partir dessa dose, levando os autores sugerirem que a saturação de bases preconizada para a cultura poderia ser inferior àquela (70%) preconizada pelo Grupo Paulista de Adubação e Calagem para Citros.

Efeitos negativos da calagem em citros também foram observados por Stacey (1973) quando a calagem elevou o pH do solo para valores a partir de 5,7 provocando

menor desenvolvimento das plantas e clorose de folhas. Wutscher (1989) verificou uma associação entre o aumento do pH e níveis altos de cálcio no solo, promovidos pela calagem, com o aumento do declínio dos citros, uma doença de causa não conhecida que torna as plantas improdutivas. A calagem excessiva pode ser também a causa de deficiências de micronutrientes como zinco, boro, manganês, cobre e ferro, cuja disponibilidade diminui como o aumento do pH do solo (MALAVOLTA, 1976).

2.3.2 Tolerância de Porta-enxertos à Acidez e ao Alumínio

Nogueira et al. (1989) avaliaram o comportamento dos porta-enxertos ‘Cravo’, ‘Volkameriano’, ‘Orlando’ e ‘Sunki’ à concentrações crescentes de Al (0, 15, 30 e 60 mg dm⁻³) em solução nutritiva. A massa seca de raízes de tangeleiro ‘Orlando’ não foi afetada pelos níveis crescentes de Al, enquanto que as de ‘Cravo’ e ‘Sunki’ sofreram decréscimos a partir da dose de 30 mg dm⁻³. A presença do íon Al em doses crescentes na solução diminuiu a absorção de P e Ca na folha e aumentou a de K em todos os porta-enxertos avaliados.

Vasconcellos et al. (1989) em trabalho realizado em vasos e com três diferentes tipos de solo, não verificaram diferenças entre os porta-enxertos ‘Caipira’, ‘Cleópatra’ e ‘Cravo’ que apresentaram decréscimo na massa seca de raízes e da parte aérea de mudas aos nove meses de idade à adição ao solo de Al e Mn.

Pavan e Jacomino (1998) avaliaram o efeito da adição de doses de carbonato de cálcio para elevar o pH a 5,0, 5,5, 6,0 e 6,5, de carbonato de magnésio para elevar o pH a 6,0, e de gesso e da associação de carbonato de cálcio e gesso sobre o crescimento radicular dos porta-enxertos ‘Volkameriano’, ‘Cravo’, ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’, avaliados dez meses após o transplante dos cavaleiros em vasos contendo solo com pH original de 4,4 (CaCl₂) e teores de Ca, Mg e Al trocáveis respectivamente de 0,39, 0,29 e 0,20 cmol_c dm⁻³. Em relação ao tratamento controle (pH 4,4) observaram que enquanto no limoeiro ‘Cravo’ ocorreu incrementos na massa seca de raízes apenas a partir da correção do pH a 5,5, na tangerineira ‘Cleópatra’ incrementos foram observados a partir do pH 5,0, indicando um pouco mais de sensibilidade deste porta-enxerto à acidez e ou à necessidade de maiores teores de Ca no solo, em relação ao ‘Cravo’. Com estes dois porta-enxertos não foi observado incrementos significativos na massa seca de raízes a partir do pH 5,5, enquanto que em ‘Sunki’ e

‘Volkameriano’ acréscimos significativos foram observados com a correção do pH a até 6,5. Para as tangerineiras ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’, a correção com carbonato de magnésio do pH a 6,0 não teve qualquer efeito sobre a massa seca de raízes e nos limoeiros ‘Cravo’ e ‘Volkameriano’ a aplicação deste tratamento chegou a ter efeito negativo sobre as raízes, resultados que evidenciam, para as condições estudadas, a importância da elevação dos teores de cálcio no solo, mais do que a própria correção da acidez por H^+ , para o crescimento radicular desses porta-enxertos.

Santos et al. (1999) avaliaram o desenvolvimento de plantas de limoeiro ‘Cravo’ e citrumeleiro ‘Swingle’ aos 90 dias após o transplante dos cavaleiros em solução nutritiva submetida às concentrações de Al de 0, 7,5, 15, 22,5 e 30 $mg\ dm^{-3}$. Verificaram que enquanto a massa seca de folhas, caules e raízes do limoeiro ‘Cravo’ não foi influenciada pelos níveis de Al avaliados, o citrumeleiro ‘Swingle’, um híbrido de trifoliata com pomelo, mostrou sensibilidade ao Al a partir da concentração de 7,5 $mg\ dm^{-3}$, com reduções significativas na massa seca das folhas e caule e, a partir da concentração de 15 $mg\ dm^{-3}$, redução significativa na massa seca de raízes, afetando, também, neste porta-enxerto, a absorção de N, P, Ca, K e S que foram reduzidas na presença de Al.

Pereira et al. (2003) avaliaram em solução nutritiva o efeito de concentrações mais elevadas de Al (0, 50, 100, 200 e 400 $mg\ dm^{-3}$) sobre o crescimento das tangerineiras ‘Sunki’ e ‘Cleópatra’ e dos limoeiros ‘Cravo’ e ‘Volkameriano’ aos 70 dias de idade das plantas. Os quatro porta-enxertos apresentaram sensibilidade ao Al, com redução do desenvolvimento vegetativo da parte aérea das plantas, porém sem corresponder a decréscimos na massa seca de raízes em ‘Cleópatra’, ‘Sunki’ e ‘Volkameriano’, observado apenas em ‘Cravo’ a partir das concentrações mais altas de Al empregadas (200 e 400 $mg\ dm^{-3}$). Utilizando análise de agrupamento concluíram que entre os porta-enxertos estudados a ‘Cleópatra’ apresentou maior tolerância ao Al.

Grassi et al. (2004) verificaram após a correção do solo com calcário dolomítico, em plantas de limoeiro ‘Siciliano’ enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ e laranja ‘Azeda’ cultivadas em vasos, que a massa fresca e seca de raízes obtida em saturação por bases de 90% foi equivalente à obtida em saturação de 70% e maior em relação à obtida em 50%.

Stacey (1973) verificaram em pomares da Nova Zelândia efeitos adversos a níveis elevados de pH e Ca provocado por calagem excessiva no porta-enxerto *Poncirus trifoliata*, como menor desenvolvimento das plantas e clorose de folhas. O melhor desenvolvimento de plantas e produção foi observado em pH em torno de 5,0. Os efeitos

negativos da calagem tiveram início em pH acima de 5,7 e se intensificaram entre o pH 6,0 e 7,5.

Com exceção deste último trabalho relatado os demais foram desenvolvidos em vaso ou solução nutritiva, o que indica a escassez de resultados obtidos em condições de campo sobre este assunto. Há também escassez de trabalhos que tenham incluído na avaliação o porta-enxerto trifoliata.

De uma maneira geral os resultados evidenciam que há diferenças entre porta-enxertos quanto à tolerância à acidez provocada por Al e ou H⁺. Maior tolerância ao Al foi observada em tangeleiro ‘Orlando’, intermediária em ‘Cravo’, ‘Volkameriano’, ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’ e a menor em citrumeleiro ‘Swingle’. Porém, alguns resultados foram bastante contrastantes quanto à concentração de Al a partir da qual foi observado efeito tóxico sobre as raízes de ‘Cravo’, como os obtidos por Nogueira et al. (1989) e Pereira et al. (2003).

2.4 PORTA-ENXERTOS PARA A LARANJEIRA ‘VALÊNCIA’

2.4.1 A Laranjeira ‘Valência’

A laranjeira ‘Valência’ [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] está entre as variedades de copa mais cultivadas no mundo. No Brasil é a variedade mais plantada depois da laranjeira ‘Pêra’. Não há consenso sobre sua origem ser mesmo da região de Valência na Espanha, pois não há variedades de aparência similar a ela nessa região. Supõe-se também que possa ter se originado na Ilha dos Açores e trazida ao Brasil de Portugal. É uma variedade muito produtiva podendo atingir mais de 200 kg de frutos por planta. Produz frutos que se prestam aos mercados interno e externo de fruta fresca e para produção de suco (FIGUEIREDO, 1991). Recentemente, devido ao sucesso de mercado do suco pasteurizado de origem não concentrada (NFC - sigla em inglês), que depende da qualidade natural do suco de frutos como os da laranjeira ‘Valência’, o interesse por essa variedade tem aumentado (MENDES, 2009), sendo, por essa razão, a mais propagada na Flórida a partir do final da década de 1990 (ROUSE, 2000).

Considerada moderadamente resistente ao cancro cítrico (LEITE JUNIOR, 1990) a variedade Valência junto com as variedades Pêra e Folha Murcha são as mais

cultivadas na citricultura do Norte e Noroeste do Paraná. De maturação tardia, é colhida de setembro a novembro, entre as colheitas das variedades Pêra e Folha Murcha. Para o cultivo no Paraná são recomendadas as seguintes variedades de laranjeira ‘Valência’ pertencentes ao BAG-Citros do IAPAR: ‘Valência 718’ e ‘Valência Late 1138’, acessos I-94 e I-105, respectivamente, provenientes da coleção de citros do Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Citros Sylvio Moreira, vinculado ao Instituto Agrônomo (IAC), Cordeirópolis-SP. Tazima et al. (2008) avaliaram em Londrina, Norte do Paraná, em solo argiloso, essas variedades junto com a ‘Valência’ acesso I-93 do BAG-Citros do IAPAR. Em nove safras avaliadas verificaram que as variedades Valência e Valência Late 1138 foram mais produtivas que a ‘Valência 718’, e também que ‘Valência 718’ e ‘Valência’ superaram a ‘Valência Late 1138’ em relação ao índice tecnológico dos frutos.

2.4.2 Seleção e Diversificação de Porta-enxertos

Os porta-enxertos são fundamentais para a atividade citrícola, podendo exercer grande influência sobre a produtividade, idade de início da produção, nutrição, crescimento, qualidade e maturação dos frutos, sanidade e longevidade da variedade copa. Essas características, juntamente com a sua suscetibilidade, tolerância ou resistência a fatores como a falta (seca) ou excesso de umidade (encharcamento), a certas condições de solo como acidez, alcalinidade, salinidade e textura, a condições climáticas como baixas temperaturas, a agentes de doenças como tristeza, exocorte, xiloporose, gomose de *Phytophthora* e nematóides, além de problemas de causa ainda não esclarecida como o declínio dos citros e a morte súbita dos citros, são os principais determinantes na seleção de porta-enxertos para uma determinada região (RODRIGUEZ et al., 1978; CARLOS et al., 1997; POMPEU JUNIOR, 2005).

Desses problemas, a exocorte e a xiloporose são menos dependentes do uso de porta-enxertos tolerantes desde que os mesmos sejam propagados por sementes e que as borbulhas das variedades copa neles enxertadas sejam comprovadamente sadias. O problema dos principais nematóides patogênicos aos citros (*Tylenchulus semipenetrans* e *Pratylenchus jaehni*), que estão presentes em pomares de laranja na região Noroeste do Paraná (MACEDA et al., 2006), pode ser contornado com o uso de porta-enxertos tolerantes ou não se realizando plantios com porta-enxertos suscetíveis em áreas positivas para a ocorrência dessas espécies

patogênicas. Enquanto que, problemas abióticos como o encharcamento, alcalinidade e salinidade do solo e frio têm pouca ou nenhuma relevância para seleção de porta-enxertos para as regiões do Paraná consideradas mais aptas ao cultivo de citros (CARAMORI et al., 2003), onde predominam solos com boa drenagem e pH naturalmente ácido (PAVAN et al., 1985), sistemas de cultivo em sequeiro e geadas com temperaturas mínimas acima das toleradas pelos porta-enxertos mais suscetíveis ao frio. Por outro lado, problemas como a tristeza (MÜLLER et al., 1990; 2005), gomose de *Phytophthora*, declínio dos citros e períodos de deficiência hídrica (CORRÊA et al., 1992) ocorrem nas principais regiões citrícolas do Paraná, não havendo até o momento qualquer relato sobre a ocorrência da morte súbita dos citros, cuja ocorrência permanece restrita ao Norte e Noroeste de São Paulo e Sudoeste de Minas Gerais (BASSANEZI et al., 2007).

Portanto, esse processo de seleção é fundamental para definir as combinações copa/porta-enxerto mais eficientes para condições edafoclimáticas específicas de determinadas regiões. Serve também como condição para promover a necessária diversificação de porta-enxertos na citricultura tornando-a menos sujeita aos riscos do uso de um único porta-enxerto, como ocorreu com a introdução do vírus da tristeza em São Paulo em 1937, que provocou a morte de milhões de plantas enxertadas em laranjeira ‘Azeda’, porta-enxerto predominante naquela época, que foi substituído pelo limoeiro ‘Cravo’, tolerante a esse patógeno (POMPEU JUNIOR, 2005). Na década de 1980, a incidência acentuada de declínio dos citros (CARLOS et al., 2000) na citricultura paulista em plantas de laranjeiras doces enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ levou a implementação de uma maior diversificação de porta-enxertos considerados tolerantes a esse problema, como as tangerineiras ‘Sunki’ e ‘Cleópatra’ e o citrumeleiro ‘Swingle’ (DONADIO et al., 1993). A partir de 1999, o surgimento de uma nova doença de combinação copa/porta-enxerto denominada morte súbita dos citros, de natureza infecciosa, mas ainda sem comprovação do agente causal, tem provocado a morte de milhões de laranjeiras enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ nos Estados de São Paulo e Minas Gerais (BASSANEZI et al., 2003; 2007), voltando a reforçar a necessidade de diversificação de porta-enxertos na citricultura brasileira, predominantemente estabelecida sobre o limoeiro ‘Cravo’.

A compatibilidade entre copa e porta-enxertos é outro aspecto importante que deve ser levado em conta na seleção de porta-enxertos, pois para certas combinações podem ocorrer incompatibilidade, como, por exemplo, a que ocorre entre a laranjeira ‘Pêra’ com o trifoliata e seu híbrido citrumeleiro ‘Swingle’. Entretanto, a laranjeira ‘Valência’ é considerada compatível com os principais porta-enxertos empregados no Brasil, incluindo os

avaliados no presente estudo: os limoeiros ‘Cravo’ e ‘Volkameriano’, as tangerineiras ‘Sunki’ e ‘Cleópatra’, um citrangeiro e o trifoliata (FIGUEIREDO, 1991; CARLOS et al., 1997; POMPEU JUNIOR, 2005).

2.4.3 Principais Características dos Porta-Enxertos Utilizados

O limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck) é originado do Sul da China ou da Índia e supõe-se que tenha sido levado do Sudeste da Ásia para a Europa e daí para as Américas, tendo sido introduzido no Brasil pelos colonizadores. Com exceção do Rio Grande do Sul é o porta-enxerto mais amplamente utilizado no Brasil, porém pouco empregado em outros países. Apresenta facilidade de formação das mudas, compatibilidade com todas as copas, produção precoce, altas produções de frutos, grande resistência à seca e tolerância à tristeza, porém induz qualidade aos frutos apenas razoável às copas nele enxertadas (CARLOS et al., 1997; POMPEU JUNIOR, 2005). De modo geral apresenta média resistência à gomose de *Phytophthora* e suscetibilidade aos nematóides *Tylenchulus semipenetrans* e *Pratylenchus jaheni*, aos viróides da exocorte e da xiloporose (POMPEU JUNIOR, 2005). Há muitos clones de limoeiro ‘Cravo’, cujos principais, quando avaliados, mostraram-se todos suscetíveis ao declínio dos citros (BERETTA et al., 1986a,b) e à morte súbita dos citros (POMPEU JUNIOR; BLUMER, 2008).

O limoeiro ‘Volkameriano’ (*Citrus volkameriana* V. Ten.; Pasq.) foi introduzido no Brasil em 1963 por meio de sementes coletadas em diversas regiões da Itália, tendo recebido as denominações de ‘Acireale’, ‘Palermo’, ‘Catânia-1’ e ‘Catânia-2’. É moderadamente resistente à seca e tolerante à exocorte, xiloporose e tristeza (POMPEU JUNIOR et al., 2005). É suscetível à morte súbita dos citros (BASSANEZI et al., 2007). Enxertados em laranjeira ‘Natal’, os clones de ‘Volkameriano’ ‘Catânia 1 e 2’ e ‘Palermo’ se mostraram suscetíveis ao declínio dos citros (BERETTA et al., 1986a). Induz baixa qualidade aos frutos e é suscetível à gomose (CARLOS et al., 1997).

A tangerineira ‘Cleópatra’ (*Citrus reshni* hort. ex Tanaka) é originária da Índia e vem sendo utilizada como porta-enxerto no Brasil desde o início do século passado. É tolerante ao vírus da tristeza, exocorte e xiloporose. Apresenta média resistência à gomose de *Phytophthora* e não é resistente ao nematóide dos citros (*Tylenchulus semipenetrans*) (POMPEU JUNIOR, 2005; CARLOS et al., 1997). É tolerante à morte súbita dos citros

(BASSANEZI et al., 2007). Em relação ao limoeiro ‘Cravo’, a ‘Cleópatra’ induz às variedades copa nela enxertadas um maior tempo para entrada em produção, frutos com maior teor de sólidos solúveis e menor massa, menor resistência à seca, apesar do sistema radicular mais desenvolvido e profundo (DONADIO et al., 1993; CINTRA et al., 1999), pois apresenta maior taxa de evapotranspiração (CINTRA et al., 2000). É parcialmente tolerante ao declínio dos citros (BERETTA et al., 1996b).

A tangerineira ‘Sunki’ (*Citrus sunki* hort. ex Tanaka) é uma microtangerina originária da China, e no Brasil vem sendo adotada como porta-enxerto desde o início do século passado. É tolerante à tristeza e à xiloporose, porém intolerante à exocorte. É suscetível à gomose de *Phytophthora*, à seca e ao frio e induz boa qualidade aos frutos das variedades copa nela enxertadas (CARLOS et al., 1997; POMPEU JUNIOR, 2005). É tolerante ao declínio (BERETTA et al., 1996b) e à morte súbita dos citros (BASSANEZI et al., 2007).

Os citrangeiros [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf. x *Citrus sinensis* (L.) Osbeck] são híbridos obtidos pelo cruzamento de trifoliata com laranjeira doce. Embora diversos citranges tenham sido criados, entre os mais conhecidos e utilizados estão os citrangeiros ‘Troyer’ e ‘Carrizo’, fenotipicamente idênticos e indistinguíveis até por testes moleculares, confirmando suposições de que se tratam da mesma seleção originadas de um mesmo cruzamento realizado em 1909 na Califórnia (CARLOS et al., 1997; POMPEU JUNIOR, 2005). Ambos são semelhantes quanto a suas características agrônômicas de crescimento, produção e qualidade dos frutos. São tolerantes à tristeza e à xiloporose, mas suscetíveis à exocorte e ao declínio e menos resistentes que o trifoliata à gomose de *Phytophthora* e ao nematóide dos citros (POMPEU JUNIOR, 2005). Induzem boa a ótima qualidade aos frutos (STUCHI et al., 1996).

O trifoliata [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] é originário da China e considerado o porta-enxerto que induz a melhor qualidade aos frutos e menor copa às plantas nele enxertadas. Considerado tolerante à xiloporose e imune à tristeza é resistente à gomose de *Phytophthora* e ao nematóide dos citros. É tolerante à geada e em geral laranjeiras e outras espécies enxertadas no trifoliata apresentam maior diâmetro do tronco do porta-enxerto que o da copa. É considerado intolerante ao viróide da exocorte (CARLOS et al., 1997; POMPEU JUNIOR, 2005). As mudas que têm o trifoliata como porta-enxerto necessitam de um tempo maior para a sua formação. Esse porta-enxerto apresenta mediana suscetibilidade à seca e ao declínio dos citros (PIO, 1993) e não é afetado pela morte súbita dos citros (BASSANEZI et al. 2003; POMPEU JUNIOR; BLUMER, 2008). Pompeu Junior et al. (2002) testaram 11 clones de trifoliata em laranjeira ‘Valência’ e não encontraram diferenças entre eles quanto ao

tamanho da copa, produção e qualidade dos frutos. O trifoliata 'Flying Dragon' é considerado uma mutação do trifoliata originada no Japão e introduzida no Brasil a partir de 1982 (POMPEU JUNIOR, 2005).

2.4.4 Influência Sobre o Crescimento, Produção e Qualidade dos Frutos

A resposta de uma combinação copa/porta-enxerto pode apresentar variações em função das diferenças nas condições edafoclimáticas e nos clones das variedades copa e porta-enxertos utilizados. Entre as variáveis para a avaliação dessa resposta, a produção de frutos por planta constitui o principal parâmetro, além do crescimento das plantas e a qualidade de frutos. Porém, para uma real comparação do potencial produtivo entre diferentes combinações copa/porta-enxerto, a eficiência de produção (kg de frutos por m³ de copa) é um parâmetro importante (GEORGIU, 2004), pois permite verificar se a menor produção de frutas produzida em plantas com menor tamanho de copa pode ser compensada pelo adensamento de plantas por unidade de área, já que normalmente existe correlação positiva entre o tamanho da copa e a produção de frutos por planta (QUAGGIO et al., 2004).

Inicialmente serão relatados os resultados de trabalhos realizados no Brasil os quais sempre incluem na avaliação o limoeiro 'Cravo' e a condução de pomares é realizada sem irrigação, razão pela qual será informado além da localização o tipo climático de acordo com a classificação de Köppen, já que o regime hídrico determinado pelo clima tem uma grande influência sobre o desempenho de porta-enxertos mais ou menos tolerantes à seca. Em seguida serão relatados os trabalhos realizados fora do Brasil onde o uso de irrigação está quase sempre presente e o limoeiro 'Cravo' praticamente não é utilizado como porta-enxerto.

Pompeu Junior et al. (1981) relatam os resultados de um experimento com 18 porta-enxertos para um clone nucelar de laranjeira 'Valência' conduzido em Pindorama, Estado de São Paulo, em Latossolo Vermelho Amarelo, fase arenosa, em clima de transição entre Cwa/Aw. Em dez safras avaliadas o limoeiro 'Cravo' e o tangeleiro 'Orlando' apresentaram a maior produção de frutos, seguidos pelos citrangeiros 'Troyer' e 'Carrizo'. As tangerineiras 'Sunki' e 'Cleópatra' ficaram em posição intermediária e o 'Volkameriano' e o trifoliata 'Limeira' com menor produção. Considerando a eficiência de produção, o 'Cravo', o trifoliata e os citranges apresentaram de forma equivalente os melhores resultados.

‘Cleópatra’ induziu o maior volume de copa, seguida por ‘Cravo’ e ‘Sunki’, ‘Volkameriano’ um pouco abaixo e trifoliata com o menor volume.

Alvarenga et al. (1986) em Porteirinha, Minas Gerais, avaliaram 12 porta-enxertos para um clone nucelar de laranjeira ‘Valência’, em solo aluvial franco arenoso e eutrófico, em clima Aw, com deficiência hídrica anual de 351 mm. Em quatro safras avaliadas (quinto ao oitavo ano após o plantio) a produção de frutos em ‘Cravo’ e ‘Volkameriano’ foi equivalente, superiores à ‘Sunki’ e ‘Cleópatra’, que foram intermediárias, e ao trifoliata que apresentou a menor produção. Citrange ‘Morton’ foi superior ao trifoliata e inferior às tangerineiras. Os limoeiros ‘Cravo’, ‘Volkameriano’ e a tangerineira ‘Sunki’ tiveram a maior massa média do fruto, superiores à ‘Cleópatra’ e trifoliata, que foram equivalentes entre si. ‘Cravo’, ‘Volkameriano’, ‘Sunki’ e ‘Cleópatra’ induziram desenvolvimento vegetativo equivalentes entre si e superiores ao trifoliata e ao citrangeiro.

Ledo et al. (1999) avaliaram em Rio Branco, Acre, um experimento com quatro porta-enxertos para várias variedades copas, entre as quais a laranjeira ‘Valência’, em Argissolo Vermelho Amarelo, fertilidade média, com baixos teores de alumínio, em clima com estação seca bem definida (Awi) e 1900 mm de chuva por ano. Em quatro safras avaliadas (quarto ao sétimo ano após o plantio) a produção de frutos em ‘Cravo’ superou a produção em ‘Sunki’ e foi equivalente a de ‘Cleópatra’ e citrangeiro ‘Carrizo’. Em volume de copa, ‘Cravo’ e ‘Cleópatra’ foram superiores à ‘Sunki’ e equivalentes ao ‘Carrizo’. Não houve diferenças significativas entre os porta-enxertos sobre a eficiência de produção, *ratio* e porcentagem de suco dos frutos. ‘Cleópatra’ induziu menor tamanho ao fruto em relação ao ‘Cravo’. Este reduziu significativamente os sólidos solúveis e a acidez do suco dos frutos em relação aos demais porta-enxertos.

Roberto et al. (1999) em Santa Rita do Passa Quatro, São Paulo, em Argissolo Vermelho Amarelo verificaram nas três primeiras safras após o plantio que as maiores médias de produção foram obtidas pelos limoeiros ‘Cravo’ e ‘Volkameriano’ e as menores pelos citrangeiros ‘Troyer’ e ‘Carrizo’ e pelo tangeleiro ‘Orlando’. As tangerineiras ‘Sunki’, ‘Cleópatra’ e o citrumeleiro ‘Swingle’ apresentaram produtividades intermediárias.

Köller et al. (1999) em Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul, a 46 m de altitude em clima Cfa e em Argissolo Vermelho Escuro, textura franco-argilosa, avaliaram três porta-enxertos para a laranjeira ‘Valência’. Considerando a produção das primeiras 14 safras verificaram que a produção de plantas enxertadas em trifoliata foi menor do que nos porta-enxertos ‘Cravo’ e laranjeira ‘Caipira’, porém sem diferirem em relação à eficiência de produção. Esses resultados levaram os autores concluir que reduzindo o espaçamento de

plantio das plantas enxertadas em trifoliata seria possível obter produção semelhante por unidade de área em relação à obtida com ‘Cravo’ e ‘Caipira’.

Sartori et al. (2002) no município de Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul, em Argissolo distrófico, em três safras avaliadas (quinto ao sétimo ano após o plantio) verificaram maior produção da laranjeira ‘Valência’ sobre o limoeiro ‘Cravo’ que superou a ‘Sunki’. Trifoliata e ‘Volkameriano’ induziram produção equivalente entre si, inferiores à ‘Sunki’ e superiores ao ‘Swingle’ e ‘Troyer’.

Auler et al. (2008b) no município de Nova Esperança, Paraná, em clima Cfa, verificaram que a produção de frutos das dez primeiras safras acumuladas de laranjeira ‘Valência’ foi maior quando enxertada em tangerineira ‘Sunki’, que superou o ‘Cravo’, ‘Troyer’ e ‘Caipira’ e não diferiu da ‘Cleópatra’ e do tangeleiro ‘Orlando’. Em eficiência de produção, ‘Cravo’, ‘Sunki’ e ‘Troyer’ tiveram melhor resultado. As tangerineiras superaram o ‘Cravo’ e ‘Troyer’ em volume de copa. Aos 12 anos após o plantio os seis porta-enxertos avaliados apresentaram 100% de sobrevivência das plantas, consideradas sadias e em condições normais de produção. Auler et al. (2009) naquele mesmo experimento, verificaram, em sete safras avaliadas, que ‘Cravo’ induziu maior massa aos frutos em relação à ‘Cleópatra’ e citrangeiro ‘Troyer’ e equivalente a ‘Sunki’, ‘Orlando’ e ‘Caipira’. Em rendimento de suco ‘Cleópatra’ superou a ‘Caipira’ e foi equivalente aos demais. Em sólidos solúveis ‘Troyer’ foi equivalente a ‘Caipira’ e ‘Sunki’ e superior aos demais. Não houve diferenças entre esses porta-enxertos em acidez e *ratio* dos frutos. Em índice tecnológico ‘Troyer’ superou o ‘Cravo’ e ‘Orlando’ e em rendimento industrial foi superior ao ‘Cravo’. Stenzel et al. (2005) também verificaram um resultado superior de tangerineira em relação ao limoeiro ‘Cravo’, em copa de laranjeira ‘Folha Murcha’. Em 11 safras avaliadas a tangerineira ‘Cleópatra’ superou a produção induzida por ‘Cravo’, citrangeiro ‘C13’, ‘Sunki’, ‘Volkameriano’ e trifoliata. Em desenvolvimento das plantas esses porta-enxertos apresentaram comportamento equivalente ao da produção de frutos, em que os mais produtivos foram os que induziram maior volume de copa. Entretanto, em eficiência de produção ‘Cravo’ foi equivalente ao ‘Rugoso’, ‘C13’, ‘Volkameriano’ e trifoliata e superior as tangerineiras ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’. A menor eficiência de produção foi em ‘Cleópatra’ que não diferiu de ‘Sunki’ e ‘C13’. Em índice tecnológico o trifoliata superou os demais porta-enxertos.

Hutchison e Bistline (1992) na Flórida, EUA, em solos arenosos e em área drenada, pH de 5,6 a 7,0 verificaram em 11 safras avaliadas, entre vários porta-enxertos testados para copa de laranjeira ‘Valência’, que o ‘Volkameriano’, trifoliata, ‘Cleópatra’ e citrangeiro ‘Carrizo’ não diferiram entre si em produção de frutos. Em volume de copa,

‘Cleópatra’, trifoliata e ‘Volkameriano’ não diferiram entre si. ‘Carrizo’ foi inferior à ‘Cleópatra’ e ‘Volkameriano’ e equivalente ao trifoliata. Em sólidos solúveis (média de quatro safras), ‘Carrizo’ e o trifoliata foram equivalentes e superiores à ‘Cleópatra’ e ‘Volkameriano’ e este inferior à ‘Cleópatra’.

Castle (1995) relata os resultados de nove anos de dois trabalhos realizados na Flórida em copa de laranja ‘Valência’, um em solo arenoso e profundo e o outro em solo com drenagem deficiente, ambos com irrigação. Entre vários porta-enxertos avaliados o limoeiro ‘Rugoso’ teve as maiores médias de produção e ‘Cleópatra’ ficou em posição intermediária.

Wutscher e Bowman (1999) na região Central da Flórida, EUA, em solo arenoso (pH de 6,4), avaliaram 21 porta-enxertos para laranja ‘Valência’, entre os quais ‘Sunki’, ‘Swingle’, ‘Carrizo’ e vários híbridos de trifoliata e de citrangeiros com tangerineiras, laranjeiras doces e limoeiros. Em quatro safras avaliadas a produção de frutos de ‘Sunki’, ‘Swingle’ e ‘Carrizo’ não diferiram entre si e foram inferiores ao limoeiro ‘Vangasay’ (*C. limon*) e dois híbridos de tangerineira ‘Sunki’ com trifoliata. ‘Sunki’, ‘Swingle’ e ‘Carrizo’ não diferiram em massa, teor de sólidos solúveis e conteúdo de suco nos frutos. ‘Swingle’ e ‘Sunki’ foram superiores ao ‘Vangasay’ em sólidos solúveis. Oito anos após o plantio ‘Sunki’ apresentou 92% de sobrevivência das plantas, ‘Carrizo’ e ‘Swingle’ 100%.

Zekri (2000), no sudoeste da Flórida, EUA, em solos arenosos, rasos e mal drenados, verificaram que aos sete anos de idade das plantas a produção de frutos de laranja ‘Valência’ sobre ‘Swingle’ e ‘Volkameriano’ foi equivalente e superior à produção sobre ‘Cleópatra’ e limoeiro ‘Milam’ (*C. jambhiri*). Em volume de copa o ‘Volkameriano’ foi superior ao ‘Swingle’ e este superior à ‘Cleópatra’. O fraco desempenho deste porta-enxerto em produção foi atribuído a sua alta suscetibilidade à *Phytophthora* nas condições de má drenagem presente nesse estudo e também por sua baixa adaptação evidenciada pelo seu fraco desenvolvimento. Verificaram que com o aumento de idade das plantas foi observado uma melhoria na qualidade do fruto para todos os porta-enxertos avaliados. Aos sete anos de idade das plantas ‘Swingle’ e ‘Cleópatra’ induziram teores de sólidos solúveis ao suco dos frutos superiores aos limoeiros. Em acidez do suco, ‘Swingle’ e ‘Cleópatra’ superaram os limoeiros e ‘Cleópatra’ teve maior acidez que os demais. Em conteúdo de suco, ‘Swingle’ e ‘Cleópatra’ superaram os limoeiros. Em peso do fruto, ‘Volkameriano’ superou os demais e ‘Cleópatra’ apresentou o menor valor.

Rouse (2000) no sudoeste da Flórida, EUA, em típico solo com drenagem deficiente, avaliaram 16 porta-enxertos para laranjeira ‘Valência’ entre os quais ‘Cleópatra’, ‘Swingle’, ‘Carrizo’ e trifoliata. Em cinco safras avaliadas não houve diferenças entre os porta-enxertos sobre os teores de sólidos solúveis dos frutos, conteúdo de suco e coloração. Dentre esses quatro porta-enxertos a acidez do suco foi menor apenas em ‘Carrizo’ em relação à ‘Cleópatra’. Em produção de frutos, ‘Cleópatra’ foi inferior aos demais, trifoliata e ‘Swingle’ equivalentes e ‘Carrizo’ juntamente com o ‘Swingle’ superior aos demais.

Georgiou (2004) no Chipre, região do Mediterrâneo, avaliou por 19 anos 15 porta-enxertos para laranjeira ‘Valência’, em solo argiloso e com pH elevado. Aos 20 anos de idade as plantas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ e ‘Volkameriano’, citrangeiros ‘Troyer’, ‘Carrizo’ e ‘Morton’, citrumeleiro ‘Swingle’ e tangerineira ‘Cleópatra’ não apresentaram diferenças entre si em volume de copa. Em 18 safras avaliadas ‘Cravo’, ‘Volkameriano’ e ‘Cleópatra’ não diferiram entre si em produção de frutos. ‘Swingle’ foi inferior ao ‘Volkameriano’ e equivalente aos demais. Não houve diferenças entre esses porta-enxertos em eficiência de produção, com exceção do citrangeiro ‘Morton’ que foi inferior ao ‘Cravo’. Em sólidos solúveis e acidez do suco ‘Troyer’ foi superior aos demais. Em sólidos solúveis ‘Carrizo’, ‘Morton’, ‘Swingle’ e ‘Cleópatra’ foram equivalentes e superiores ao ‘Cravo’ que não diferiu do ‘Volkameriano’. ‘Cravo’, ‘Volkameriano’ e ‘Cleópatra’ tiveram menor acidez. Em conteúdo de suco os citrangeiros, ‘Swingle’ e ‘Cleópatra’ foram equivalentes enquanto ‘Volkameriano’ e ‘Cravo’ equivalentes e inferiores aos demais. ‘Cravo’ e ‘Volkameriano’ tiveram peso de fruto equivalente e superior aos demais.

Zekri e Al-Jaleel (2004) em Najran, Arábia Saudita, em clima quente, árido e subtropical, em altitude de 800-1000 m e em solo arenoso e calcário testaram nove porta-enxertos para laranjeira ‘Valência Olinda’. Em sete safras avaliadas, os limoeiros ‘Rugoso’ e ‘Volkameriano’ e o citrangeiro ‘Carrizo’ tiveram produção de frutos equivalentes e superiores ao ‘Swingle’. ‘Cleópatra’ foi equivalente ao ‘Rugoso’ e ao ‘Carrizo’, inferior ao ‘Volkameriano’ e superior ao ‘Swingle’. ‘Cleópatra’ teve o menor diâmetro de fruto e o ‘Swingle’ maior conteúdo de suco que o ‘Rugoso’ e equivalente aos demais. Em sólidos solúveis ‘Carrizo’ e ‘Cleópatra’ foram superiores ao ‘Rugoso’, ‘Volkameriano’ e ao ‘Swingle’. ‘Swingle’ induziu maior acidez ao suco.

Analisando o conjunto dos resultados obtidos nessa série de trabalhos relatados conclui-se que, de uma maneira geral, as respostas em produção de frutos e crescimento das plantas induzidas pelos porta-enxertos sobre a variedade copa são fortemente influenciadas pelas condições ambientais da região onde é desenvolvido o estudo. Fatores

como regime hídrico, uso ou não de irrigação, condições físicas (textura, densidade do solo, drenagem) e químicas (pH, níveis de alumínio e nutrientes) do solo podem alterar significativamente o desempenho de certos porta-enxertos, favorecendo ou impedindo que eles expressem seu potencial produtivo. Tais diferenças de desempenho entre os porta-enxertos nos diferentes trabalhos são mais marcantes quanto maior são as diferenças de solo e clima do ambiente onde são testados.

Nos trabalhos relatados realizados no Brasil, com exceção de Auler et al. (2008b) e Stenzel (2005), o limoeiro ‘Cravo’ está entre os mais produtivos mostrando-se o porta-enxerto mais estável na resposta em produção de frutos em relação aos demais porta-enxertos avaliados, nas diferentes regiões geográficas envolvidas. Essa estabilidade revela também uma maior adaptação do ‘Cravo’ às diferentes condições edafoclimáticas em relação, por exemplo, ao limoeiro ‘Volkameriano’, que em parte dos trabalhos se mostrou tão produtivo quanto o ‘Cravo’ e em outros esteve entre os menos produtivos. Pompeu Junior et al. (1981) questiona a qualidade da combinação daquele porta-enxerto em copa de laranjeira ‘Valência’, que produz bem apenas nas safras iniciais, mas piora seu desempenho nas safras posteriores.

Todos os trabalhos relatados do Brasil foram conduzidos sem irrigação, em regiões sujeitas a períodos mais ou menos acentuados de deficiência hídrica, o que favorece os porta-enxertos mais tolerantes à seca. Quanto mais acentuada a deficiência hídrica, maior a magnitude da diferença entre ‘Cravo’ e outros limoeiros em relação aos porta-enxertos menos tolerantes como o trifoliata e seus híbridos e de forma intermediária em relação às tangerineiras (ALVARENGA et al., 1986; LEDO et al., 1999; ROBERTO et al., 1999). Em regiões onde ocorrem períodos mais amenos de deficiência hídrica, que coincidem com períodos de temperaturas mais amenas, o desempenho dos porta-enxertos pode se alterar conforme observado Stenzel et al. (2005) e Auler et al. (2008b), ambos realizados em condições similares na região Noroeste do Paraná.

Quando se considera a eficiência de produção, o trifoliata foi equivalente ao ‘Cravo’ nos dois trabalhos em copa de ‘Valência’ em que esse parâmetro e aquele porta-enxerto estavam incluídos na avaliação (POMPEU JUNIOR et al., 1981; KÖLLER et al., 1999) e também no trabalho de Stenzel et al. (2005), em copa de ‘Folha Murcha’. Nos outros dois trabalhos que avaliaram a eficiência de produção sem a presença do trifoliata, foram também equivalentes ao ‘Cravo’, a ‘Cleópatra’, ‘Sunki’ e ‘Carrizo’ (LEDO et al., 1999) e ‘Sunki’ e ‘Troyer’ (AULER et al., 2008b).

Nos trabalhos relatados realizados fora do Brasil a resposta dos porta-enxertos foi mais variável. De uma maneira geral os limoeiros ‘Rugoso’ e ‘Volkameriano’ estiveram entre os mais produtivos. ‘Cravo’ também apareceu como mais produtivo em apenas um dos trabalhos onde foi incluído na avaliação. A ‘Cleópatra’ foi mais instável, ora entre os mais produtivos, ora entre os menos produtivos ou mesmo com produção intermediária, mostrando-se muito sensível às condições de redução de aeração do solo; os citrangeiros e ‘Sunki’ tiveram produção intermediária e o trifoliata esteve entre os mais produtivos ou com produção intermediária.

Por sua vez as respostas em qualidade do fruto (como sólidos solúveis e índice tecnológico) induzidas pelos porta-enxertos seguem basicamente o mesmo padrão entre os porta-enxertos, independente da região produtora de citros, indicando que seus efeitos são essencialmente devidos às suas características genéticas, em que o trifoliata se destaca em induzir os maiores teores de sólidos solúveis às copas, seguido pelos seus híbridos como o citrumeleiro ‘Swingle’ e os citrangeiros, as tangerineiras ficando em posição intermediária e os limoeiros ‘Cravo’ e ‘Volkameriano’ em posição inferior; enquanto a ‘Cleópatra’ e o trifoliata normalmente apresentam menor massa dos frutos, conforme também destacado em revisões sobre o assunto realizadas por Stuchi et al. (1996) e Carlos et al. (1997).

Castle (1995) verificou que em laranja ‘Valência’ a magnitude da diferença entre vários porta-enxertos sobre a qualidade do fruto pode chegar a 23% para a massa do fruto, em torno de 10% para sólidos solúveis e acidez e 11% para o conteúdo de suco, enquanto que sobre a produção de frutos essas diferenças podem chegar a 116% entre os porta-enxertos mais e menos produtivos. Segundo esse autor, a qualidade do fruto é, em primeiro lugar, uma característica inerente a cultivar copa, que pode ser modificada, mas não radicalmente alterada sem manipulação genética. Assim, outros fatores que podem modificar a qualidade do fruto são de importância secundária e não se pode esperar que tenham efeitos de grande magnitude.

2.4.5 Influência Sobre a Nutrição

Segundo Donadio et al. (1993) a ‘Cleópatra’ induz às copas maiores teores foliares de Ca e Mg e inferiores de Zn em relação ao limoeiro ‘Cravo’.

Araújo (1995), em condições de viveiro, observou que as tangerineiras ‘Sunki’ e ‘Cleópatra’ induziram em laranja ‘Valência’ os maiores teores de Ca e os limoeiros ‘Cravo’ e ‘Volkameriano’ os menores teores.

Hiroce et al. (1981) em Limeira, São Paulo, avaliaram o efeito de dez porta-enxertos sobre a nutrição foliar de laranja ‘Valência’ durante 5 anos, a partir dos 13 anos de idade das plantas. Não verificaram diferenças significativas entre os porta-enxertos sobre os teores foliares dos nutrientes N, Fe, Cu, Mn e Zn. ‘Cravo’ esteve entre os porta-enxertos que induziram os teores foliares mais elevados de K (1,22 g kg⁻¹), equivalentes ao trifoliata e ‘Troyer’ e superiores às tangerineiras ‘Sunki’ e ‘Cleópatra’. ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’ induziram os teores mais elevados de Ca (4,24 e 4,09 g kg⁻¹), superiores ao ‘Cravo’ (3,46 g kg⁻¹) e equivalentes ao trifoliata e ‘Troyer’ em quais os teores foram intermediários. Em Mg, ‘Troyer’ e trifoliata induziram os maiores teores (0,60 e 0,57 mg kg⁻¹), ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’ intermediários e ‘Cravo’ o mais baixo teor (0,40 g kg⁻¹). Trifoliata induziu o teor mais elevado de B (74 mg kg⁻¹), superior aos demais, enquanto a ‘Cleópatra’, ‘Sunki’ (46 mg kg⁻¹), ‘Troyer’ e ‘Cravo’ não diferiram entre si.

Zekri (2000), no Sudoeste da Flórida, EUA, em solos arenosos, rasos e mal drenados, avaliaram os porta-enxertos citrumeleiro ‘Swingle’, tangerineira ‘Cleópatra’ e os limoeiros ‘Volkameriano’ e ‘Milam’ (*C. jambhiri*) em copa de laranja ‘Valência’ em plantio adensado e com irrigação. Aos sete anos após o plantio os porta-enxertos não diferiram quanto aos teores foliares de N e P. Os limoeiros induziram maiores teores foliares de K que ‘Swingle’ e ‘Cleópatra’. ‘Cleópatra’ induziu maior concentração de Mg que ‘Swingle’ e ‘Volkameriano’. Os teores de Ca foram equivalentes para ‘Swingle’ e ‘Cleópatra’ e inferiores ao ‘Milam’ e ‘Volkameriano’. Em B, ‘Swingle’, ‘Milam’ e ‘Cleópatra’ induziram teores superiores ao ‘Volkameriano’. Em zinco e manganês, ‘Swingle’ foi inferior aos demais.

2.5 O SISTEMA RADICULAR DAS PLANTAS CÍTRICAS

Quando estabelecidas em solos sem problemas de impedimentos físicos ou químicos as plantas cítricas têm potencial para desenvolver um extenso sistema radicular com a tendência natural de formação em duas camadas distintas. A primeira é caracterizada por uma rede de numerosas raízes laterais mais grossas dispostas na camada superficial do solo relativamente na posição horizontal, as quais constituem uma estrutura que dá suporte para

um emaranhado de raízes finas ou radículas (*fibrous roots* em inglês) que crescem em todas as direções e são usualmente mais densamente concentradas próximas da superfície. A segunda camada é caracterizada por um conjunto de raízes laterais menores e de radículas mais ou menos orientadas verticalmente e associadas com raízes originadas do centro da base do tronco, onde também está inserida a raiz pivotante que, por sofrer corte durante o processo de formação da muda no viveiro e no transplante para o campo, perde a sua força e vigor dando origem, normalmente, a várias raízes de menor diâmetro orientadas verticalmente que podem penetrar à profundidade considerável. As raízes laterais podem atingir comprimentos equivalentes a duas até três vezes o diâmetro da copa das plantas e, aquelas que crescem verticalmente, podem atingir até 6 m de profundidade (SCHNEIDER, 1968; CASTLE, 1978; BEVINGTON; CASTLE, 1982).

No conjunto de raízes formado pelo sistema radicular das plantas cítricas, as raízes finas têm massa inferior, porém comprimento e volume de solo explorado muito superior às raízes mais grossas. Bevington e Castle (1982) na Flórida, EUA, usando o método do rizotron avaliaram o sistema radicular de plantas de laranjeira ‘Valência’ sobre limoeiro ‘Rugoso’ e citrangeiro ‘Carrizo’ em solo arenoso profundo e bem drenado. Verificaram para ambos os porta-enxertos, aos nove meses após o plantio no campo, que as raízes tinham atingido a profundidade de 1,5 m e que aos treze meses após o plantio a soma do comprimento total das raízes finas excedeu os 3000 m, representando mais de 98% do comprimento total do sistema radicular composto pelas raízes grossas (laterais e pivotantes) e finas.

Os pêlos absorventes que aumentam a superfície de absorção das raízes são poucos desenvolvidos em citros (KRIEDEMANN; BARRS, 1981). Eles ocorrem nas extremidades das raízes, na região de maturação que antecede a zona de crescimento ou alongamento e da coifa, que fica na ponta da raiz (QUEIROZ-VOLTAN; BLUMER, 2005). Castle e Krezdorn (1979), por meio de microscopia eletrônica, verificaram a presença de pêlos absorventes com comprimento de 10 a 100 micrômetros concentrados entre 0,3 a 5 mm distantes da ponta de raízes finas com diâmetro entre 0,9 a 1,2 mm, podendo se estender até 15 ou 20 cm em menor quantidade. Encontraram três tipos de formas para esses pêlos absorventes: tubular, cônico e em forma de papilas.

Santos et al. (2005) verificaram que as raízes finas de citros com diâmetros entre 0,5 e 2 mm foram as que mais extraíram água do solo, sendo consideradas as mais eficientes na extração de água e nutrientes em plantas cítricas (KRIEDEMANN; BARRS, 1981). Souza et al. (2007) avaliaram o efeito da irrigação por aspersão sobre a distribuição de

raízes finas com diferentes diâmetros (<0,5 mm, entre 0,5 e 1 mm e >1 mm) em laranjeira 'Pêra' sobre limoeiro 'Rugoso' e verificaram efeitos dos tratamentos apenas em raízes com o diâmetro menor que 0,5 mm na linha das plantas e com o diâmetro entre 0,5 e 1 mm na entrelinha. Souza et al. (2008) verificaram que as raízes finas predominantes foram aquelas com diâmetro menor que 1 mm, em plantas com 15 anos de laranjeira 'Hamlin' em porta-enxerto de limoeiro 'Cravo'.

O crescimento de raízes de citros é um complexo processo fisiológico por meio do qual estão combinados efeitos diretos de fatores ambientais e mecanismos endógenos das plantas. O crescimento da raiz envolve a alongação e o aumento em diâmetro, influenciado por fatores ambientais. O crescimento cessa abaixo de temperaturas de 13 °C ou acima de 36 °C com o ótimo próximo de 26 °C. As raízes tornam-se suberizadas quando formalmente ativas, momento em que as suas pontas brancas tornam-se marrom amareladas, indicando que elas perderam o caráter meristemático. As raízes têm como função a atividade fisiológica relacionada com a absorção de água e nutrientes pelas plantas, mas também têm um papel na síntese de hormônios (CASTLE, 1978), além da função de sustentação e fixação da planta no solo. Ocorre alternância entre os fluxos de crescimento do sistema radicular com os fluxos de crescimento de brotos, mostrando que esses eventos não são independentes e durante o período de inverno ocorre paralização do crescimento das raízes (BEVINGTON; CASTLE, 1982).

Entre os vários métodos de amostragem existentes para o estudo do sistema radicular, o método do trado é o mais adequado para amostras de volume de raízes do solo, indicado para determinar a quantidade de raízes finas de árvores. Está entre os métodos mais importantes na pesquisa ecológica da raiz, que estuda a influência de fatores ambientais no desenvolvimento do sistema radicular da planta (BÖHM, 1979). Na cultura de citros tem sido largamente utilizado (MONTENEGRO, 1960; MOREIRA, 1983; PACE; ARAÚJO, 1986; SOUZA et al., 2008).

Os porta-enxertos têm acentuada influência no sistema radicular da planta cítrica, afetando a quantidade e a distribuição das radículas no solo (MOREIRA, 1992). Por sua vez, a variedade copa também exerce influência sobre o volume e distribuição de raízes conforme observado em estudos que avaliaram diferentes copas para um mesmo porta-enxerto (MONTENEGRO, 1960). Para um mesmo tipo de solo, certos porta-enxertos podem apresentar um extenso e vigoroso sistema radicular com abundância de radículas, enquanto outros podem apresentar um sistema radicular mais superficial e com as radículas concentradas na superfície. Essas diferenças não são constantes e podem variar com as

alterações nas características físicas, químicas e biológicas do meio onde se encontram as raízes, que afetam não apenas a distribuição, mas também o crescimento e função das mesmas. Um mesmo porta-enxerto pode apresentar grande variação no volume de raízes produzidas em função do tipo de solo (VASCONCELLOS et al., 1989). A textura é uma das propriedades do solo que mais determina a distribuição das raízes, cujo crescimento é mais vigoroso em solos arenosos, exceto quando ocorrem camadas de impedimento com altos conteúdos de matéria orgânica ou argila. (MONTENEGRO, 1960; CASTLE, 1978; SOUZA et al. 2008).

Em camadas subsuperficiais do solo a atividade de raízes é influenciada por propriedades físicas e químicas, como camadas do solo compactadas, deficiência em oxigênio ou acidez (LEHMANN, 2003). Avilan et al. (1986) verificaram em plantas com seis anos de idade de laranjeira ‘Valência’ enxertada em ‘Cleópatra’ que 58% das raízes se concentraram nos primeiros 10 cm do solo devido à presença de camada compactada a partir dos 20 cm de profundidade, com teor de argila em torno de 40% e macroporosidade de $5 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, condição onde a penetração de raízes foi nula ou muito escassa.

No Brasil, o trabalho de Montenegro (1960) no Estado de São Paulo foi pioneiro em estudar a parte ativa do sistema radicular das plantas cítricas. Avaliaram as raízes finas menores ou iguais a 1,5 mm de plantas com dez anos de idade de clones velhos de laranjeira ‘Hamlin’, ‘Pêra’ e ‘Baianinha’ sobre vários porta-enxertos, em dois tipos de solo. Verificaram que o desenvolvimento das raízes das plantas sofreu interação entre a cultivar copa e o porta-enxerto. Em copa de laranjeira ‘Baianinha’ o peso médio de raízes em combinação com a ‘Cleópatra’ foi 3,5 vezes superior ao trifoliata e 1,6 vezes superior ao ‘Cravo’. Em copa de laranjeira ‘Hamlin’ e ‘Pêra’, nas quais a ‘Cleópatra’ não estava incluída, a massa média de raízes do trifoliata foi superior ao ‘Cravo’ em aproximadamente 1,7 vezes e ambos inferiores aos demais porta-enxertos avaliados, como o limoeiro ‘Rugoso da Flórida’ e a laranjeira ‘Caipira’. Foi observada marcante influência da variedade copa sobre o sistema radicular, em que a laranjeira ‘Hamlin’ teve um efeito expressivo em aumentar o sistema radicular em relação às outras copas, independente do porta-enxerto. O volume e o crescimento vertical de raízes foram inferiores no solo com presença de camada adensada no subsolo e maiores teores de alumínio em profundidade em relação ao solo sem esses impedimentos. Os autores observaram que em geral as plantas apresentaram acima de 90% das raízes na camada de solo que vai da superfície até a profundidade de 60 cm.

Rodriguez et al. (1978) em Limeira, São Paulo, em Latossolo Vermelho Escuro textura média, avaliaram o sistema radicular de laranjeira ‘Valência’ enxertada em três

porta-enxertos, com irrigação e em condições de sementeira e viveiro. Dependendo das condições e da idade das plantas (dois e três anos) verificaram que ‘Cravo’ produziu uma quantidade total de raízes de 198 a 280% superior ao trifoliata e de 4,8% inferior a 47% superior à ‘Caipira’. A profundidade das raízes de ‘Cravo’ atingiu de 160 a 220 cm, ‘Caipira’ de 100 a 190 cm e trifoliata de 70 a 160 cm. Até os 50 cm de profundidade a concentração de raízes de ‘Cravo’ variou de 79,5 a 86,8%, em ‘Caipira’ de 76 a 81% e em trifoliata de 86 a 90,6%.

Moreira (1983) no Estado de São Paulo, em clima Cwa, em área com vegetação original de cerrado e transição entre dois tipos de Latossolo, avaliaram as raízes de laranjeira ‘Pêra’ sobre ‘Cravo’ com seis anos de idade, sob 12 tratamentos aplicados na linha de plantio envolvendo capina e vários tipos de herbicida. Verificaram que não houve efeito dos tratamentos sobre as raízes na linha de plantio e que 50% das radículas com até 1,5 mm de diâmetro foram encontradas nos primeiros 15cm do solo e mais 10% até a profundidade de 30cm. Dentro da projeção da copa, 70% das radículas se concentravam até os 60 cm de profundidade.

Pace e Araújo (1986) no Estado do Rio de Janeiro, em clima Aw e em Argissolo Vermelho Amarelo arenoso avaliaram plantas com seis anos de idade de laranjeira ‘Natal’ sobre vários porta-enxertos. ‘Cravo’ e trifoliata tiveram média equivalente em massa de raízes e 30% inferior ao ‘Volkameriano’. Este porta-enxerto teve 49,6 % de radículas concentradas nos primeiros 20 cm de solo, ‘Cravo’ 36,4 e trifoliata 38,5%. Até os 60 cm de profundidade, ‘Volkameriano’ somou 66,4% do total de radículas, ‘Cravo’ 48,5 e trifoliata 52,5%. O ‘Volkameriano’ concentrou em torno de 80% das radículas até a projeção da copa e ‘Cravo’ e trifoliata próximo de 90%. As raízes de ‘Cravo’ chegaram a 3,2 m de profundidade e a 2,7 m distante do tronco, enquanto que as de ‘Volkameriano’ chegaram a 2,4 m de profundidade e 3,9 m do tronco e de trifoliata a 2,8 m de profundidade e a 2,1 m do tronco.

Oliveira et al. (1998) em Minas Gerais usando o método do trado e o conceito de profundidade e distância efetiva do tronco, como aquelas onde se encontram pelo menos 80 % do sistema radicular da planta, encontraram uma profundidade efetiva de 0,56 m e distância efetiva do tronco de 1,65 m, para plantas de laranjeira ‘Pêra’ sobre tangerineira ‘Cleópatra’ com seis anos de idade e sem irrigação.

Neves et al. (2004) na região Noroeste do Paraná, em Latossolo Vermelho distroférico argiloso, usando o método da trincheira e considerando raízes com até 2 mm de diâmetro em plantas de limeira ácida ‘Tahiti’, com 11 anos de idade, não encontraram diferenças na área de raiz acumulada entre trifoliata, ‘Cravo’, ‘Rugoso da África’, ‘Sunki’ e

‘Volkameriano’, com diferenças significativas apenas para o citrangeiro ‘C13’, que superou o ‘Volkameriano’. Na linha de plantio, a profundidade efetiva variou de 31 cm para o ‘Volkameriano’ e ‘Rugoso da África’ e a 53 cm para o trifoliata e o citrange ‘C13’. Na entrelinha a profundidade efetiva foi de 67 a 68 cm para todos os porta-enxertos. A distância efetiva encontrada foi similar ao raio da copa para todos os porta-enxertos, na direção da linha e entrelinha, indicando que houve uma maior concentração de raízes sob a copa das plantas. Neves et al. (2008) nessa mesma região e tipo de solo verificaram em copa de tangerineira ‘Poncã’ um maior comprimento de raízes na linha de plantio para tangerina ‘Cleópatra’, em relação aos limoeiros ‘Cravo’, ‘Rugoso’ e citrange ‘C13’. A profundidade efetiva do sistema radicular foi de 0,36 a 0,75 m na linha de plantio, não havendo diferenças entre os porta-enxertos. Na entrelinha variou de 0,46 a 0,74 m, em que ‘Cleópatra’ e ‘Rugoso’ foram equivalentes ao ‘Cravo’ e superiores ao citrangeiro ‘C13’.

Magalhães Filho et al. (2008), em condições de casa de vegetação, verificaram que a maior tolerância à seca do ‘Cravo’ pode estar relacionada com a sua capacidade de crescimento de raízes, mesmo sob condições de deficiência hídrica. A laranjeira ‘Valência’ sobre limoeiro ‘Cravo’ teve o sistema radicular mais desenvolvido em relação ao trifoliata, tanto na presença como na ausência de deficiência hídrica no solo.

No Nordeste do Brasil, a presença de camadas superficiais coesas em solos dos Tabuleiros Costeiros tem provocado sérias restrições ao aprofundamento do sistema radicular constituindo-se num dos fatores responsáveis pela vulnerabilidade dos citros ao déficit hídrico comum naquela região. Cintra et al. (1999) em Sergipe, em solo com textura arenosa e com B textural, usando o método da trincheira verificaram em copa de laranjeira ‘Pêra’ com 11 anos que a tangerina ‘Cleópatra’ superou os limoeiros ‘Cravo’, ‘Volkameriano Catânia’ e ‘Volkameriano Palermo’ e o limoeiro ‘Rugoso’ em volume de raízes que chegou a ser o dobro que o volume do limoeiro ‘Cravo’. A ‘Cleópatra’ mostrou também uma tendência para o aprofundamento do sistema radicular em relação aos demais. Independente dos porta-enxertos, 90 % das raízes se concentraram nos primeiros 40 cm de profundidade.

Souza et al. (2008) na Bahia verificaram efeito do tipo de solo sobre o desenvolvimento do sistema radicular de copa de laranjeira ‘Hamlin’ sobre limoeiro ‘Cravo’ com 15 anos de idade. Em solo não coeso e arenoso, a densidade de raízes superou em 3,4 a 4,1 vezes outros dois tipos de solos coesos, que também limitaram o crescimento vertical das raízes. A profundidade efetiva foi de 0,80 m no solo arenoso sem coesão e de 0,59 m num dos solos com coesão (Argissolo coeso), que teve os menores valores de macroporosidade em todo o perfil, abaixo do limite crítico de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$.

Carvalho et al. (1999) em trabalhos desenvolvidos nos Estados da Bahia e Sergipe, em Latossolo Amarelo coeso, em plantas de laranjeira 'Pêra' sobre 'Cravo', verificaram, em três safras avaliadas, relação entre o aumento do volume e aprofundamento do sistema radicular e aumento da produtividade das plantas com o uso de técnicas de manejo baseadas no cultivo de leguminosas nas entrelinhas dos pomares manejadas com roçadeira, em relação ao uso de manejo baseado no uso de gradagens para controle da vegetação das entrelinhas.

Avilan et al. (1986), na Venezuela, verificaram estreita relação da produtividade e também do volume de solo explorado pelo sistema radicular com o tamanho e estado nutricional de plantas de laranjeira 'Valência' sobre laranjeira 'Azeda' (*C. aurantium*), cultivada em solos com diferentes condições físicas e químicas.

Considerando o conjunto dos resultados observados nesses trabalhos, a profundidade efetiva do sistema radicular (80% das raízes) situou-se ao redor de 60 cm, variando de 36 a 80 cm. A distância efetiva do tronco (80%) geralmente coincide com a projeção da copa, podendo excedê-la um pouco mais. Quanto às diferenças entre os porta-enxertos sobre o desenvolvimento do sistema radicular, os resultados são bastante variáveis dependendo do tipo de copa, condições do solo, clima e manejo. Entretanto, a tangerina 'Cleópatra' apareceu entre os porta-enxertos com maior volume de sistema radicular, enquanto 'Cravo' e trifoliata apresentaram resultados mais variáveis dependendo da situação.

3 ARTIGO A – DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS DE LARANJEIRA ‘VALÊNCIA’ EM SEIS PORTA-ENXERTOS, SOB DIFERENTES PREPAROS DE SOLO E CALAGEM

3.1 RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar duas formas de preparo do solo e da calagem sobre a produção e a qualidade dos frutos de laranjeira ‘Valência’ enxertada em diferentes porta-enxertos. O experimento foi instalado em área ocupada por pastagem com grama mato-grosso (*Paspalum notatum*), em Latossolo Vermelho Escuro com textura arenosa/média, no município de Nova Esperança, Noroeste do Paraná. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, no esquema de parcelas sub-subdivididas, com três repetições e três plantas úteis por parcela. Nas parcelas foi estudado o preparo do solo, convencional (PC) e em faixa (PF); nas subparcelas a adição e não de calcário; e nas sub-subparcelas seis porta-enxertos: limoeiros ‘Cravo’ (*Citrus limonia*) e ‘Volkameriano’ (*Citrus volkameriana*), tangerineiras ‘Cleópatra’ (*Citrus reshni*) e ‘Sunki’ (*Citrus sunki*), citrangeiro (*Poncirus trifoliata* x *Citrus sinensis*) e trifoliata (*Poncirus trifoliata*). Como variedade copa foi utilizada a laranjeira ‘Valência 718’ (*Citrus sinensis*), plantada em janeiro de 1994 no espaçamento de 7 x 4 m. Foi utilizado calcário dolomítico no tratamento com calagem, que recebeu 3 t ha⁻¹ antes da implantação e 1,65 t ha⁻¹ em 1998. Em 15 anos foram avaliadas as seguintes variáveis: desenvolvimento vegetativo, nutrição, produção, eficiência de produção, qualidade de frutos e sobrevivência das plantas, além dos atributos químicos e físicos do solo e a cobertura vegetal das entrelinhas. O limoeiro ‘Cravo’ não mostrou boa adaptação para ser utilizado em pomar implantado com o preparo do solo em faixa, em área originalmente ocupada com a grama mato-grosso, mantendo essa gramínea nas entrelinhas das laranjeiras. A produção de frutos com calagem foi maior quando enxertada em trifoliata e citrange, mas não foi alterada significativamente para os demais porta-enxertos. Em trifoliata, em 11 safras, a calagem aumentou em 25% a produção. Aos 13 anos após o plantio a tangerineira ‘Cleópatra’ induziu volume de copa equivalente à ‘Sunki’ e superior aos demais porta-enxertos. Em 11 safras avaliadas, ‘Cravo’, ‘Cleópatra’, ‘Sunki’ e citrange foram equivalentes em produção de frutos por planta e superiores ao trifoliata e ‘Volkameriano’. Porém, na presença da calagem, o trifoliata induziu a maior eficiência de produção, equivalente ao citrange e superior aos demais porta-enxertos. Trifoliata proporcionou também maior índice tecnológico aos frutos, equivalente às tangerineiras e superior aos limoeiros. Todos os teores foliares de nutrientes avaliados foram influenciados pelos porta-enxertos, que induziram diferenças marcantes no padrão nutricional das laranjeiras. Aos 13 anos após o plantio, a sobrevivência de plantas sobre ‘Cravo’ foi de 69,5% e em ‘Cleópatra’ foi de 100%.

Abstract

The objective of this work was to evaluate two systems of soil preparation and liming on the yield and the fruit quality of ‘Valencia’ orange trees grafted on different rootstocks. The experiment was established in a field originally occupied by *Paspalum notatum* grass, in a Typic Haplorthox soil, in Nova Esperança municipality, Northwest of Paraná State, Brazil. The experiment was set up in a complete randomized blocks design with three replications in a split-split plot arrangement, with three useful plants for plot. The main plots were used to

study soil preparation, comparing conventional preparation in the whole area (CP) against minimum preparation just in strip (SP); in the split plot, the application and not of limestone; and in the split split plots, six rootstocks: ‘Rangpur’ lime (*Citrus limonia*), ‘Volkameriana’ lemon (*Citrus volkameriana*), ‘Cleopatra’ (*Citrus reshni*) and ‘Sunki’ (*Citrus sunki*) mandarins, citrangeiro (*Poncirus trifoliata* x *Citrus sinensis*) and trifoliata (*Poncirus trifoliata*). The scion was ‘Valencia 718’ orange trees (*Citrus sinensis*), planted in January of 1994 in 7 x 4 m spacing. Dolomite limestone was used in the liming treatment that received 3 t ha⁻¹ before the implantation and 1.65 t ha⁻¹ in 1998. In 15 years the following variables were evaluated: plant nutrition, production and fruit quality, vegetative development, yield efficiency and plant survival, besides of the soil chemical and physical attributes and inter-row weed covering. The ‘Rangpur’ lime was considered little adapted to be used in orchard implanted with soil preparation in strip, in a field originally occupied by *Paspalum notatum* grass. The response in fruit production with the use of liming was significant higher in trees on trifoliata and citrange and not significant in other rootstocks. In trifoliata, in 11 crops, the liming increased 25% of production. Thirteen years after the planting ‘Cleopatra’ mandarin trees induced larger cup canopy volume, equivalent to ‘Sunki’ and larger than the other rootstocks. In eleven evaluated crops, the production of fruits for plant on ‘Rangpur’, ‘Cleopatra’, ‘Sunki’ and citrange was higher than in trifoliata and ‘Volkameriana’. However, under liming treatment, trifoliata induced the highest yield efficiency, equivalent to the citrange and higher than the other rootstocks. Trifoliata provided higher technological index to the fruits, equivalent to the mandarins and larger than in ‘Rangpur’ and ‘Volkameriana’. All the evaluated nutrient contents were influenced by rootstocks that induced outstanding differences in the nutrition pattern of the orange trees. Thirteen years after the planting, the survival of plants on ‘Rangpur’ was 69.5% and 100% on ‘Cleopatra’.

3.2 INTRODUÇÃO

No Paraná o cultivo de laranja conta com uma área de 20.200 ha que vem se ampliando nas regiões norte e principalmente no Noroeste do Estado (ANDRADE, 2009; FOLHA RURAL, 2010). Esta região é ocupada predominantemente por solos originados da Formação Arenito Caiuá, caracterizados por baixos teores de argila, baixa reserva de nutrientes minerais e baixa resistência à erosão hídrica (EMBRAPA, 1984) e, ao mesmo tempo, sujeita à ocorrência de chuvas com alto potencial erosivo (RUFINO, 1996), condições que exigem o emprego de tecnologias adequadas para a exploração agrícola sustentável deste ambiente.

As recomendações de preparo do solo para o plantio de citros preconizam o método denominado de preparo convencional que prevê o revolvimento do solo em área total através de operações mecanizadas de aração e gradagem, com o objetivo principal de incorporação de calcário para correção da acidez e neutralização do alumínio do solo e fornecimento de cálcio e magnésio às plantas cítricas (MALAVOLTA; VIOLANTE NETO, 1989; DE NEGRI et al., 2005; QUAGGIO et al., 2005); além de poder atuar em eventuais

condições físicas desfavoráveis do solo que limitem o desenvolvimento normal das raízes, como a ocorrência de compactação (MAZZA et al., 1994; CORÁ et al., 2005).

Como desvantagem esse método implica em grande risco de erosão, devido ao revolvimento do solo com remoção total da cobertura vegetal e conseqüente exposição da sua superfície, condição que favorece a ocorrência de processos erosivos de intensidade severa na fase de implantação e período inicial de formação dos pomares (POLITANO; PISSARRA, 2005), além de onerar os custos de implantação pelo grande número de operações mecanizadas.

Visando contornar esses problemas associados ao uso do preparo convencional na implantação de pomares foi proposto o preparo do solo em faixa (RUFINO et al., 1992), um tipo de preparo mínimo que restringe a 30% o revolvimento do solo, mantendo o restante da área sob cobertura vegetal original. Resultados publicados sobre a utilização deste sistema de preparo demonstraram que a produção de frutos e as condições de fertilidade química do solo de pomares de laranjeira ‘Pêra’ foram equivalentes às obtidas com o preparo convencional (AULER et al., 2008a), sem comprometer as condições físicas do solo (FIDALSKI et al., 2009), em pomares implantados em áreas ocupadas por pastagem.

Entretanto, como as plantas de citros exigem condições adequadas de pH do solo e disponibilidade de Ca e Mg, existe a necessidade de se avaliar a prática da calagem frente a essa nova forma de preparo do solo, uma vez que, neste caso, a incorporação do calcário ao solo é realizada apenas na faixa de plantio e, na entrelinha, permanece sobre a superfície. A calagem é uma prática importante para a citricultura do Noroeste do Paraná, principalmente como suprimento de Ca e Mg às plantas cítricas (FIDALSKI; AULER, 1997), devendo-se considerar ainda as diferenças de comportamento entre porta-enxertos quanto à resposta à calagem (PAVAN; JACOMINO, 1998), tornando-se importante estudar como respondem a esses fatores frente às condições edafoclimáticas desta região.

O limoeiro ‘Cravo’ tem sido o porta-enxerto utilizado predominantemente no cultivo de laranjeiras nas principais regiões citrícolas do Brasil, emprego que tem sido motivado principalmente pela maior produtividade obtida por este porta-enxerto (POMPEU JUNIOR et al., 1981; ALVARENGA et al., 1986; ROBERTO et al., 1999), apesar da sua grande suscetibilidade ao declínio dos citros e à morte súbita (POMPEU JUNIOR, 2005). Na recente citricultura do Norte e Noroeste do Paraná, com pouco mais de 20 anos (TORMEM, 2007), o uso desse porta-enxerto também é predominante, porém, resultados de pesquisas obtidas nestas condições edafoclimáticas têm demonstrado que o mesmo pode ser superado pelas tangerineiras ‘Cleópatra’, em copa de ‘Folha Murcha’ (STENZEL et al., 2005), e

‘Sunki’, em copa de laranjeira ‘Valência’ (AULER et al., 2008b). Segundo esses resultados e os obtidos por Pompeu Junior et al. (1981) no Norte do Estado de São Paulo e Köller et al. (1999) no Rio Grande do Sul, o limoeiro ‘Cravo’ pode ainda apresentar resultados equivalentes a porta-enxertos como o trifoliata e citrangeiros, quanto à eficiência de produção e inferiores quanto à qualidade do fruto.

Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de duas formas de preparo do solo, da calagem e de seis porta-enxertos sobre a nutrição, o crescimento, a produção e a qualidade de frutos de laranjeira ‘Valência’, assim como sobre os atributos químicos e físicos do solo e sobre a cobertura vegetal das entrelinhas. Teve como objetivo também avaliar o efeito dos porta-enxertos sobre a sobrevivência das plantas.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em janeiro de 1994, localizado a 23°09’12’’ de latitude sul e 52°08’40’’ de longitude oeste, em altitude de 434 m, na propriedade de cultivo comercial de laranjeiras sítio Nossa Senhora, município de Nova Esperança, Noroeste do Paraná. O clima é classificado como subtropical Cfa (segundo KÖPPEN), com concentração das chuvas no verão, sem estação seca definida, porém com período mais seco no inverno, com a menor precipitação mensal (50 mm) ocorrendo no mês de agosto, temperatura anual média de 22 °C e precipitação anual de 1400 mm (IAPAR, 2000; Anexo A). Foi implantado em delineamento experimental de blocos ao acaso, no esquema de parcela sub-subdividida, com três repetições e três plantas úteis por parcela, num total de 72 parcelas experimentais. Nas parcelas foi estudado o preparo do solo, convencional e em faixa; nas subparcelas a adição e não de calcário e nas sub-subparcelas seis porta-enxertos: limoeiros ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osb.) e ‘Volkameriano’ (*Citrus volkameriana* Pasq.), tangerineiras ‘Cleópatra’ (*Citrus reshni* hort. ex Tan.) e ‘Sunki’ (*Citrus sunki* hort. ex Tan.), citrangeiro [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf. x *Citrus sinensis* (L.) Osb.] e trifoliata [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.]. Como variedade copa utilizou-se a laranjeira ‘Valência 718’ [*Citrus sinensis* (L.) Osb.], acesso IAPAR-94, plantada no espaçamento de 7 x 4 m. O porta-enxerto indentificado como citrangeiro teve sua identidade genética comprovada por testes moleculares, porém a variedade não é informada devido a dúvidas que surgiram quanto a sua correta identificação, devendo tratar-se, muito provavelmente, de ‘Troyer’.

A área experimental era ocupada por pastagem com grama mato-grosso (*Paspalum notatum*), localizada no terço inferior da pendente com declividade de 5 cm m⁻¹, em Latossolo Vermelho distrófico textura arenosa/média. Em amostragem realizada em outubro de 2006, com a coleta realizada no centro das entrelinhas, o solo apresentou respectivamente para as frações argila, silte e areia os seguintes resultados (expressos em g kg⁻¹), pelo método da pipeta (CLAESSEN, 1997): profundidades de 0-10 cm (125, 10 e 865); 10-20 cm (160, 20 e 820); 20-40 cm (190, 15 e 775); 40-60 cm (210, 15 e 775); e de 60-100 cm (210, 10 e 780). Os dados referentes aos atributos químicos do solo anteriores à implantação do experimento encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Atributos químicos do solo antes da implantação do experimento (setembro de 1993).

Profundidade cm	P mg dm ⁻³	C g dm ⁻³	pH (CaCl ₂)	Al	H+Al	Ca	Mg Cmol _c dm ⁻³	K	SB	CTC	V %	m
0-20	1,5	8,9	4,5	0,24	4,28	1,18	0,74	0,37	2,29	6,57	34,8	9,5
20-40	1,1	6,9	4,2	0,65	4,61	0,95	0,37	0,12	1,44	6,05	23,8	31,1

No preparo convencional o solo foi gradeado e arado em área total e no preparo em faixa essas operações foram realizadas somente numa faixa de 2 m de largura, permanecendo as entrelinhas com a pastagem original; antes das operações de preparo do solo foi aplicado 3 t ha⁻¹ de calcário dolomítico sobre a pastagem em área total nas subparcelas com calagem, em ambos os tratamentos de preparo do solo. Em agosto de 1998 foi reaplicado 1,65 t ha⁻¹ de calcário dolomítico em superfície e sem incorporação nas subparcelas dos tratamentos com calagem e em ambos os tratamentos de preparo do solo. O calcário tinha PRNT de 75,1% e teores de CaO e MgO de 29% e 19%, respectivamente. A calagem foi calculada pelo método da saturação por bases considerando V₂=70%. As covas de plantio foram realizadas por meio de sulcos profundos abertos em toda a extensão das linhas de plantio, recebendo o equivalente a 500 g de super fosfato simples por planta. Foi aplicado em cobertura por ano e por hectare, aproximadamente 150 kg de nitrogênio, 60 kg de P₂O₅, 100 kg de K₂O e 0,5 kg de boro. Foram realizadas adubações foliares a base de zinco e fosfite anuais e de boro, manganês e cálcio com menor frequência; duas adubações orgânico-minerais (com fósforo) de 2 e 3 kg planta⁻¹ aplicadas respectivamente em agosto de 2004 e 2005 e uma adubação em dezembro de 2007 de 3 kg planta⁻¹ com esterco de galinha aplicado

de forma localizada entre uma planta e outra. Após a implantação, as entrelinhas do tratamento com preparo convencional do solo foram naturalmente ocupadas com cobertura vegetal espontânea, que logo nos primeiros anos passou a ser predominada pela *Brachiaria decumbens*, enquanto que nas entrelinhas do preparo em faixa a espécie predominante foi a grama mato-grosso. O manejo da vegetação das entrelinhas foi com roçadeira duas vezes por ano e das linhas de plantio por meio de capinas manuais ou herbicida pelo menos três vezes por ano, com o controle se estendendo até 0,5 m além do limite externo da projeção das copas das laranjeiras. Esse tipo de manejo permitia a formação de biomassa vegetal em ambos os locais, mas principalmente nas entrelinhas, que após manejadas eram mantidas sobre o solo.

As avaliações da produção foram realizadas de 1996 a 2007, obtendo-se a massa total de frutos por planta colhidos das três plantas úteis no momento em que atingiam a maturação adequada para o consumo, normalmente em outubro. As produções acumuladas de 1996 a 1999, 2000 a 2007 e de 1996 a 2007 foram obtidas somando-se as médias de produção anual por planta de cada sub-subparcela dos anos envolvidos nesses períodos.

Em avaliações realizadas em 1999, 2003, 2004 e 2007 foram obtidos, por meio de régua graduada, os dados relativos à altura das plantas e diâmetro das copas, que foram utilizados para o cálculo do volume da copa, com a seguinte fórmula: $V = \frac{2}{3} \pi R^2 H$, onde V é o volume (m^3), R é o raio da copa (m) e H, a altura da planta (m) (MENDEL, 1956). Também foi avaliado o diâmetro do tronco a 5 cm acima e abaixo da linha de enxertia. Essas avaliações foram realizadas nas três plantas úteis de cada sub-subparcela experimental. A eficiência de produção foi calculada dividindo-se o valor da produção em cada um desses anos pelo respectivo volume de copa obtido no mesmo ano. Posteriormente foi calculada a média desses quatro anos para cada variável.

A massa dos frutos foi obtida de uma amostra de 60 frutos por sub-subparcela (20 frutos por planta útil) coletada nos anos de 1998 a 2007, obtendo-se posteriormente a massa média por fruto para os períodos de 1998 a 2000, 2000 a 2007 e 1998 a 2007. Na avaliação das demais variáveis relacionadas com a qualidade dos frutos foram realizadas amostragens em outubro de 2002, 2004, 2005 e 2007 coletando-se nove frutos da posição mediana da copa por sub-subparcela (três frutos por planta útil). Os frutos coletados foram submetidos às seguintes avaliações: rendimento de suco (RS, em %) [(relação entre as massas do suco e dos frutos) x 100], com extração do suco obtida através de extratora marca Croydon[®] (550 Watts, 50/60 ciclos); sólidos solúveis totais (SST), medidos em graus Brix por meio de leitura direta em refratômetro de bolso marca Kiltler, com os valores corrigidos para 20 °C; acidez titulável total (ATT) do suco, determinada por titulometria com solução de

NaOH a 0,1 N e indicador fenolftaleína (AOAC, 1990), sendo os resultados expressos em porcentagem de ácido cítrico. O *ratio* foi calculado pela relação entre SST e ATT e o índice tecnológico (IT), equivalente à quantidade de sólidos solúveis totais no suco (kg) em uma caixa de frutos de 40,8 kg, obtido pela seguinte fórmula: $IT = (RS.SST.40,8) 10^{-4}$ (DI GIORGI et al., 1990). Também foi calculado o rendimento industrial (RI), ou seja, o número de caixas de laranja para produzir uma tonelada de suco concentrado, de acordo com a seguinte fórmula: $RI = 660 IT^{-1}$, onde 660 = 660 kg de sólidos solúveis em 1000 kg de suco concentrado e IT = índice tecnológico. Foi realizada ainda uma avaliação adicional sobre a qualidade do fruto em que se determinou a firmeza dos frutos realizada com penetrômetro Texture Analyzer modelo TA-XT2i, do Laboratório de Tecnologia de Alimentos da UEL. As medições foram feitas em seis frutos de cada uma das 72 sub-subparcelas coletados em 12 de novembro de 2008.

A porcentagem de sobrevivência das plantas foi obtida pela relação entre o número de plantas úteis sadias e em condições normais de produção e o número de plantas úteis improdutivas ou mortas pela ocorrência de declínio dos citros ou por gomose. A avaliação e registro do número de plantas com problemas foi realizada anualmente por meio de observação das plantas durante todo o período de duração do experimento até dezembro de 2008. O diagnóstico de declínio foi confirmado por meio dos testes de indexação de teores de zinco no tecido do tronco (WUTSCHER et al., 1977) realizado em outubro de 2008 e da absorção de água no tronco injetada por seringa (LEE et al., 1984) realizado em dezembro de 2008, enquanto o diagnóstico de gomose foi realizado por meio da observação dos sintomas dessa doença nas plantas, associados com a presença de lesão típica no tronco e ocorrência de goma, além do teste negativo para o declínio nessas plantas. As plantas úteis consideradas improdutivas foram desconsideradas da parcela útil para efeito da avaliação da produção de frutos e demais variáveis avaliadas.

Em novembro de 2007 foi realizada avaliação para identificar as principais espécies vegetais presentes nas entrelinhas e verificar a taxa de cobertura do solo proporcionada pelas mesmas. A taxa de cobertura foi estimada por um observador utilizando um quadro com 0,25 m² dividido em quatro quadrantes. Em cada um dos quadrantes era identificada a espécie vegetal e estimada a porcentagem de cobertura do solo proporcionada pela mesma. Foram realizadas leituras num total de 24 quadrantes por sub-subparcela, aplicando-se o quadro dos dois lados de cada planta útil, localizando-o entre o centro da entrelinha e a projeção da copa das plantas.

A amostragem de folhas para análise dos teores foliares de nutrientes foi realizada em fevereiro dos anos de 1998 a 2001 e em 2007, coletando-se a 3ª ou 4ª folha a partir do fruto em cada quadrante das plantas úteis e na altura mediana da copa (GPACC, 1994). As análises químicas foliares foram efetuadas conforme Miyazawa et al. (1992), utilizando-se os seguintes métodos de extração: N e P (digestão sulfúrica), Ca, Mg, K, B e Zn (solução de HCl 1 mol L⁻¹).

Amostragens para avaliar os atributos químicos do solo foram realizadas em dois locais, no centro das entrelinhas e na projeção da copa das plantas de 1998 a 2001 e em 2007. Para cada um dos locais (projeção e entrelinha) foram coletadas 6 subamostras para compor uma amostra por parcela experimental, coletadas a 0-20 cm de profundidade de cada um dos lados de cada uma das três plantas úteis. Os detalhes das metodologias utilizadas nas análises químicas de solo encontram-se em Pavan et al. (1992), sendo o carbono orgânico (C) determinado pela metodologia de Walkley e Black, o pH em CaCl₂ e K e P por Mehlich.

Para a análise dos atributos físicos do solo amostras indeformadas foram coletadas em fevereiro de 2009, em um dos lados da planta útil central de cada sub-subparcela dos porta-enxertos 'Cravo', 'Cleópatra' e trifoliata. A coleta foi realizada no limite da projeção da copa das laranjeiras, com anéis de aço com 5 cm de altura e 5 cm de diâmetro, nas camadas intermediárias de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade, totalizando 144 amostras. Em laboratório, as amostras foram preparadas e saturadas em bandejas, mantendo-se uma lâmina de água em torno de dois terços da altura dos anéis. A macroporosidade foi obtida pela diferença entre o conteúdo de água saturado e o conteúdo de água após a aplicação de 6 kPa. A microporosidade foi estimada como conteúdo de água retido na tensão de 6 kPa. A porosidade total e a densidade do solo foram determinadas após secagem das amostras em estufa a 105 °C por 48 h (CLAESSEN, 1997).

Os dados foram submetidos à análise de variância de acordo com o delineamento em parcelas sub-subdivididas utilizado e a comparação das médias foi realizada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com N=72 para todas as variáveis, com exceção dos atributos físicos do solo, que tiveram N=36, pois neste caso as avaliações se restringiram a apenas três dos seis porta-enxertos em estudo. Antes de serem submetidos à análise de variância todos os dados foram analisados quanto aos pressupostos de homogeneidade de variâncias (HARTLEY) e normalidade (SHAPIRO-WILK) dos resíduos. O desdobramento dos graus de liberdade de algumas interações com $P > F$ acima de 0,05 foi baseada em Barbin (2003), procedimento que possibilita a detecção de algum efeito de tratamento importante que

tenha ficado diluído na média da interação devido ao baixo grau de liberdade das parcelas e subparcelas em delineamentos com parcelas sub-subdivididas.

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente serão apresentados os resultados referentes às variáveis cobertura vegetal das entrelinhas e atributos químicos e físicos do solo, cujas alterações promovidas pelos tratamentos sobre os mesmos tiveram implicações sobre as demais variáveis relacionadas diretamente com as laranjeiras, como o desenvolvimento das plantas e a produção de frutos, apresentados posteriormente.

Cobertura vegetal das entrelinhas

O preparo do solo exerceu influência significativa sobre a taxa de cobertura vegetal total do solo nas entrelinhas das laranjeiras. No preparo em faixa a maior presença de mato-grosso (*Paspalum notatum*) garantiu uma maior cobertura total do solo, de 90,8%, em relação ao preparo convencional, que teve 71,9% de cobertura, proporcionada, neste caso, em 99,4% por *B. decumbens* (Tabela 2). O hábito de crescimento rasteiro ou estolonífero da grama mato-grosso proporciona melhor cobertura do solo em relação à *B. decumbens* cujo hábito de crescimento é cespitoso. O revolvimento do solo utilizado no preparo convencional suprimiu totalmente a ocorrência de grama mato-grosso que ocupava originalmente a área, passando as entrelinhas desse tratamento a serem ocupadas em 71,5% por *Brachiaria decumbens*, aos 13 anos após a implantação do experimento. No preparo em faixa, cujas entrelinhas não foram submetidas ao revolvimento do solo e foram mantidas com a cobertura original com a grama mato-grosso, esta espécie foi sofrendo concorrência e perdendo espaço ao longo dos anos para a *B. decumbens* (Tabela 2), espécie com grande potencial supressivo sobre outras plantas (SOUZA et al., 2006).

Os porta-enxertos também exerceram influência sobre a taxa de cobertura total do solo das entrelinhas. No tratamento com o porta-enxerto ‘Volkameriano’ ocorreu a maior taxa de cobertura total do solo e em ‘Cleópatra’ e citrange as menores taxas de cobertura (Tabela 2). Possivelmente, parte desse efeito esteja associado à concorrência por luz entre as laranjeiras e as espécies de cobertura, que é menor em plantas sobre porta-enxertos que induzem menor porte, como o ‘Volkameriano’, e maior naqueles que induzem maior

porte às plantas como ‘Cleópatra’, conforme resultados sobre crescimento das plantas apresentados em item posterior.

O desdobramento das interações significativas entre preparo do solo e calagem observadas nas espécies *B. decumbens* e mato-grosso (Tabela 2) revelaram que enquanto no preparo do solo convencional não houve efeito significativo da calagem sobre a taxa de cobertura do solo, no preparo em faixa o efeito foi significativo, em que a espécie *B. decumbens* parece ter sido favorecida pela calagem, pois neste caso apresentou 46% de ocupação do solo contra 37,1% da mato-grosso e, na ausência de calagem, a grama mato-grosso parece ter encontrado melhores condições de competitividade, mantendo a ocupação

Tabela 2 – Taxa de cobertura do solo de diferentes espécies presentes nas entrelinhas de pomar de laranjeira ‘Valência’, sob duas formas de preparo do solo, emprego e não de calagem e seis porta-enxertos, novembro de 2007.

Fatores	Cobertura do solo				
	<i>B. Decumbens</i>	Mato-grosso	Outras	Total	
Preparo do solo (PS)					
					%
Convencional	71,49	0,00	0,46	71,94	b ^y
Faixa	37,20	48,63	4,93	90,76	a
<i>P</i> > <i>F</i>	0,071	0,022	0,096	0,049	
CV(%)	75,6	126,7	237,1	22,5	
Calagem (Cal)					
Com	58,25	18,56	3,76	80,58	a ^y
Sem	50,43	30,07	1,63	82,13	a
<i>P</i> > <i>F</i>	0,061	0,002	0,014	0,633	
CV(%)	23,7	29,3	81,1	15,3	
Porta-enxerto (PE)					
Cravo	56,80	26,32	1,08	84,20	ab ^z
Volkameriano	53,79	33,16	1,63	88,58	a
Cleópatra	51,41	21,35	2,38	75,14	b
Sunki	49,62	26,97	5,45	82,05	ab
Citrange	60,49	15,35	1,25	77,08	b
Trifoliata	53,96	22,74	4,37	81,08	ab
<i>P</i> > <i>F</i>	0,416	0,009	0,607	0,007	
CV(%)	24,4	45,2	272,7	10,6	
Interações (<i>P</i>><i>F</i>)					
PS x Cal	0,032	0,002	0,008	0,801	
PS x PE	0,004	0,009	0,560	0,604	
PE x Cal	0,719	0,795	0,233	0,619	
PS x Cal x PE	0,796	0,795	0,307	0,679	

Dentro de cada fator médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si ^y(*F*), ^z(Tukey *P*≤0,05).

do solo com 60,1% de cobertura contra 28,4% de *B. decumbens* (Tabela 3). Portanto, a

calagem, seja de forma direta, ou indireta, teve um efeito negativo sobre a mato-grosso, cuja participação na taxa de cobertura do solo foi reduzida em 38,3% no tratamento com calagem em relação ao sem calagem, perdendo espaço, nessas condições, para um maior avanço de *B. decumbens* (Tabela 3).

Ocorreram também interações significativas entre o preparo do solo e os porta-enxertos (Tabela 4). Dentro do preparo convencional não houve diferenças entre os porta-enxertos quanto à ocorrência das espécies *B. decumbens* e mato-grosso, enquanto dentro do preparo em faixa foram observadas diferenças entre os porta-enxertos para ambas as espécies. *B. decumbens* teve maior taxa de cobertura do solo em citrange que foi equivalente a

Tabela 3 – Taxa de cobertura do solo com diferentes espécies presentes nas entrelinhas de pomar de laranja Valência sob duas formas de preparo do solo (PS) e calagem (Cal), novembro de 2007.

Preparo do solo	<i>B. decumbens</i>				Mato-grosso			
	Com calagem		Sem calagem		Com calagem		Sem calagem	
	%							
Convencional	70,5	Aa ^z	72,5	Aa	0,0	Ba	0,0	Ba
Faixa	46,0	Aa	28,4	Bb	37,1	Ab	60,1	Aa

^zMédias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$); Dentro de cada espécie de cobertura, letras maiúsculas comparam nas colunas os PS dentro de cada tratamento de Cal e as letras minúsculas comparam nas linhas a Cal dentro de cada PS.

de ‘Cravo’, ‘Cleópatra’ e trifoliata e superior a de ‘Volkameriano’ e ‘Sunki’. Com a mato-grosso, maior taxa de cobertura foi observada em ‘Volkameriano’ que foi equivalente a ‘Cravo’ e ‘Sunki’ e superior a trifoliata, citrange e ‘Cleópatra’ (Tabela 4). Na comparação entre os preparos de solo, a ocorrência de *B. decumbens* foi maior no preparo convencional para os porta-enxertos ‘Cravo’, ‘Volkameriano’, ‘Sunki’ e trifoliata e equivalente entre os preparos para ‘Cleópatra’ e citrange. Na mato-grosso, a ocorrência foi maior no preparo em faixa para todos os porta-enxertos, uma vez que no preparo convencional essa espécie foi suprimida com o revolvimento do solo utilizado na implantação e pela conseqüente ocupação deste tratamento com a *B. decumbens* (Tabela 4).

Tabela 4 – Taxa de cobertura do solo com diferentes espécies presentes nas entrelinhas de pomar de laranjeira ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo (PS) e diferentes porta-enxertos (PE), novembro de 2007.

Porta-enxertos	<i>B. decumbens</i>				Mato-grosso			
	PS Convencional		PS Faixa		PS Convencional		PS Faixa	
	%							
Cravo	73,2	Aa ^z	40,4	ABb	0,0	Ab	52,6	Aba
Volkameriano	81,4	Aa	26,2	Bb	0,0	Ab	66,3	Aa
Cleópatra	64,9	Aa	37,9	ABa	0,0	Ab	42,7	Bca
Sunki	70,9	Aa	28,3	Bb	0,0	Ab	53,9	ABa
Citrange	65,2	Aa	55,8	Aa	0,0	Ab	30,7	Ca
Trifoliata	73,4	Aa	34,5	ABb	0,0	Ab	45,5	Bca

^zMédias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$); dentro de cada espécie de cobertura, letras maiúsculas comparam nas colunas os PE dentro de cada PS e as letras minúsculas comparam nas linhas os PS dentro de cada PE.

Cabe ressaltar que a ocupação das entrelinhas das laranjeiras com espécies vegetais diferentes dentro das duas formas de preparo do solo avaliadas, não correspondeu a situação ideal para uma avaliação mais exata dos efeitos dos três fatores em estudo e da interação entre os mesmos sobre as variáveis avaliadas relacionadas com o solo e as plantas de laranjeiras. Por suas características bastante diferenciadas, estas duas espécies vegetais, grama mato-grosso e *Brachiaria decumbens*, exerceram, conseqüentemente, influência de forma diferenciada sobre as variáveis avaliadas relacionadas com os atributos do solo e com as plantas de laranjeira sobre diferentes porta-enxertos, aspecto que tornou mais complexa a interpretação dos resultados obtidos, conforme será demonstrado a seguir.

Atributos químicos e físicos do solo

Com exceção do carbono orgânico (C) e da capacidade de troca de cátions (CTC), não houve diferenças significativas entre os tratamentos de preparo do solo sobre os atributos químicos da camada de 0-20 cm do solo coletado no centro das entrelinhas, assim como no limite da projeção das copas (Tabela 5 e 6). Nas entrelinhas houve redução nos teores de C do solo no preparo convencional em relação ao preparo em faixa, detectada na média dos anos de 1998 a 2001 (4º ao 7º ano após o plantio) e também em 2007 (13º ano após o plantio), com reflexos sobre a CTC, que foi significativamente maior no preparo em faixa no período 1998 a 2001 (Tabela 5). O revolvimento do solo em área total empregado no preparo convencional na implantação do pomar intensifica o processo de oxidação do C

orgânico, o que contribui para redução dos seus teores no solo (KARLEN; CAMBARDELLA, 1995). Adicionalmente, a ocupação das entrelinhas do preparo em faixa predominantemente pela gramínea mato-grosso e no preparo convencional pela *B. decumbens* devem ter contribuído para a manutenção dessas diferenças, haja vista a maior taxa de cobertura do solo no preparo em faixa proporcionado pela maior ocorrência de mato-grosso neste tratamento (Tabela 2).

No limite da projeção das copas não foram detectadas diferenças entre os preparos sobre os teores de C, mas a CTC foi superior no preparo em faixa no ano de 2007 (Tabela 6). Como nesse ano o diâmetro médio das copas das laranjeiras foi de 4 m, esse aumento na CTC no preparo em faixa deve proceder do maior teor de C observado nas entrelinhas deste tratamento, ocupado predominantemente com a mato-grosso, devido ao avanço das copas sobre as entrelinhas, com o crescimento das plantas.

A calagem teve influência sobre todos os atributos químicos que são diretamente afetados pelo uso de calcário, no centro das entrelinhas e no limite da projeção das copas, no período de 1998 a 2001 e também em 2007 (Tabelas 5 e 6). A calagem aumentou o pH e os teores de Ca e Mg e reduziu os teores de Al e hidrogênio mais alumínio (H+Al), assim como os atributos influenciados por esses elementos, com aumento da soma de bases (SB), saturação por bases (V) e redução da saturação por alumínio (m). No tratamento com calagem, em 2007, no limite da projeção da copa ocorreu redução nos teores de P em relação ao tratamento sem calagem (Tabela 6), que pode ter sido provocada pela maior produção de frutos no tratamento com calagem, com conseqüente maior demanda e extração de P do solo, conforme será apresentado no item seguinte.

Tabela 5 – Atributos químicos do solo em pomar de laranja ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo (PS) e emprego e não de calagem, médias do período de 1998 a 2001 e de 2007, coletado a 0-20 cm de profundidade no centro das entrelinhas.

Fatores	P	C	pH	H+Al	Al	Ca	Mg	K	SB	CTC	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³					cmol _c dm ⁻³				%	
1998 a 2001												
PS convencional	1,67 a ^z	8,79 b	5,07 a	3,16 a	0,08 a	1,77 a	1,08 a	0,16 a	3,01 a	6,17 b	48,38 a	3,52 a
PS faixa	1,83 a	10,83 a	5,01 a	3,45 a	0,07 a	1,78 a	1,13 a	0,14 a	3,05 a	6,50 a	46,61 a	3,43 a
<i>P>F</i>	0,536	0,003	0,768	0,368	0,936	0,950	0,741	0,555	0,912	0,022	0,718	0,975
CV (%)	52,0	4,8	15,9	32,6	175,5	38,9	45,9	75,7	3,3	42,2	38,2	76,2
Com calagem	1,73 a	9,86 a	5,47 a	2,75 b	0,00 b	2,12 a	1,41 a	0,16 a	3,68 a	6,43 a	57,12 a	0,12 b
Sem calagem	1,76 a	9,77 a	4,60 b	3,86 a	0,15 a	1,43 b	0,80 b	0,15 a	2,38 b	6,24 a	37,87 b	6,83 a
<i>P>F</i>	0,456	0,815	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	0,740	<0,001	0,078	<0,001	0,002
CV (%)	10,5	14,2	3,9	4,0	118,8	17,2	13,4	16,8	5,4	15,1	9,1	50,8
2007												
PS convencional	3,73 a	8,03 b	4,69 a	4,01 a	0,31 a	1,60 a	0,85 a	0,05 a	2,50 a	6,50 a	38,05 a	13,42 a
PS faixa	4,51 a	9,20 a	4,79 a	4,14 a	0,38 a	1,71 a	0,94 a	0,06 a	2,71 a	6,85 a	39,06 a	16,21 a
<i>P>F</i>	0,087	0,015	0,556	0,273	0,577	0,285	0,655	0,140	0,494	0,185	0,777	0,745
CV (%)	25,4	7,2	12,1	9,4	18,9	20,1	83,8	19,7	41,4	5,2	34,2	69,3
Com calagem	3,89 a	8,67 a	5,16 a	3,35 b	0,03 b	2,16 a	1,22 a	0,05 a	3,44 a	6,79 a	50,25 a	0,93 b
Sem calagem	4,35 a	8,56 a	4,32 b	4,80 a	0,66 a	1,15 b	0,56 b	0,06 a	1,77 b	6,56 a	26,86 b	28,69 a
<i>P>F</i>	0,642	0,722	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,153	<0,001	0,116	<0,001	<0,001
CV (%)	95,2	14,9	4,8	4,2	25,4	28,9	18,7	12,1	23,5	7,3	14,1	36,3

^zDentro de cada ano e fator, médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si (F).

Interações significativas entre o preparo do solo e a calagem nas entrelinhas revelaram maiores teores de H+Al e de K no preparo em faixa em relação ao preparo convencional, dentro do tratamento sem calagem (Tabela 7). O teor de K no solo do tratamento preparo em faixa sem calagem superou também o teor observado no tratamento preparo em faixa com calagem. Essas alterações no teor de K no solo devem estar relacionadas com as diferentes espécies de cobertura vegetal presentes nesses tratamentos, em que, no preparo em faixa sem calagem ocorreu um predomínio de grama-mato grosso em relação aos demais, nos quais o predomínio foi da *B. decumbens* (Tabela 3).

Tabela 6 – Atributos químicos do solo em pomar de laranja ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo e emprego e não de calagem, médias do período de 1998 a 2001 e de 2007, coletado a 0-20 cm de profundidade no limite da projeção das copas.

Fatores	P	C	pH	H+Al	Al	Ca	Mg	K	SB	CTC	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³					cmol _c dm ⁻³				%	
1998 a 2001												
PS convencional	13,53 a ^z	9,31 a	4,68 a	3,92 a	0,20 a	1,60 a	0,83 a	0,20 a	2,64 a	6,56 a	40,04 a	10,07 a
PS faixa	11,71 a	10,22 a	4,54 a	4,25 a	0,26 a	1,48 a	0,86 a	0,18 a	2,52 a	6,77 a	37,33 a	12,17 a
<i>P>F</i>	0,643	0,179	0,617	0,412	0,606	0,696	0,858	0,417	0,817	0,656	0,656	0,680
CV (%)	113,2	19,5	21,3	32,8	14,6	74,5	71,4	45,7	71,2	8,9	57,4	27,3
Com calagem	12,47 a	9,74 a	5,02 a	3,40 b	0,05 b	1,93 a	1,14 a	0,20 a	3,26 a	6,66 a	48,90 a	1,93 b
Sem calagem	12,77 a	9,78 a	4,21 b	4,78 a	0,42 a	1,15 b	0,56 b	0,19 a	1,90 b	6,68 a	28,47 b	20,30 a
<i>P>F</i>	0,774	0,895	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,527	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
CV (%)	33,1	3,6	4,3	8,1	6,8	14,9	11,2	19,4	13,2	2,2	9,7	10,6
2007												
PS convencional	22,28 a	9,18 a	4,41 a	5,24 a	0,65 a	1,37 a	0,71 a	0,11 a	2,20 a	7,45 b	29,78 a	27,61 a
PS faixa	24,00 a	9,92 a	4,36 a	5,55 a	0,71 a	1,30 a	0,69 a	0,11 a	2,09 a	7,64 a	27,52 a	30,38 a
<i>P>F</i>	0,547	0,058	0,658	0,389	0,702	0,662	0,843	0,722	0,734	0,018	0,570	0,696
CV (%)	43,9	8,3	11,0	21,8	19,6	47,5	71,2	65,4	55,4	1,5	49,8	55,7
Com calagem	20,81 b	9,75 a	4,83 a	4,29 b	0,16 b	1,96 a	1,08 a	0,12 a	3,15 a	7,47 a	42,34 a	5,65 b
Sem calagem	25,47 a	9,34 a	3,94 b	6,50 a	1,20 a	0,72 b	0,33 b	0,10 a	1,15 b	7,65 a	14,96 b	52,34 a
<i>P>F</i>	0,039	0,177	<0,001	<0,001	0,702	<0,001	<0,001	0,238	<0,001	0,118	<0,001	<0,001
CV (%)	28,4	11,2	6,2	8,8	9,4	12,7	25,6	33,3	12,6	5,8	18,8	29,7

^zDentro de cada ano e fator, médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si (F).

Tabela 7 – Atributos químicos do solo em pomar de laranja ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo (PS), com e sem calagem (Cal), a 0-20 cm de profundidade, no centro das entrelinhas, em 2007.

Preparo do solo	H+Al		K	
	Com calagem	Sem calagem	Com calagem	Sem calagem
	cmol _c dm ⁻³			
Convencional	3,43	Ab ^z	4,58	Ba
Faixa	3,28	Ab	5,01	Aa

^zMédias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$); letras maiúsculas comparam nas colunas o PS dentro de cada tratamento de Cal e as letras minúsculas comparam nas linhas a Cal dentro de cada PS.

Os porta-enxertos exerceram efeito significativo sobre os teores de P e K no limite da projeção da copa e de K, Al e m no centro das entrelinhas no período de 1998 a 2001 (Tabela 8), não se observando efeito significativo isolado deste fator no ano de 2007 (dados não apresentados). No limite da projeção da copa ocorreram maiores teores de P no solo sob o

cultivo de laranjeira ‘Valência’ enxertada em trifoliata e ‘Volkameriano’, superiores aos observados em ‘Cleópatra’ e equivalente aos demais. O menor porte das plantas e a menor produção de frutos nos porta-enxertos trifoliata e ‘Volkameriano’ em relação aos demais podem ser a causa dessas diferenças, pela redução da necessidade desse nutriente, repercutindo em menor extração do solo. Já o menor teor observado em ‘Cleópatra’ deve estar relacionado com o maior porte e maior produção das plantas sobre este porta-enxerto e também pela sua característica de produção de grande volume de raízes, conforme dados do presente estudo apresentados no artigo B e também observado em outros trabalhos (CINTRA et al., 1999; NEVES et al., 2008). Os teores de K no solo foram reduzidos sob o porta-enxerto tangerineira ‘Sunki’, tanto na projeção da copa como na entrelinha. No limite da projeção da copa maiores teores de K no solo foram observados sob ‘Cravo’ e ‘Volkameriano’ e na entrelinha nestes porta-enxertos e também em trifoliata. Na entrelinha também foram observados maiores valores de Al e de m no solo sob o cultivo de trifoliata em relação ao citrange. Conforme será apresentado no item seguinte, o trifoliata foi o porta-enxerto que apresentou maior resposta em produção na presença da calagem, possivelmente às expensas de maior extração de Ca e Mg do solo, o que aumenta a acidez e conseqüentemente os teores de Al. Essas alterações observadas nos atributos químicos do solo no centro das entrelinhas num período equivalente do quarto ao sétimo ano após o plantio evidenciam a atividade de raízes dos porta-enxertos nessa região, distante 3,5 m do tronco das laranjeiras.

Tabela 8 – Atributos químicos do solo em pomar de laranjeira ‘Valência’ sobre diferentes porta-enxertos, média do período de 1998 a 2001.

Porta-enxertos	Limite da projeção das copas					Centro das entrelinhas												
	P	Ca	Mg	K	Al	Ca	Mg	K	m									
	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³					%								
Cravo	11,22	ab ^z	1,59	a	0,88	a	0,20	a	0,09	ab	1,79	a	1,08	a	0,17	a	4,18	ab
Volkameriano	15,35	a	1,56	a	0,76	a	0,22	a	0,06	ab	1,79	a	1,09	a	0,17	a	2,41	ab
Cleópatra	9,80	b	1,53	a	0,92	a	0,19	ab	0,08	ab	1,71	a	1,09	a	0,15	ab	3,57	ab
Sunki	14,04	ab	1,4	a	0,83	a	0,16	b	0,06	ab	1,76	a	1,11	a	0,13	b	2,71	ab
Citrage	10,16	ab	1,73	a	0,95	a	0,20	ab	0,04	b	1,92	a	1,19	a	0,15	ab	1,76	b
Trifoliata	15,17	a	1,43	a	0,76	a	0,20	ab	0,13	a	1,65	a	1,03	a	0,17	a	6,25	a
P>F	0,004		0,258		0,098		0,002		0,026		0,273		0,281		0,004		0,038	
CV (%)	33,9		23,7		23,0		14,4		89,8		15,5		14,5		17,7		34,6	

^zMédias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$).

O preparo do solo e a calagem promoveram alterações nos atributos físicos do solo detectadas em abril de 2008. No preparo do solo em faixa ocorreu um aumento

significativo da porosidade total (Pt) nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm do solo e da macroporosidade nas profundidades de 20-40 e 40-60 cm, em relação ao preparo convencional do solo (Tabela 9).

Em solo de mesma classe ao do presente estudo, Fidalski et al. (2009) atribuíram ao revolvimento do solo utilizado no preparo convencional o aumento da densidade do solo (Ds) e redução da Pt observadas na posição sob o rodado em relação ao preparo em faixa e outro sistema de preparo mínimo (plantio direto), quatro anos após a implantação de um pomar de laranjeira mantido com cobertura vegetal com *Brachiaria brizantha* nas entrelinhas, porém sem detectarem alterações nesses atributos nos locais enterrrodado e linhas das plantas. No presente estudo as alterações físicas foram observadas na projeção da copa das plantas e detectadas 14 anos após a implantação do pomar, além de terem envolvido de forma significativa apenas a Pt e a macroporosidade. Esses resultados indicam que é pouco provável que essas alterações tenham ocorrido como consequência apenas do revolvimento do solo utilizado nas entrelinhas do preparo convencional. A ocorrência de espécies vegetais diferentes nas entrelinhas dessas duas formas de preparo do solo (Tabela 2) devem ter contribuído para tais alterações, assim como as observadas sobre os teores de C orgânico (Tabela 5) e K (Tabela 7).

O fator calagem teve influência altamente significativa sobre os quatro atributos físicos do solo avaliados na profundidade de 10-20 cm. No tratamento com calagem ocorreu redução da macroporosidade e Pt e aumento da microporosidade e Ds (Tabela 9). Alterações significativas também foram observadas na profundidade de 0-10 cm, com aumento da microporosidade e na profundidade de 20-40 cm redução da Pt e macroporosidade sob o tratamento com calagem (Tabela 9). Se essas alterações forem entendidas como resultado de uma maior agregação deste solo de classe arenosa, então esses resultados estão de acordo com o efeito esperado da calagem, que, embora num primeiro momento possa atuar como fator de desagregação do solo, pelo aumento da dispersão de argilas, num estágio seguinte, quando o equilíbrio nas reações químicas é atingido, passa a contribuir para a sua agregação, conforme observado por Castro et al. (1999). Esses autores verificaram, em avaliação realizada em pomar de citros três anos após a aplicação de calcário dolomítico ou calcítico em Latossolo Vermelho argiloso, ausência de dispersão de argila e um aumento da estabilidade de agregados do solo. Verificaram também que o aumento no índice de estabilidade de agregados resultou em aumento na retenção de água no solo a tensões de 0,03 e 0,1 MPa.

Cabe ressaltar que, dentro dos valores de D_s e macroporosidade observados (Tabela 9), essas alterações promovidas pelo preparo do solo e pela calagem não comprometem a qualidade física deste solo em aeração, resistência à penetração e armazenamento de água (Fidalski, 2004), estando, inclusive, os valores de porosidade de aeração bem acima do limite crítico de $10 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ (KIEHL, 1979).

Tabela 9 – Densidade (Ds), porosidade total (Pt), macro e microporosidade do solo sob duas formas de preparo do solo (PS), emprego e não de calagem (Cal), coletado em quatro profundidades no limite da projeção das copas das laranjeiras, em fevereiro de 2009.

Fatores	Ds Mg m ⁻³		Pt		Macro m ³ m ⁻³		Micro	
Preparo do solo (PS)								
0-10 cm								
Convencional	1,481	a ^z	0,433	b	0,221	a	0,211	a
Faixa	1,462	a	0,446	a	0,249	a	0,197	a
<i>P</i> > <i>F</i>	0,076		0,030		0,080		0,208	
CV (%)	1,1		1,6		10,8		21,9	
10-20 cm								
Convencional	1,664	a	0,371	b	0,128	a	0,243	a
Faixa	1,604	b	0,398	a	0,153	a	0,245	a
<i>P</i> > <i>F</i>	0,02		0,015		0,175		0,915	
CV (%)	1,6		2,5		12,5		17,6	
20-40 cm								
Convencional	1,682	a	0,377	a	0,102	b	0,274	a
Faixa	1,628	a	0,393	a	0,130	a	0,263	a
<i>P</i> > <i>F</i>	0,159		0,273		0,026		0,203	
CV (%)	4,4		8,2		11,7		6,9	
40-60 cm								
Convencional	1,596	a	0,401	a	0,160	b	0,240	a
Faixa	1,584	a	0,407	a	0,174	a	0,233	a
<i>P</i> > <i>F</i>	0,412		0,396		0,029		0,208	
CV (%)	2,2		4,4		4,3		5,1	
Calagem (Cal)								
0-10 cm								
Com calagem	1,486	a ^z	0,438	a	0,223	a	0,215	a
Sem calagem	1,456	a	0,440	a	0,247	a	0,193	b
<i>P</i> > <i>F</i>	0,223		0,738		0,052		0,015	
CV (%)	4,2		5,0		11,6		8,0	
10-20 cm								
Com calagem	1,663	a	0,367	b	0,114	b	0,253	a
Sem calagem	1,606	b	0,402	a	0,166	a	0,235	b
<i>P</i> > <i>F</i>	0,003		0,003		0,002		0,003	
CV (%)	1,7		4,2		6,6		3,4	
20-40 cm								
Com calagem	1,672	a	0,374	b	0,101	b	0,273	a
Sem calagem	1,639	a	0,395	a	0,131	a	0,264	a
<i>P</i> > <i>F</i>	0,068		0,022		0,016		0,122	
CV (%)	2,4		4,5		19,4		5,1	
40-60 cm								
Com calagem	1,583	a	0,405	a	0,170	a	0,235	a
Sem calagem	1,597	a	0,403	a	0,164	a	0,239	a
<i>P</i> > <i>F</i>	0,378		0,741		0,589		0,514	
CV (%)	2,7		5,1		18,200		6,200	
PS x Cal (<i>P</i>><i>F</i>)								
0-10 cm	0,954		0,184		0,948		0,086	
10-20 cm	0,670		0,300		0,098		0,335	
20-40 cm	0,289		0,675		0,466		0,133	
40-60 cm	0,329		0,520		0,432		0,444	

^zDentro de cada fator médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si (F).

Entretanto, a observação desses resultados dentro das interações entre preparo do solo e calagem (Tabela 10) indicam que, além da dependência entre esses fatores, ambos parecem ter sido influenciados pela ocorrência de fator adicional, pois, considerando a média das quatro camadas do solo, a redução da microporosidade ocorreu apenas no preparo em faixa que foi inferior ao preparo convencional no tratamento com e sem calagem; na camada de 0-10 cm, essa redução na microporosidade ocorreu principalmente no preparo em faixa sem calagem, enquanto que, na camada de 10-20 cm a macroporosidade foi reduzida na presença da calagem em ambos os preparos de solo (Tabela 10).

Tabela 10 – Atributos físicos do solo submetido a duas formas de preparo do solo (PS) na presença e ausência de calagem (Cal), coletado no limite da projeção das copas das laranjeiras, em fevereiro de 2009.

Variáveis	PS x Cal <i>P</i> > <i>F</i>	Preparo do solo	Com calagem		Sem calagem	
			m ³ m ⁻³			
Micro (média das profundidades) ^y	0,117	Convencional	0,246	A a ^z	0,242	A a
		Faixa	0,239	B a	0,227	B a
Micro (profundidade de 0-10 cm)	0,086	Convencional	0,216	A a	0,207	A a
		Faixa	0,214	A a	0,179	B b
Macro (profundidade de 10-20 cm)	0,098	Convencional	0,097	A b	0,159	A a
		Faixa	0,131	A b	0,174	A a

^yMédia das camadas de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm. ^zMédias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$); letras maiúsculas comparam nas colunas os PS dentro de cada tratamento de Cal e as minúsculas comparam nas linhas a Cal dentro de cada PS.

Esse fator adicional pode também estar relacionado com as diferentes espécies de cobertura vegetal nas entrelinhas das laranjeiras. Conforme comentado anteriormente, as entrelinhas do preparo convencional tiveram predominância praticamente absoluta de *B. decumbens*, de forma equivalente nos tratamentos com e sem calagem (Tabela 3). No preparo em faixa, no tratamento com calagem, a espécie *B. decumbens* apresentou 46% de ocupação do solo contra 37,1% da mata-grossa e, na ausência de calagem a cobertura do solo com grama mata-grossa foi de 60,1% (Tabela 3). Esta gramínea de hábito de crescimento rasteiro tem a característica de produzir um sistema radicular muito volumoso (ESPINDOLA et al., 1998), com potencial para exercer um forte efeito biológico sobre as características físicas do solo. Sua presença no preparo em faixa (Tabela 3) sugere que essa tenha sido a

causa provável do aumento da macroporosidade e da Pt observada neste tratamento em relação ao preparo convencional (Tabelas 9 e 10). Por sua vez, as alterações promovidas pela calagem nos atributos físicos do solo de forma isolada ou em combinação com o preparo do solo (Tabelas 9 e 10) podem também, ao menos em parte, serem interpretadas como um efeito indireto da calagem, sob a qual ocorreu redução de 38,2% na presença da gramínea mato-grosso no preparo em faixa (Tabela 3).

Produção de Frutos

Entre os três fatores em estudo o porta-enxerto exerceu a maior influência sobre a produção de frutos de laranjeira ‘Valência’, afetando de forma altamente significativa as 12 safras avaliadas (Tabela 11), bem como a produção acumulada dessas safras (Tabela 12). No período inicial de formação das plantas (1996 a 1999), a produção acumulada de laranjeira ‘Valência’ sobre ‘Cravo’ e ‘Sunki’ foi superior à produção das plantas sobre ‘Volkameriano’, citrange e trifoliata e equivalente às plantas sobre ‘Cleópatra’ (Tabela 12).

Tabela 11 – Produção anual de frutos de laranjeira ‘Valência’ submetida a duas formas de preparo do solo, emprego e não de calagem, em seis porta-enxertos, Nova Esperança, PR.

Fatores	Produção anual (kg planta ⁻¹)											
	1996 ^y	1997 ^x	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Preparo do solo (PS)												
Convencional	2,3	a ^y 58,5	a 49,1	96,0	a 115,2	a 32,7	171,1	a 75,7	136,4	a 109,3	a 55,3	a 144,8
Faixa	2,1	a 53,0	a 38,9	84,3	a 105,3	a 25,2	161,1	a 72,3	130,2	a 104,3	a 49,9	a 134,7
P>F	0,436	0,320	0,017	0,193	0,134	0,091	0,340	0,549	0,435	0,670	0,327	0,022
CV (%)	44,2	31,9	13,0	28,5	15,6	35,9	20,6	26,8	20,1	40,6	33,3	4,6
Calagem (Cal)												
Com	2,4	a ^y 56,5	a 44,7	90,6	113,7	a 27,3	171,5	a 76,1	a 137,7	109,9	a 60,6	a 143,7
Sem	2,1	a 55,0	a 43,3	89,7	106,8	a 30,6	160,7	a 71,9	a 128,8	103,8	a 44,6	b 135,8
P>F	0,092	0,552	0,121	0,821	0,211	0,405	0,101	0,201	0,221	0,122	0,008	0,151
CV (%)	26,5	17,5	6,8	16,9	17,8	51,6	13,0	15,7	19,5	12,5	26,5	13,4
Porta-enxerto (PE)												
Cravo	3,3	a ^z 79,3	a 46,0	105,7	119,5	c 50,8	185,2	a 66,5	165,5	97,0	c 69,7	ab 134,3
Volkameriano	3,7	a 70,5	a 27,7	72,9	21,1	e 20,2	140,5	b 49,0	109,8	74,1	d 80,7	a 114,0
Cleópatra	1,2	c 40,2	bc 56,8	97,1	145,5	b 28,0	167,8	a 93,8	125,3	142,5	a 45,4	b 154,5
Sunki	2,0	b 74,2	a 53,4	113,3	177,8	a 27,3	191,1	a 70,2	165,1	118,8	b 17,6	c 162,7
Citrango	1,5	bc 42,7	b 48,0	88,3	108,3	cd 21,6	185,1	a 96,1	138,9	127,0	ab 55,7	ab 154,6
Trifoliata	1,7	bc 27,4	c 32,1	63,6	89,2	d 25,8	126,8	b 68,3	95,3	81,4	cd 46,5	b 118,5
P>F	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
CV (%)	25,6	22,1	25,9	12,0	15,9	24,8	12,9	20,3	15,5	16,3	41,1	12,7
Interações (P>F)												
PS x Cal	0,189	0,086	0,004	0,692	0,364	0,407	0,371	0,522	0,236	0,450	0,097	0,239
PS x PE	0,475	0,161	0,049	0,126	0,954	<0,001	0,767	0,027	0,879	0,449	0,720	0,681
Cal x PE	0,351	0,763	0,430	0,007	0,516	0,089	0,507	0,120	0,005	0,880	0,475	0,889
PS x Cal x PE	0,228	0,546	0,147	0,387	0,067	0,044	0,262	0,476	0,357	0,457	0,475	0,175

^yDados transformados em raiz de x+1. ^xPerda de dados de seis parcelas. Dentro de cada fator, médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si ^y(F), ^z(Tukey P≤0,05).

Roberto et al. (1999) em Santa Rita do Passa Quatro, São Paulo, em trabalho sem incluir o trifoliata, verificaram nas três primeiras safras de laranja 'Valência' maior produção sobre 'Cravo' e 'Volkameriano', menor sobre os citrangeiros 'Troyer' e 'Carrizo' e produção intermediária sobre as tangerineiras 'Sunki' e 'Cleópatra'.

Para o período de 2000 a 2007, assim como sobre todo o período avaliado de 1996 a 2007, a produção acumulada de frutos com os porta-enxertos 'Cravo', 'Cleópatra', 'Sunki' e citrange foram equivalentes entre si e superiores à produção com 'Volkameriano' e trifoliata (Tabela 12). Considerando a produção acumulada de 1996 a 2007 a magnitude desse efeito em relação à produção obtida com o limoeiro 'Cravo' foi da ordem de -31,1 e -28,6%, respectivamente para o 'Volkameriano' e o trifoliata e de 0,7, 4,8 e -2,4% para a 'Cleópatra', 'Sunki' e citrange.

Tabela 12 – Produção acumulada de frutos de laranja 'Valência' submetida a duas formas de preparo do solo, emprego e não de calagem e seis porta-enxertos, Nova Esperança, PR.

Fatores	Produção acumulada						
	1996 a 1999 ^v	2000 a 2007	1996 a 2007 ^v	2000 a 2007 ^x			
	kg planta ⁻¹			t ha ⁻¹ ano ⁻¹			
Preparo do solo (PS)							
Convencional	151,1	840,4	991,5	a ^y	37,5		
Faixa	127,5	783,0	910,5	a	34,9		
<i>P</i> > <i>F</i>	0,081	0,136	0,117		-		
CV (%)	21,8	12,4	13,6		-		
Calagem (Cal)							
Com	141,4	840,4	981,8	a ^y	37,5		
Sem	137,2	783,0	920,2	b	34,9		
<i>P</i> > <i>F</i>	0,178	0,004	0,006		-		
CV (%)	7,9	5,2	5,6		-		
Porta-enxerto (PE)							
Cravo	161,7	a ^z	888,5	a	1050,2	a	39,6
Volkameriano	114,6	cd	609,3	b	723,8	b	27,2
Cleópatra	154,4	ab	902,9	a	1057,2	a	40,3
Sunki	169,8	a	930,5	a	1100,3	a	41,5
Citrange	137,6	bc	887,3	a	1024,9	a	39,6
Trifoliata	97,7	d	651,8	b	749,6	b	29,1
<i>P</i> > <i>F</i>	<0,001	<0,001	<0,001				-
CV (%)	13,80	10,65	10,61				-
Interações (<i>P</i>><i>F</i>)							
PS x Cal	0,049	0,044	0,138				-
PS x PE	0,294	0,517	0,472				-
Cal x PE	0,478	0,248	0,278				-
PS x Cal x PE	0,461	0,197	0,203				-

^vExceto produção de 1997. ^xAnálise estatística não realizada. Dentro de cada fator, médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si ^y(*F*); ^z(Tukey *P*≤0,05).

Esses resultados estão parcialmente de acordo com os observados por Pompeu Junior et al. (1981) no Estado de São Paulo, em clima de transição Cwa/Aw, que também verificaram menor produção nas dez primeiras safras de laranjeira ‘Valência’ enxertada em trifoliata e ‘Volkameriano’ em relação ao limoeiro ‘Cravo’, tangerineiras ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’ e citrangeiros ‘Troyer’ e ‘Carrizo’, porém, diferentemente dos resultados obtidos no presente trabalho, observaram que a produção em ‘Cravo’ foi superior aos demais.

Alvarenga et al. (1986), em Minas Gerais, em clima Aw, em quatro safras avaliadas (quinto ao oitavo ano após o plantio) verificaram que a produção de laranjeira ‘Valência’ em ‘Cravo’ e ‘Volkameriano’ foi superior à ‘Sunki’ e ‘Cleópatra’, que tiveram desempenho intermediário e ao trifoliata, que teve o pior desempenho, enquanto o citrangeiro ‘Morton’ foi superior ao trifoliata e inferior às tangerineiras. Ledo et al. (1999) no Acre, em clima Awi, verificaram em quatro safras avaliadas (quarto ao sétimo ano após o plantio) que a produção de frutos de laranjeira ‘Valência’ em ‘Cravo’ superou a produção em ‘Sunki’ e foi equivalente à ‘Cleópatra’ e citrangeiro ‘Carrizo’. Auler et al. (2008b), no Paraná, em clima Cfa, em localidade próxima ao local do presente estudo, porém com localização mais abaixo na mesma encosta, verificaram que a produção de frutos das dez primeiras safras acumuladas de laranjeira ‘Valência’ em tangerineira ‘Sunki’ foi equivalente à ‘Cleópatra’ e superior ao ‘Cravo’.

Esses trabalhos foram conduzidos sem irrigação, parte deles em regiões sujeitas a períodos mais acentuados de deficiência hídrica, o que favorece os porta-enxertos mais tolerantes à seca, como o ‘Cravo’ e outros limoeiros em relação aos porta-enxertos menos tolerantes, como o trifoliata e seus híbridos, e de forma intermediária em relação às tangerineiras (POMPEU JUNIOR et al., 1981; ALVARENGA et al., 1986; LEDO et al., 1999; ROBERTO et al., 1999; POMPEU JUNIOR, 2005). Já aqueles desenvolvidos em regiões onde ocorrem períodos menos acentuados de deficiência hídrica, que coincidem com períodos de temperaturas mais amenas, o desempenho dos porta-enxertos pode ser alterado conforme observado por Auler et al. (2008b) e Stenzel et al. (2005), que verificaram, respectivamente, que as tangerineiras ‘Sunki’ e ‘Cleópatra’ superaram o limoeiro ‘Cravo’ na produção de frutos. Com o uso de irrigação, Georgiou (2004) no Chipre, região do Mediterrâneo, num dos raros trabalhos desenvolvidos fora do Brasil em que o limoeiro ‘Cravo’ foi incluído na avaliação de porta-enxertos para a laranjeira ‘Valência’, também não verificou diferenças em produção de frutos entre este porta-enxerto e a tangerineira ‘Cleópatra’ em 18 safras avaliadas.

De forma isolada o preparo do solo teve menor influência sobre a produção de frutos com diferenças significativas detectadas apenas na safra de 2007, na qual a produção foi superior no preparo do solo convencional em relação ao preparo em faixa (Tabela 11). Entretanto, ocorreram interações significativas entre esse fator e a calagem (Tabelas 11 e 12), indicando haver diferenças na produção de frutos com a utilização dessas duas formas de preparo do solo na implantação do pomar, em função da calagem, conforme será abordado adiante.

Na avaliação individual das 12 safras foi observado efeito significativo da calagem de forma isolada apenas na safra de 2006, em que a produção de frutos foi superior no tratamento com calagem (Tabela 11). Porém, com o agrupamento das safras em períodos de produção acumulada foi possível verificar efeito altamente significativo da calagem sobre o período de produção de 1996 a 2007, envolvendo 11 safras avaliadas (Tabela 12). Contudo, a magnitude desse efeito foi baixa, com aumento da produção de apenas 6,7% nesse período.

Interações significativas entre os fatores em estudo detectadas em 5 das 12 safras (Tabela 11) e nos períodos de produção acumulada (Tabela 12) revelaram relação de dependência entre os mesmos, principalmente envolvendo o fator porta-enxerto que interagiu significativamente com o preparo do solo nas safras de 1998, 2001 e 2003 (Tabelas 11 e 13) e com a calagem em 1999 e 2004 (Tabelas 11 e 14), enquanto que interação significativa entre o preparo do solo e a calagem foi observada na safra de 1998 e nos períodos de produção acumulada de 1996 a 1999 e de 2000 a 2007 (Tabelas 11, 12 e 15).

Tabela 13 – Produção de frutos de laranjeira ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo (PS) e seis porta-enxertos (PE).

Porta-enxertos	Convencional		Faixa		Preparo do solo				Convencional		Faixa	
					1998		2001					
	kg planta ⁻¹											
Cravo	55,8	AB ^z a	36,3	BC b	62,9	A a	38,8	A b	79,9	AB a	53,1	BC b
Volkameriano	32,8	C a	22,6	C a	25,6	B a	14,7	C b	54,6	B a	43,4	C a
Cleópatra	62,6	A a	51,0	AB a	34,6	B a	21,5	BC b	94,7	A a	93,0	A a
Sunki	48,9	ABC a	58,0	A a	27,9	B a	26,6	ABC a	62,6	B a	77,8	AB a
Citrange	57,4	A a	38,6	ABC b	22,6	B a	20,7	BC a	97,6	A a	94,6	A a
Trifoliata	37,3	BC a	26,9	C a	22,9	B a	28,8	AB a	64,5	B a	72,1	AB a

^zMédias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$); dentro de cada ano de produção, letras maiúsculas comparam nas colunas os PE dentro de cada PS e minúsculas comparam nas linhas os PS dentro de cada PE.

As interações significativas entre o preparo do solo e a calagem indicam dependência entre esses fatores e resposta em produção diferenciada da laranjeira ‘Valência’ em função da combinação entre os mesmos (Tabelas 11, 12 e 15). Dentro do preparo do solo convencional, a calagem aumentou a produção de frutos em 1998, no período de formação das plantas, de 1996 a 1999 e, no período de plantas formadas de 2000 a 2007, enquanto que no preparo em faixa apenas neste último período foi observado efeito significativo e positivo desse fator (Tabela 15). Esses resultados poderiam ser interpretados como um indicativo de uma provável melhor eficiência da incorporação ao solo do calcário nas entrelinhas do preparo convencional em trazer benefícios às plantas durante a fase inicial de formação do pomar, em relação à aplicação em superfície utilizada nas entrelinhas do preparo em faixa, no qual o benefício da calagem sobre a produção veio a ser observado apenas a partir do sexto ano após o plantio, de 2000 a 2007 (Tabela 15). Entretanto, essa hipótese não encontra respaldo nos resultados das análises químicas do solo de coletas realizadas entre 1998 a 2001 (quarto ao sétimo ano após o plantio), nas quais não foram detectadas diferenças entre as duas

Tabela 14 – Produção de frutos de laranjeira ‘Valência’ sob o emprego e não de calagem (Cal) e seis porta-enxertos (PE).

Porta-enxerto	1999		2004		1996 a 2007 ^y	
	Com Calagem	Sem Calagem	Com Calagem	Sem Calagem	Com Calagem	Sem Calagem
	kg planta ⁻¹					
Cravo	103,4 A ^z a	108,1 A a	161,7 AB a	169,3 A a	1069,1 A a	1031,4 A a
Volkameriano	69,3 B a	76,6 BC a	96,1 C b	123,4 B a	722,1 B a	725,5 B a
Cleópatra	93,0 A a	101,3 A a	127,5 BC a	123,1 B a	1081,0 A a	1033,5 A a
Sunki	110,1 A a	116,4 A a	176,2 A a	154,1 AB a	1102,8 A a	1097,8 A a
Citrance	98,7 A a	78,0 B b	156,6 AB a	121,2 B b	1083,0 A a	966,8 A b
Trifoliata	69,12 B a	58,1 C a	108,5 C a	82,0 C b	833,0 B a	666,1 B b

^yExceto produção de 1997; ^zMédias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$); dentro de cada ano de produção, letras maiúsculas comparam nas colunas os PE dentro de cada tratamento de Cal e minúsculas comparam nas linhas a Cal dentro de cada PE.

Tabela 15 – Produção de frutos de laranjeira ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo (PS) na presença e ausência de calagem (Cal).

Anos de produção	Preparo do solo	kg planta ⁻¹			
		Com calagem		Sem calagem	
1998	Convencional	51,9	A ^z a	46,4	A b
	Faixa	37,5	B a	40,3	B a
1996 a 1999 ^x	Convencional	156,8	A a	145,4	A b
	Faixa	126,0	B a	129,0	A a
2000 a 2007	Convencional	854,6	A a	826,2	A b
	Faixa	826,3	A a	739,8	B b
1996 a 2007 ^{x,y}	Convencional	1011,4	A a	971,6	A a
	Faixa	952,3	A a	868,8	A b

^xExceto produção de 1997; ^yinteração não significativa. ^zMédias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$); dentro de cada ano de produção, letras maiúsculas comparam nas colunas os PS dentro de cada tratamento de Cal e as letras minúsculas comparam nas linhas a Cal dentro de cada PS.

formas de preparo do solo sobre os atributos químicos do solo influenciáveis pela calagem (Tabelas 5 e 6). A eficiência da calagem aplicada em superfície em entrelinhas vegetadas de pomares de laranjeira também foi reportada por outros autores (FIDALSKI; TORMENA, 2005; SILVA et al., 2007; AULER et al., 2008a).

Na comparação entre os preparos de solo, a produção de frutos foi superior no preparo convencional no ano de 1998, nos tratamentos com e sem calagem e no período de 1996 a 1999 apenas no tratamento com calagem (Tabela 15). No período de 2000 a 2007 a produção de frutos foi equivalente entre os dois preparos no tratamento com calagem e superior no preparo do solo convencional no tratamento sem calagem. Esses resultados observados no período 2000 a 2007, que envolvem as últimas oito safras avaliadas, evidenciam alguns aspectos importantes. Primeiro, que o revolvimento do solo utilizado nas entrelinhas do preparo convencional com o objetivo de incorporação do calcário não trouxe benefícios adicionais à produção de frutos em relação ao preparo em faixa. Segundo, que o emprego da calagem beneficiou a produção de frutos em ambos os preparos de solo, embora a magnitude desse efeito tenha sido baixa e, terceiro, que alguma alteração promovida pelo revolvimento do solo no preparo convencional, dentro do tratamento sem calagem, trouxe

benefícios à produção de frutos em relação ao preparo em faixa. Entretanto, em relação a este último aspecto, parece pouco provável tratar-se de um efeito direto do revolvimento do solo, pois se assim fosse, deveria também ter sido observado dentro do tratamento com calagem, o que não ocorreu (Tabela 15).

Uma hipótese possível para explicar esse efeito dentro do tratamento sem calagem e entre os preparos de solo (Tabela 15) poderia ser as diferenças proporcionadas por essas formas de preparo sobre a ocorrência de diferentes espécies vegetais nas entrelinhas (Tabelas 2 e 3) e das influências diferenciadas originadas por essas espécies, sobre os atributos químicos e físicos do solo (Tabelas 7, 8, 9 e 10). Conforme já apresentado, as entrelinhas do preparo convencional foi ocupada predominantemente por *B. decumbens*, de forma equivalente tanto no tratamento com como no sem calagem. Por outro lado, no preparo em faixa, no tratamento sem calagem, aos 13 anos após o plantio das laranjeiras, 60% da cobertura do solo das entrelinhas foi proporcionada pela grama mato-grosso (Tabela 3), tratamento em que também foi observada a menor produção de frutos no período de 2000 a 2007 (Tabela 15). Esses resultados sugerem que essa menor produção de frutos possa estar associada com a ocorrência desta cobertura vegetal e não como um efeito direto do sistema de preparo do solo em faixa.

Dessa forma é necessário explicar que tipo de interferência sobre a produção das laranjeiras poderia estar sendo provocada pela presença da gramínea mato-grosso. A contribuição de um efeito por competição ou alelopatia (ALMEIDA, 1988) deve ser considerada, porém outros fatores parecem estar envolvidos, pois embora a alelopatia dessa espécie tenha sido relatada para outra culturas (MARTIN; SMITH, 1994), é difícil supor, num primeiro momento, que pudesse superar a interferência provocada pela *B. decumbens*, considerada alelopática (SOUZA et al. 1997) e uma das espécies mais interferentes à cultura de citros, a ponto de não ser recomendada como cobertura vegetal das entrelinhas nessa cultura (SANCHES, 1998). Além das alterações químicas já comentadas (Tabela 7), as alterações físicas do solo (Tabelas 9 e 10) associadas e provavelmente originadas pela presença da gramínea mato-grosso podem estar mais relacionadas com essa interferência, em que o aumento da macroporosidade em detrimento da microporosidade reduz ainda mais a capacidade de armazenamento de água destes solos (FIDALSKI et al., 2007), podendo trazer reflexos negativos sobre o potencial da água e taxa de fotossíntese das laranjeiras (FIDALSKI et al., 2006) e na produção de frutos em períodos de deficiência hídrica.

Por sua vez, a interação entre porta-enxertos e preparo do solo revelou que essa menor produção observada no preparo em faixa ocorreu apenas em alguns porta-enxertos

(Tabela 13). Enxertada em limoeiro ‘Cravo’ a produção de frutos de laranjeira ‘Valência’ em preparo convencional foi superior ao preparo em faixa nos anos de 1998, 2001 e 2003, ou seja, nos três anos em que a interação entre esses fatores foi significativa. Esse comportamento alterou o desempenho entre os porta-enxertos, passando o ‘Cravo’, sob o preparo em faixa, a ter menor produção de frutos do que a ‘Sunki’ em 1998 e do que citrange e ‘Cleópatra’ em 2003. Maior produção de frutos no preparo convencional em relação ao faixa também foi observado em citrange na safra de 1998 e em ‘Volkameriano’ e ‘Cleópatra’ na safra de 2001, enquanto que em trifoliata a produção de frutos não se diferenciou entre as duas formas de preparo do solo para nenhuma dessas safras (Tabela 13). Entretanto, a significância dessa interação entre preparo do solo e porta-enxertos não se confirmou para os períodos de produção acumulada, inclusive com valores de F abaixo de 1 para as produções acumuladas de 2000 a 2007 ($P>F=0,517$) e de 1996 a 2007 ($P>F=0,472$) (Tabela 12).

Porém, diante dos resultados da Tabela 13 torna-se importante verificar o desempenho dos porta-enxertos dentro do período de produção acumulada de 2000 a 2007, no qual foi detectada redução da produção de frutos no preparo em faixa e ausência da calagem (Tabela 15). O desdobramento da interação entre os três fatores ($F=1,55$ e $P>F=0,197$, tabela 12) revelou que essa menor produção envolveu todos os porta-enxertos, com exceção do citrange, e que a magnitude dessa diminuição da produção no preparo em faixa em relação ao convencional, na ausência da calagem, foi maior em ‘Cravo’ e ‘Sunki’ (Tabela 16). Na presença de calagem, a produção de ‘Cravo’ e ‘Volkameriano’ no preparo em faixa também foi inferior ao preparo convencional, enquanto as produções de ‘Cleópatra’ e trifoliata não foram afetadas pelo preparo do solo. ‘Sunki’ foi o porta-enxerto que mais se diferenciou nesta condição, com produção superior no preparo em faixa em relação ao preparo convencional, enquanto o citrange na presença da calagem também teve produção inferior no preparo em faixa em relação ao convencional (Tabela 16).

É necessário ressaltar que os porta-enxertos ‘Cravo’ e ‘Volkameriano’, pertencentes ao grupo dos limoeiros, foram os únicos igualmente afetados pelo preparo em faixa, tanto na ausência como na presença de calagem (Tabela 16). Os limoeiros, principalmente o ‘Cravo’, são considerados mais tolerantes à seca do que as tangerineiras e o trifoliata e seus híbridos (POMPEU JUNIOR, 2005), aspecto que enfraquece a hipótese formulada de que a redução da produção de frutos no preparo em faixa seria explicada apenas pelo menor armazenamento de água no solo nesse tratamento, no qual foi observado aumento da macroporosidade e redução da microporosidade, sugerindo que, pelo menos para os limoeiros, outras alterações ocorridas dentro do preparo em faixa possam ter atuado.

Conforme cogitado anteriormente, o agressivo sistema radicular da grama mato-grosso pode de fato ter imposto alguma interferência por competição e ou alelopatia limitando o desenvolvimento do sistema radicular do ‘Cravo’ e outros porta-enxertos; de fato, uma menor produção de raízes foi observada na profundidade de 40-60 cm sob o preparo em faixa (dados apresentados no artigo B). Aliado a isso, como será apresentado em item posterior, com ‘Cravo’ ocorreu o maior acúmulo de K nas folhas das laranjeiras, porém, sob este porta-enxerto, não ocorreram reduções de K no solo (Tabela 8), o que pode ser um indicativo de uma possível limitação de suas raízes pela presença de raízes da mato-grosso, o que explicaria também os maiores teores deste nutriente no solo sob o preparo em faixa com predomínio desta gramínea (Tabela 7).

Auler et al. (2008a), em Argissolo com textura arenosa/média, não observaram diferenças na produção acumulada de dez safras de laranjeira ‘Pêra’ sobre ‘Cravo’, entre os tratamentos de preparo do solo em faixa, implantado e mantido com *Brachiaria humidicola* nas entrelinhas, e de preparo convencional com várias espécies de cobertura vegetal, inclusive com grama mato-grosso, porém, neste caso, plantada nas entrelinhas após o preparo do solo convencional e depois do plantio das laranjeiras. As diferentes classes de solo e espécies vegetais das entrelinhas utilizadas no preparo do solo em faixa devem explicar as diferenças observadas entre este resultado e os obtidos no presente estudo, sugerindo que as definições de manejo de solo em pomares de citros nesta região não devem ser genéricas e sim específicas, levando em consideração todos esses aspectos.

Tabela 16 – Produção acumulada de frutos de laranjeira ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo (PS), na presença e ausência de calagem (Cal) e seis porta-enxertos (PE), período de 2000 a 2007.

Preparo do solo	Porta-enxertos	Com calagem		Sem calagem	
		kg planta ⁻¹			
Convencional	Cravo	970,1	A ^z	948,9	A
	Volkameriano	640,8	A	645,5	A
	Cleópatra	926,7	A	906,0	A
	Sunki	885,4	B	1009,6	A
	Citrango	996,2	A	838,8	A
	Trifoliata	708,4	A	608,5	A
Faixa	Cravo	834,2	B	800,8	B
	Volkameriano	578,2	B	572,5	B
	Cleópatra	935,6	A	843,1	B
	Sunki	983,0	A	843,9	B
	Citrango	880,4	B	833,8	A
	Trifoliata	746,0	A	544,4	B

^zMédias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$); Dentro de cada tratamento de Cal as letras comparam nas colunas cada PE entre os tratamentos de PS.

Outros trabalhos também têm demonstrado que a utilização de preparos mínimos de solo na implantação de pomares de laranja não têm comprometido a produção de frutos em relação ao preparo do solo considerado convencional, como os obtidos em condições similares por Neves et al. (2007), com a utilização de um preparo sem qualquer revolvimento, denominado plantio direto e, em condições de solo e cultura diferentes, como os obtidos por Susuki (1989).

Os porta-enxertos também mostraram resposta diferenciada à presença do fator calagem. Apenas em citrango, em 1999 e 2004, e em trifoliata, em 2004, a resposta em produção de frutos de laranjeira ‘Valência’ foi significativa e positiva ao emprego desse fator, enquanto que em limoeiro ‘Volkameriano’ a resposta ao uso de calagem foi negativa em 2004 (Tabela 14). O desdobramento dessa interação envolvendo todo o período de produção de 1996 a 2007 (com $F=1,31$ e $P < F=0,278$) confirma o efeito positivo da calagem apenas para os porta-enxertos citrango e trifoliata (Tabela 14), nos quais o incremento sobre a produção com o uso da calagem foi, respectivamente, da ordem de 12 e 25%, contra 3,6, -0,5, 4,6 e 0,5% observados, respectivamente, em ‘Cravo’, ‘Volkameriano’, ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’, porta-enxertos nos quais não se observou influência significativa deste fator.

No Brasil os trabalhos realizados para avaliar a resposta em produção de laranjeiras à calagem utilizaram, em sua maioria, apenas o porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’. Os resultados variaram desde ausência de resposta à resposta positiva com incrementos de baixa magnitude, em copa de laranjeira ‘Valência’ (QUAGGIO, 1991; QUAGGIO et al. 1998), em copa de laranjeira ‘Pêra’ (LUZ, 1995; RÊGO, 1997) e em laranjeira ‘Natal’ (CALGARO et al., 2007). Esses resultados estão de acordo com os obtidos no presente trabalho, em que o uso da calagem proporcionou um aumento não significativo de apenas 3,6% sobre a produção acumulada de frutos das 11 primeiras safras de laranjeira ‘Valência’ sobre esse porta-enxerto.

Com outros porta-enxertos, são escassos no Brasil os trabalhos de calagem em citros que tenham avaliado a produção de frutos. Para o trifoliata e o seu híbrido citrangeiro há a referência de Carlos et al. (1997), que corrobora os resultados obtidos no presente estudo de que esses porta-enxertos apresentam os piores resultados em solos ácidos e de baixa a média fertilidade, condição predominante na maior parte da citricultura brasileira, em comparação com o limoeiro ‘Cravo’ que apresenta desempenho muito bom nessas condições. Em ‘Cleópatra’ foi encontrado apenas o trabalho de Silva et al. (2007), em que os autores também não observaram efeito significativo sobre a produção de frutos de três safras de laranjeira ‘Pêra’ após a aplicação de calcário calcinado em superfície, em pomar com 14 anos de idade e com saturação de bases inicial de 57%, na camada de 0-10 cm.

Desenvolvimento vegetativo

O preparo do solo exerceu influência significativa sobre o desenvolvimento vegetativo das plantas, em que o diâmetro médio da copa (Dm), o volume da copa (V) e o diâmetro do tronco acima da linha de enxertia (Dac) da média dos anos avaliados foram superiores no preparo do solo convencional em relação ao preparo do solo em faixa (Tabela 17). Entretanto, a magnitude dessas diferenças foi baixa, da ordem de 8% para o volume da copa. Esses resultados têm correspondência com os observados sobre a produção de frutos, que também foi superior no preparo convencional em relação ao preparo em faixa em determinados anos (Tabela 11) e períodos de produção (Tabela 15). A calagem de forma isolada não teve relevância sobre as variáveis de desenvolvimento vegetativo e tampouco ocorreram interações significativas entre este e os demais fatores, considerando a média dos anos avaliados (Tabela 17). Entretanto, em 2007 foi detectada interação significativa da calagem com os porta-enxertos para a variável Dm (Tabela 17). O desdobramento dessa

interação revelou que a redução do Dm das copas das laranjeiras sob o preparo do solo em faixa se deu apenas nos porta-enxertos ‘Cravo’ e ‘Cleópatra’ (Tabela 18).

Tabela 17 – Desenvolvimento vegetativo de laranjeira ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo, emprego e não de calagem e seis porta-enxertos, média dos anos de 1999, 2003, 2004 e 2007 e em 2007.

Fatores	Média (1999, 2003, 2004 e 2007)						2007			
	Copa				Tronco		Copa			
	A	Dt	Dm	V	Dac	Dab	A	Dt	Dm	V
	m	m	m	m ³	cm		m	m	m	m ³
Preparo do solo (PS)										
Convencional	3,35 a ^y	4,01 a	3,81 a	26,65 a	15,19 a	17,24 a	3,47 a	4,47 a	4,02	29,93 a
Faixa	3,28 a	3,88 a	3,72 b	24,70 b	14,85 b	16,78 a	3,40 a	4,30 a	3,97	28,40 a
P>F	0,156	0,090	0,002	0,047	0,008	0,083	0,171	0,233	0,029	0,054
CV (%)	4,5	4,7	4,9	7,2	0,9	3,5	4,2	9,7	1,0	5,4
Calagem (Cal)										
Com	3,31 a ^y	3,97 a	3,78 a	25,87 a	15,04 a	17,10 a	3,45 a	4,43 a	3,99	29,18 a
Sem	3,32 a	3,92 a	3,74 a	25,49 a	14,99 a	16,92 a	3,43 a	4,35 a	4,00	29,16 a
P>F	0,949	0,345	0,371	0,565	0,687	0,249	0,615	0,277	0,923	0,980
CV (%)	3,2	5,4	4,3	10,1	3,7	3,5	5,7	6,2	3,6	12,0
Porta-enxerto (PE)										
Cravo	3,46 a ^z	4,09 a	3,90 a	28,39 ab	16,48 a	16,56 cd	3,56 bc	4,54 a	4,15	32,15 bc
Volkameriano	2,96 c	3,68 b	3,51 b	19,53 c	14,50 b	15,52 e	2,99 d	3,99 b	3,63	20,67 d
Cleópatra	3,57 a	4,17 a	3,98 a	30,51 a	16,87 a	18,38 a	3,78 a	4,64 a	4,22	35,29 a
Sunki	3,61 a	4,16 a	3,98 a	30,84 a	17,20 a	18,34 ab	3,75 ab	4,59 a	4,19	34,52 ab
Citrango	3,30 b	4,09 a	3,87 a	26,75 b	14,09 b	17,34 bc	3,43 c	4,58 a	4,10	30,28 c
Trifoliata	2,99 c	3,47 b	3,33 c	18,05 c	10,95 c	15,92 de	3,11 d	3,97 b	3,68	22,09 d
P>F	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
CV (%)	4,0	4,9	3,1	8,5	4,3	4,9	4,6	5,3	2,5	7,7
Interações (P>F)										
PS x Cal	0,975	0,891	0,764	0,680	0,546	0,304	0,960	0,990	0,566	0,824
PS x PE	0,762	0,818	0,442	0,412	0,262	0,356	0,817	0,730	0,003	0,057
Cal x PE	0,754	0,931	0,515	0,633	0,537	0,617	0,423	0,775	0,049	0,057
PS x Cal x PE	0,486	0,435	0,208	0,152	0,497	0,399	0,214	0,781	0,074	0,078

Dentro de cada fator médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si ^y(F); ^z(Tukey P≤0,05). A=altura, Dt=diâmetro transversal, Dm=diâmetro médio, V=volume de copa, Dac=diâmetro do tronco acima, Dab=diâmetro do tronco abaixo.

Os porta-enxertos exerceram influência altamente significativa sobre todas as variáveis de desenvolvimento vegetativo, seja na média dos anos avaliados como em 2007 (Tabela 17). Na média dos anos as tangerineiras ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’ induziram às copas de laranjeira ‘Valência’ maior altura (A), V e Dac, equivalentes ao ‘Cravo’ e superiores aos demais porta-enxertos. Citrange ficou em posição intermediária, com volume de copa equivalente ao ‘Cravo’, inferior às tangerineiras e superior ao ‘Volkameriano’ e trifoliata. Estes dois porta-enxertos induziram o menor desenvolvimento em plantas de laranjeiras ‘Valência’, tendo se equiparado em todas as variáveis de desenvolvimento avaliadas, com

exceção do Dac que em trifoliata foi inferior aos demais porta-enxertos. Em 2007, aos 13 anos de idade das plantas, a tangerineira ‘Cleópatra’ foi equivalente à ‘Sunki’ e superior aos demais porta-enxertos em A e V de copa (Tabela 17).

O desdobramento da interação entre calagem e porta-enxertos para o Dm da copa de 2007 revelou ausência de diferenças dentro de cada porta-enxerto para o tratamento com e sem calagem e dentro do tratamento sem calagem piora no desempenho do citrange em relação aos porta-enxertos ‘Cravo’, ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’ (Tabela 19).

Tabela 18 – Diâmetro médio da copa de laranjeira ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo (PS) e seis porta-enxertos (PE), 2007.

Porta-enxertos	Preparo Convencional		m	Preparo em faixa	
Cravo	4,21	AB ^z a		4,09	A b
Volkameriano	3,59	C a		3,68	B a
Cleópatra	4,34	A a		4,09	A b
Sunki	4,19	AB a		4,19	A a
Citrango	4,13	B a		4,07	A a
Trifoliata	3,67	C a		3,69	B a

^zMédias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$); letras maiúsculas comparam nas colunas os porta-enxertos dentro de cada PS e letras minúsculas comparam nas linhas os PS dentro de cada PE.

Tabela 19 – Diâmetro médio da copa de laranjeira ‘Valência’ sob o emprego e não de calagem (Cal) e seis porta-enxertos (PE), 2007.

Porta-enxertos	Com calagem		m	Sem calagem	
Cravo	4,09	A ^z a		4,21	AB a
Volkameriano	3,65	B a		3,61	C a
Cleópatra	4,16	A a		4,28	A a
Sunki	4,21	A a		4,17	AB a
Citrango	4,15	A a		4,06	B a
Trifoliata	3,70	B a		3,66	C a

^zMédias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$); letras maiúsculas comparam nas colunas os porta-enxertos dentro de cada Cal e letras minúsculas comparam nas linhas a Cal dentro de cada PE.

Esses resultados estão de acordo com os obtidos por outros autores em copa de laranjeira ‘Valência’, em que as tangerineiras ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’ superam ou se equiparam ao limoeiro ‘Cravo’, enquanto os citrangeiros aparecem em posição intermediária

e o trifoliata em posição inferior (POMPEU JUNIOR et al., 1981; ALVARENGA et al., 1986; AULER et al., 2008b). Pompeu Junior (2005) relata que o trifoliata é o porta-enxerto que induz menor copa às plantas nele enxertadas. Pompeu Junior et al. (1981) também verificaram menor volume de copa induzido pelo ‘Volkameriano’ em comparação aos demais porta-enxertos e pouco acima do trifoliata, enquanto Alvarenga et al. (1986) verificaram que ‘Volkameriano’ induziu volume de copa equivalente ao ‘Cravo’, à Sunki e à Cleópatra. Ledo et al. (1999) também verificaram que ‘Cravo’ e ‘Cleópatra’ induziram volume de copa em laranjeira ‘Valência’ superior à ‘Sunki’ e equivalente ao citrangeiro ‘Carrizo’.

Na comparação com trabalhos desenvolvidos em outros países as diferenças com os resultados aqui obtidos se acentuam, como no trabalho de Hutchison e Bistline (1992), na Florida, EUA, realizado em solos arenosos e com irrigação, em que o volume de copa das plantas em ‘Cleópatra’, trifoliata e ‘Volkameriano’ não diferiram entre si, enquanto os citrangeiros ‘Carrizo’ e ‘Norton’ foram inferiores à ‘Cleópatra’ e ao ‘Volkameriano’.

Estado nutricional das plantas

A nutrição em N, P, Ca e Mg das plantas de laranjeira ‘Valência’ não foi influenciada pelos preparos de solo, com exceção do teor de K, que no preparo convencional foi inferior ao preparo em faixa no ano de 2007 (Tabela 20). Esses resultados evidenciam que a nutrição em Ca e Mg da laranjeira ‘Valência’ não foi afetada pela não incorporação de calcário dolomítico nas entrelinhas do tratamento preparo em faixa, em relação ao preparo convencional onde este insumo foi incorporado ao solo na camada de 0 a 20 cm de profundidade na implantação do pomar. Os menores teores foliares de K das laranjeiras observados no preparo convencional podem ter relação com o maior dreno representado pela maior produção de frutos neste tratamento.

A calagem exerceu influência sobre todos os macronutrientes avaliados com exceção do P, aumentando os teores foliares de Mg e reduzindo os teores de K no período de 1998 a 2001, assim como no ano de 2007. Também aumentou os teores foliares de Ca e reduziu os de N no período de 1998 a 2001. No ano de 2007 não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos com e sem calagem em relação a estes nutrientes (Tabela 20).

Os aumentos nos teores foliares de Ca e Mg são facilmente explicáveis pelo maior aporte desses nutrientes ao solo promovidos pelo uso de calcário dolomítico (Tabelas 5 e 6), enquanto a redução nos teores de K pode, ao menos parcialmente, ter sido ocasionada

pelo conhecido antagonismo entre este cátion e o Mg (MATTOS JUNIOR et al., 2005). Embora a calagem tenha aumentado significativamente o teor de Ca no período de 1998 a 2001, este ficou abaixo do teor foliar mínimo de 35 g kg⁻¹, considerado adequado para citros por Mattos Junior et al. (2009). Por outro lado, os teores de Mg no período de 1998 a 2001 e em 2007 atingiram, tanto no tratamento com calagem como no sem calagem (Tabela 20), o mínimo de 3 g kg⁻¹ estabelecido como adequado para citros por esses autores. Em levantamento nutricional realizado em pomares de laranja ‘Valência’ sobre ‘Cravo’ também cultivados em solos da Formação Arenito Caiuá, Fidalski et al. (2000) detectaram teores foliares médios de Ca de 33,1 g kg⁻¹ e de Mg de 2,6 g kg⁻¹ em pomares considerados com produtividade alta.

Tabela 20 – Teores foliares de nutrientes em laranja ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo e emprego e não de calagem, médias dos anos de 1998 a 2001 e do ano de 2007.

Fatores	N		P		K		Ca		Mg	
	98 a 01	2007	98 a 01	2007	98 a 01	2007	98 a 01	2007	98 a 01	2007
	(g kg ⁻¹)									
Preparo do solo										
Convencional	27,18 a ^z	18,36 a	1,11 a	1,08 a	10,29 a	9,50 b	31,08 a	30,51 a	5,24 a	4,34 a
Faixa	27,23 a	18,92 a	1,11 a	1,08 a	10,41 a	10,11 a	29,99 a	30,21 a	4,96 a	4,11 a
P>F	0,896	0,470	0,949	0,780	0,864	0,008	0,316	0,918	0,431	0,496
CV (%)	5,9	14,3	12,0	3,4	24,1	2,5	11,6	37,1	24,0	27,8
Calagem										
Com	26,64 b	18,19 a	1,11 a	1,07 a	9,63 b	8,94 b	31,65 a	31,69 a	5,55 a	4,69 a
Sem	27,77 a	19,09 a	1,11 a	1,09 a	11,07 a	10,67 a	29,44 b	29,03 a	4,65 b	3,77 b
P>F	0,041	0,202	0,495	0,349	0,009	0,004	0,036	0,099	0,001	0,018
CV (%)	6,0	13,4	5,1	7,8	12,3	12,7	9,9	17,4	7,8	23,8

^zDentro de cada fator médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si (F).

Os porta-enxertos exerceram efeito altamente significativo sobre os teores foliares de todos os nutrientes avaliados (Tabela 21). Em relação aos macronutrientes o limoeiro ‘Cravo’ se destacou por induzir os maiores teores de N, P e K em folhas de laranja ‘Valência’, as tangerineiras ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’ os maiores teores de Ca e o trifoliata e seu híbrido citrange os maiores teores de Mg. Em N, ‘Cravo’ foi superior às tangerineiras e citrange e equivalente ao ‘Volkameriano’ e trifoliata. Em P, ‘Cravo’ foi superior à ‘Sunki’ e trifoliata e equivalente ao ‘Volkameriano’, ‘Cleópatra’ e citrange e, em K foi superior aos demais. ‘Cravo’ induziu teores de K superiores ao citrange e trifoliata em 43,2% e 28,1%, respectivamente. Em Ca, a tangerineira ‘Sunki’ foi equivalente à ‘Cleópatra’ e superior aos demais enquanto o citrange foi equivalente ao trifoliata e superior aos limoeiros ‘Cravo’ e ‘Volkameriano’. O Mg foi o nutriente que melhor caracterizou as diferenças entre os três

grupos de citros constituídos pelos limoeiros ('Cravo' e 'Volkameriano'), as tangerineiras ('Cleópatra' e 'Sunki') e o trifoliata junto com o seu híbrido citrange, em que estes últimos induziram os teores mais elevados, superiores a 'Cleópatra' e 'Sunki' e estas superiores ao 'Cravo' e 'Volkameriano'. Os teores foliares de Mg em citrange e trifoliata, porta-enxertos que responderam de forma positiva à calagem em produção de frutos de laranjeira 'Valência', foram superiores em relação ao 'Cravo' em 75 e 63,8%, respectivamente.

Em relação aos micronutrientes os limoeiros 'Cravo' e 'Volkameriano' estiveram entre os que induziram maiores teores de Cu, Zn e Mn, as tangerineiras se destacaram por induzir os menores teores de Zn e B, citrange os menores teores de Zn, B e Mn e, o trifoliata, os maiores teores de B (Tabela 21). Este porta-enxerto também induziu o menor teor de Cu, equivalente ao citrange e à 'Cleópatra' e inferior aos demais. As tangerineiras induziram teores intermediários de Zn, equivalentes ao trifoliata, inferiores ao 'Cravo' e 'Volkameriano' e superiores ao citrange. Os teores de B induzidos pelo trifoliata foram 86,7% mais elevados que 'Sunki', que induziu o mais baixo teor entre os porta-enxertos. 'Volkameriano' e 'Cleópatra' induziram os teores mais elevados de Mn, equivalentes ao 'Cravo' e superiores aos demais, enquanto 'Sunki' e trifoliata induziram teores intermediários, superiores ao citrange que induziu o menor teor foliar deste micronutriente. Os elevados teores foliares de Cu observados em todos os porta-enxertos se devem às aplicações de produtos à base de cobre para prevenção da doença cancro cítrico (LEITE JUNIOR, 1990).

Tabela 21 – Teores foliares de nutrientes em laranjeira 'Valência' em seis porta-enxertos, médias dos anos de 1998, 1999, 2000, 2001 e 2007.

Porta-enxertos	N	P	(g kg ⁻¹)				(mg kg ⁻¹)			
			K	Ca	Mg	Cu	Zn	B	Mn	
Cravo	27,2 a ^z	1,15 a	12,6 a	26,7 d	3,6 c	56,5 a	21,1 a	52,6 cd	45,6 ab	
Volkameriano	25,8 abc	1,12 ab	10,1 b	25,5 d	3,7 c	55,1 a	20,2 ab	71,2 b	53,5 a	
Cleópatra	24,5 cd	1,12 ab	10,1 b	33,8 ab	4,9 b	51,0 ab	18,5 c	56,9 c	52,3 a	
Sunki	24,2 d	1,03 c	10,4 b	36,7 a	5,1 b	53,7 a	18,5 c	42,4 e	37,1 b	
Citrango	24,9 bcd	1,11 ab	8,8 b	31,8 bc	6,3 a	50,7 ab	16,8 d	47,6 d	27,1 c	
Trifoliata	26,4 ab	1,10 b	9,8 b	28,7 cd	5,9 a	45,2 b	18,9 bc	79,2 a	42,5 b	
P>F	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
CV (%)	5,0	3,7	13,0	10,3	9,3	11,6	7,0	7,0	18,5	

^zMédias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$).

Esses resultados estão de acordo Donadio et al. (1993), que relatam que a 'Cleópatra' induz às copas maiores teores foliares de Ca e Mg e inferiores de Zn em relação

ao limoeiro ‘Cravo’. Araújo (1995), em condições de viveiro, também observou que as tangerineiras ‘Sunki’ e ‘Cleópatra’ induziram em laranjeira ‘Valência’ os maiores teores de Ca e os limoeiros ‘Cravo’ e ‘Volkameriano’ os menores teores. Os resultados também concordam em grande parte com os obtidos por Hiroce et al. (1981) em Limeira, São Paulo, em copa de laranjeira ‘Valência’ em avaliações realizadas a partir dos 13 anos de idade das plantas. Na média de cinco anos de avaliações os autores também verificaram que: o ‘Cravo’ esteve entre os porta-enxertos que induziram os teores mais elevados de K ($1,22 \text{ g kg}^{-1}$), equivalentes ao trifoliata e citrangeiro ‘Troyer’ e superiores às tangerineiras ‘Sunki’ e ‘Cleópatra’; a ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’ induziram os teores mais elevados de Ca ($4,24$ e $4,09 \text{ g kg}^{-1}$), superiores ao ‘Cravo’ ($3,46 \text{ g kg}^{-1}$) e equivalentes ao trifoliata e ‘Troyer’, nos quais os teores foram intermediários; ‘Troyer’ e trifoliata induziram os maiores teores em Mg ($0,60$ e $0,57 \text{ g kg}^{-1}$), ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’ intermediários e ‘Cravo’ o mais baixo teor ($0,40 \text{ g kg}^{-1}$); e que o trifoliata induziu o teor mais elevado de B (74 mg kg^{-1}), superior aos demais, enquanto ‘Cleópatra’, ‘Sunki’ (46 mg kg^{-1}), ‘Troyer’ e ‘Cravo’ não diferiram entre si.

Eficiência de Produção

Não houve efeito do preparo do solo sobre a eficiência de produção nos quatro anos individuais em que essa variável foi avaliada, porém esse fator exerceu influência significativa sobre a eficiência de produção média do período, que foi superior no preparo do solo em faixa em relação ao convencional (Tabela 22). Esse resultado é importante na medida em que a maior eficiência de produção observada no preparo em faixa compensa a menor produção de frutos observada neste tratamento (Tabela 11).

A calagem interagiu com os demais fatores não se observando efeito isolado desse fator, enquanto os porta-enxertos exerceram efeito altamente significativo sobre a eficiência de produção em três dos quatro anos avaliados e sobre a média dos quatro anos, embora esse efeito tenha ocorrido de forma independente dos outros fatores apenas nos anos de 2003 e 2007. Nos anos de 1999, 2004 e na média dos anos ocorreu interação significativa da calagem com os porta-enxertos e no ano de 2004 também da calagem com o preparo do solo (Tabela 22).

Considerando a média dos quatro anos houve diferenças significativas no desempenho entre os porta-enxertos dentro dos tratamentos com e sem calagem (Tabela 23). Na presença de calagem a eficiência de produção em trifoliata foi equivalente ao citrange e superior aos demais porta-enxertos. ‘Cravo’ e ‘Volkameriano’ ficaram em posição

intermediária e nas tangerineiras ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’ foram observados os valores mais baixos de eficiência de produção. Na ausência de calagem a eficiência de produção em trifoliata, citrange e ‘Volkameriano’ foram superiores à ‘Cleópatra’ e equivalentes ao ‘Cravo’ e ‘Sunki’, evidenciando dependência da calagem dos porta-enxertos trifoliata e citrange para alcançarem maior eficiência de produção em relação aos outros porta-enxertos avaliados. Na comparação da calagem dentro de cada porta-enxerto a eficiência de produção das plantas sob calagem foi superior em relação ao tratamento sem calagem apenas em citrange e trifoliata e equivalente para os demais porta-enxertos (Tabela 23). Esses resultados indicam um aspecto vantajoso da calagem para estes porta-enxertos, em que os aumentos na produção (Tabela 14) não foram correspondidos por aumentos proporcionais do volume de copa (Tabela 19), melhorando a eficiência de produção das plantas sobre trifoliata e citrange, conforme também

Tabela 22 – Eficiência de produção de frutos de laranja ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo, emprego e não de calagem e seis porta-enxertos.

Fatores	Eficiência de produção									
	1999		2003		2004		2007		Média	
Preparo do solo (PS)	kg m ⁻³									
Convencional	5,95	a ^y	2,99	a	3,98	4,94	a	4,29	b	
Faixa	5,89	a	3,08	a	4,14	4,82	a	4,32	a	
<i>P</i> > <i>F</i>	0,904		0,734		0,193	0,392		0,044		
CV (%)	30,2		40,0		8,6	9,8		0,6		
Calagem (Cal)										
Com	5,92		3,10	a ^y	4,14	4,98	a	4,38		
Sem	5,93		2,96	a	3,98	4,77	a	4,24		
<i>P</i> > <i>F</i>	0,951		0,322		0,195	0,129		0,093		
CV (%)	15,5		17,1		10,3	9,5		6,2		
Porta-enxerto (PE)										
Cravo	6,04		2,41	d ^z	4,59	4,20	c	4,17		
Volkameriano	5,57		2,50	cd	4,40	5,51	a	4,42		
Cleópatra	5,72		3,25	bc	4,14	4,41	c	3,90		
Sunki	6,26		2,33	d	4,08	4,71	bc	4,14		
Citrango	5,68		3,67	ab	4,00	5,11	ab	4,46		
Trifoliata	6,30		4,02	a	3,15	5,34	ab	4,77		
<i>P</i> > <i>F</i>	0,064		<0,001		<0,001	<0,001		<0,001		
CV (%)	12,0		20,5		13,6	11,7		6,1		
Interações (P>F)										
PS x Cal	0,962		0,568		0,027	0,175		0,095		
PS x PE	0,813		0,116		0,244	0,383		0,393		
Cal x PE	0,021		0,101		<0,001	0,388		0,044		
PS x Cal x PE	0,251		0,261		0,544	0,677		0,496		

Dentro de cada fator médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si ^y(F), ^z(Tukey *P*≤0,05).

observado por Quaggio et al. (2004) em citrumeleiro ‘Swingle’ sob copa de laranjeira ‘Natal’ em estudo com adubação N-P-K.

No ano de 2004 também ocorreu interação significativa entre preparo do solo e a calagem (Tabela 22), cujo desdobramento revelou que a eficiência de produção foi maior no preparo do solo em faixa em relação ao convencional dentro do tratamento com calagem e equivalente dentro do tratamento sem calagem (Tabela 24). Dentro do preparo do solo convencional não houve diferenças entre o uso e não de calagem sobre a eficiência de produção, enquanto que no preparo em faixa a eficiência de produção foi aumentada pela calagem. O desdobramento da interação entre esses fatores ($F=4,46$ e $P>F=0,095$) para a média de eficiência de produção dos quatro anos, em relação às diferenças observadas em 2004, revelou que não houve diferenças entre os preparos de solo em ambos os tratamentos com e sem calagem, e também que não houve efeito da calagem dentro do preparo do solo convencional, confirmando apenas que a eficiência de produção dentro do preparo do solo em faixa foi maior no tratamento com calagem (Tabela 24). Essa menor eficiência de produção no preparo em faixa dentro do tratamento sem calagem se deve à menor produção acumulada no período de 2000 a 2007, observada neste tratamento (Tabela 15).

Tabela 23 – Eficiência de produção de frutos de laranjeira ‘Valência’ sob o emprego ou não de calagem (Cal) e seis porta-enxertos (PE).

Porta-enxertos	1999		Calagem				Média ^y					
	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem				
	kg m ⁻³											
Cravo	5,89	A a ^z	6,18	AB a	4,54	A a	4,65	AB a	4,23	BC a	4,11	AB a
Volkameriano	5,49	A a	5,64	AB a	3,83	AB b	4,97	A a	4,34	BC a	4,50	A a
Cleópatra	5,45	A a	5,99	AB a	3,16	B a	3,14	C a	3,98	C a	3,82	B a
Sunki	5,88	A a	6,64	A a	4,31	A a	3,86	BC a	4,10	C a	4,19	AB a
Citrance	6,25	A a	5,10	B b	4,38	A a	3,62	C b	4,63	AB a	4,30	A b
Trifoliata	6,53	A a	6,02	AB a	4,61	A a	3,67	C b	5,01	A a	4,54	A b

^yMédia dos anos de 1999, 2003, 2004 e 2007. ^zMédias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si (Tukey $P\leq 0,05$); dentro de cada ano ou média dos anos, letras maiúsculas comparam nas colunas os PE dentro de cada tratamento de Cal e letras minúsculas comparam a Cal dentro de cada PE.

Tabela 24 – Eficiência de produção de frutos de laranjeira ‘Valência’ submetida a duas formas de preparo do solo (PS) na presença e ausência de calagem (Cal).

Preparo do solo	Com calagem		Sem calagem		Com calagem		Sem calagem	
	2004				Média ^y			
	kg m ⁻³							
Convencional	3,89	B a ^z	4,07	A a	4,30	A a	4,30	A a
Faixa	4,39	A a	3,90	A b	4,46	A a	4,19	A b

^yMédia dos anos de 1999, 2003, 2004 e 2007. ^zMédias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$); dentro de cada ano ou média dos anos, letras maiúsculas comparam nas colunas os PS dentro de cada tratamento de Cal e letras minúsculas comparam a Cal dentro de cada PS.

Pompeu Junior et al. (1981) verificaram que a eficiência de produção em plantas de laranjeira ‘Valência’ foi equivalente entre os porta-enxertos ‘Cravo’, trifoliata e citrangeiros, que superaram os demais testados entre os quais ‘Sunki’, ‘Cleópatra’ e ‘Volkameriano’. Ledo et al. (1999) não encontraram diferenças significativas entre os porta-enxertos ‘Cravo’, ‘Sunki’, ‘Cleópatra’ e citrangeiro ‘Carrizo’ sobre a eficiência de produção. Auler et al. (2008b) verificaram melhor resultado em eficiência de produção em ‘Cravo’, ‘Sunki’ e ‘Troyer’ do que em ‘Cleópatra’, tangeleiro ‘Orlando’ e laranjeira ‘Caipira’. Georgiou (2004) verificaram que plantas de laranjeira ‘Valência’ aos 20 anos de idade, sob irrigação, enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ e ‘Volkameriano’, citrangeiros ‘Troyer’ e ‘Carrizo’, citrumeleiro ‘Swingle’ e tangerineira ‘Cleópatra’ não diferiram entre si em eficiência de produção.

Na comparação do potencial produtivo entre porta-enxertos para uma determinada copa, a eficiência de produção é um parâmetro importante (GEORGIU, 2004), pois permite verificar se a menor produção de frutas produzida em plantas com menor tamanho de copa pode ser compensada pelo adensamento de plantas por unidade de área, já que normalmente existe correlação positiva entre o tamanho da copa e a produção de frutos por planta (QUAGGIO et al., 2004).

A partir do diâmetro das plantas de ‘Valência’ sobre trifoliata observado em 2007 (Tabelas 17, 18 e 19) e da produção média anual por planta dos últimos oito anos de produção, referentes ao período de 2000 a 2007, no tratamento preparo em faixa com calagem (Tabela 16), projetou-se para este porta-enxerto uma densidade de 490 plantas ha⁻¹ (espaçamento de 6 x 3,4 m) que renderiam 45,6 t ha⁻¹ de frutos por ano; em ‘Cravo’, nesse mesmo período de produção, com uma densidade de 357 plantas ha⁻¹ (espaçamento 7 x 4 m),

foi obtido uma produção equivalente a 43,3 t ha⁻¹ de frutos por ano, no tratamento preparo convencional com calagem (Tabela 16).

Köller et al. (1999) no Rio Grande do Sul, em clima Cfa, equivalente ao do presente estudo, em avaliação que envolveu os primeiros 14 anos de produção de plantas de laranjeira ‘Valência’, também verificaram que a produção por planta em trifoliata foi menor do que em ‘Cravo’, porém sem diferir deste porta-enxerto em relação à eficiência de produção, levando os autores a concluir que reduzindo o espaçamento de plantio das plantas enxertadas em trifoliata seria possível obter produção semelhante à obtida com ‘Cravo’ por unidade de área.

Qualidade dos frutos

A massa dos frutos de laranjeira ‘Valência’ não foi influenciada pelo preparo do solo e pela calagem, enquanto os porta-enxertos exerceram influência altamente significativa sobre essa variável (Tabela 25).

No período inicial de produção de 1998 a 2000, correspondente ao quarto, quinto e sexto ano após o plantio, a tangerineira ‘Sunki’ induziu maior massa aos frutos, superior à induzida por ‘Volkameriano’ e ‘Cleópatra’ e equivalente aos demais porta-enxertos. ‘Cravo’, trifoliata, citrange e ‘Cleópatra’ induziram massa aos frutos equivalentes e superiores ao ‘Volkameriano’. No período de 2000 a 2007 (6º ao 13º ano após o plantio), assim como no conjunto desses dois períodos, de 1998 a 2007, os porta-enxertos ‘Cravo’, ‘Sunki’, citrange e trifoliata induziram aos frutos massa equivalentes entre si e superiores ao ‘Volkameriano’ e ‘Cleópatra’ (Tabela 25). Neste período, a magnitude dessas diferenças foi de 9,1% entre a maior massa de frutos em citrange e a menor em ‘Volkameriano’.

Tabela 25 – Massa de frutos de laranjeira ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo, emprego e não de calagem e seis porta-enxertos.

Fatores	1998 a 2000		Massa do fruto 2000 a 2007		1998 a 2007	
Preparo do solo (PS)			g			
Convencional	187,7	a ^y	192,5	a	193,3	a
Faixa	184,3	a	194,2	a	193,1	a
<i>P</i> > <i>F</i>	0,367		0,567		0,938	
CV (%)	6,7		5,4		6,3	
Calagem (Cal)						
Com	187,5	a ^y	195,4	a	195,1	a
Sem	184,4	a	191,4	a	191,2	a
<i>P</i> > <i>F</i>	0,230		0,155		0,106	
CV (%)	4,9		5,1		4,1	
Porta-enxertos (PE)						
Cravo	190,8	ab ^z	194,7	a	195,0	a
Volkameriano	170,4	c	184,5	b	183,4	b
Cleópatra	183,4	b	182,3	b	183,6	b
Sunki	195,0	a	199,5	a	199,7	a
Citrange	191,2	ab	200,5	a	200,1	a
Trifoliata	184,9	ab	198,7	a	197,4	a
<i>P</i> > <i>F</i>	<0,001		<0,001		<0,001	
CV (%)	4,8		3,4		3,2	
Interações (<i>P</i>><i>F</i>)						
PS x Cal	0,521		0,399		0,341	
PS x PE	0,821		0,212		0,252	
Cal x PE	0,714		0,574		0,468	
PS x Cal x PE	0,903		0,575		0,739	

Dentro de cada fator médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si ^y(*F*), ^z(Tukey *P*≤0,05).

Vários autores também verificaram em copa de laranjeira ‘Valência’ que a tangerineira ‘Cleópatra’ induz menor massa aos frutos quando a compararam ao ‘Cravo’, como Ledo et al. (1999). Alvarenga et al. (1986) também verificaram que os limoeiros ‘Cravo’, ‘Volkameriano’ e a tangerineira ‘Sunki’ induziram maior massa aos frutos, superiores à ‘Cleópatra’ e trifoliata que foram equivalentes entre si. Auler et al. (2009), em sete safras avaliadas, verificaram que ‘Cravo’ induziu maior massa aos frutos em relação à ‘Cleópatra’ e equivalente à ‘Sunki’, tangeleiro ‘Orlando’ e laranjeira ‘Caipira’. Em trabalhos realizados fora do Brasil, outros autores também verificaram menor massa ou tamanho dos frutos em copa de ‘Valência’ induzida por ‘Cleópatra’ (ZEKRI, 2000; ZEKRI; AL-JALEEL, 2004).

As demais variáveis avaliadas relacionadas com a qualidade do fruto também não sofreram efeito isolado do preparo do solo e da calagem, embora estes fatores

tenham interagido com os porta-enxertos para as variáveis acidez total titulável (ATT), *ratio*, índice tecnológico (IT) e rendimento industrial (RI), enquanto que para as variáveis sólidos solúveis totais (SST), rendimento em suco (RI) e firmeza dos frutos (R) foi observado apenas efeito isolado dos porta-enxertos (Tabela 26).

A influência dos porta-enxertos sobre os teores de SST do suco dos frutos de laranjeira ‘Valência’ foi altamente significativa, com a maior média induzida por trifoliata, que superou os demais porta-enxertos. A tangerineira ‘Sunki’ induziu a segunda maior média de SST, equivalente ao citrange e superior aos demais porta-enxertos. ‘Cravo’ induziu a menor média, equivalente ao ‘Volkameriano’ e inferior aos demais, enquanto a ‘Cleópatra’ foi equivalente ao citrange e superior ao limoeiro ‘Cravo’. A diferença entre a maior média de SST, de trifoliata, e a menor, de ‘Cravo’, foi de 11,1% (Tabela 26).

A tangerineira ‘Cleópatra’ induziu aos frutos o maior RS, superior ao trifoliata e ao ‘Volkameriano’ e equivalente aos demais. A diferença entre a maior média observada em ‘Cleópatra’ e a menor observada em ‘Volkameriano’ sobre essa variável foi de 6,6%.

Conforme destacado anteriormente, para as variáveis ATT, *ratio*, IT e RI também ocorreram interações significativas entre o preparo do solo, calagem e porta-enxertos, indicando haver dependência entre esses fatores (Tabela 26). Para a variável ATT, o desdobramento dessa interação revelou que, na comparação entre porta-enxertos, a tangerineira ‘Sunki’ induziu as maiores médias de acidez ao suco dos frutos, considerando as quatro combinações de tratamentos envolvendo o preparo do solo e a calagem (Tabela 27). No tratamento com preparo do solo convencional e com calagem as diferenças foram mais acentuadas entre os porta-enxertos, em que ‘Sunki’ foi superior aos demais, seguida pelo trifoliata, enquanto a menor média em ATT foi observada em ‘Cravo’, ‘Volkameriano’, ‘Cleópatra’ e citrange. Neste tratamento as diferenças entre a maior média de ATT, observada em ‘Sunki’, e a menor, em ‘Cravo’, foi de 21,7%. No preparo do solo em faixa com calagem as diferenças entre porta-enxertos foram pouco pronunciadas, em que ‘Sunki’ superou o ‘Volkameriano’ e foi equivalente aos demais. Nos tratamentos envolvendo os preparos de solo na ausência de calagem, o desempenho entre os porta-enxertos seguiu de forma aproximada o padrão observado no tratamento preparo do solo convencional com calagem (Tabela 27).

Tabela 26 – Índices de qualidade do fruto de laranja ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo, emprego e não de calagem e seis porta-enxertos, médias dos anos de 2002, 2004, 2005 e 2007.

Fatores	SST	ATT	Ratio	RS	IT	RI	R ^x
	°Brix	%	SST ATT ⁻¹	%	SST cx ⁻¹	Cx t ⁻¹ suco	N
Preparo do solo (PS)							
Convencional	12,16 a ^y	1,08	12,79	48,7 a	2,43	279,8	5,41 a
Faixa	12,21 a	1,09	12,69	49,4 a	2,46	273,3	5,45 a
<i>P>F</i>	0,404	0,145	0,657	0,738	0,698	0,691	0,806
CV (%)	5,8	1,8	6,2	15,3	15,1	21,6	12,2
Calagem (Cal)							
Com	12,19 a ^y	1,09	12,7	49,1 a	2,45	275,9	5,48 a
Sem	12,18 a	1,08	12,8	49,1 a	2,44	277,2	5,38 a
<i>P>F</i>	0,779	0,288	0,384	0,969	0,815	0,488	0,501
CV (%)	2,0	3,3	4,5	1,4	1,5	2,6	10,9
Porta-enxerto (PE)							
Cravo	11,64 e ^z	1,02	12,7	49,4 ab	2,35	287,4	5,54 abc
Volkameriano	11,77 de	1,03	12,7	47,2 c	2,27	298,4	5,97 ab
Cleópatra	12,04 cd	1,06	12,9	50,3 a	2,47	271,0	4,86 c
Sunki	12,40 b	1,19	11,6	49,1 ab	2,49	269,9	4,77 c
Citrango	12,33 bc	1,07	13,5	49,8 ab	2,51	268,0	5,28 bc
Trifoliata	12,93 a	1,13	13,1	48,5 bc	2,57	264,3	6,16 a
<i>P>F</i>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
CV (%)	2,2	3,5	4,6	2,3	2,8	3,2	12,9
Interações (<i>P>F</i>)							
PS x Cal	0,964	0,604	0,310	0,702	0,815	0,969	0,212
PS x PE	0,478	0,682	0,794	0,917	0,925	0,770	0,448
Cal x PE	0,563	0,930	0,473	0,057	0,037	0,026	0,447
PS x Cal x PE	0,531	0,002	0,006	0,124	0,050	0,023	0,409

^xAno de 2008. Dentro de cada fator médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si ^y(F), ^z(Tukey $P \leq 0,05$). SST=sólidos solúveis totais, ATT=acidez total, RS=rendimento em suco, IT=índice tecnológico, RI=rendimento industrial e R=firmeza dos frutos.

Na comparação dentro de cada porta-enxerto, ‘Cravo’, citrango e ‘Sunki’ mostraram, dentro do tratamento com calagem, dependência do preparo do solo, em que ‘Cravo’ e citrango induziram menores teores de acidez aos frutos no preparo do solo convencional e ‘Sunki’ os menores teores no preparo em faixa (Tabela 27). Nesses mesmos porta-enxertos, a ATT foi reduzida na ausência de calagem, dentro do preparo em faixa para ‘Cravo’ e citrango e dentro do preparo do solo convencional para ‘Sunki’. Essas alterações na acidez do suco dos frutos parecem estar inversamente relacionadas com a produção de frutos desses três porta-enxertos, nos quais, para os tratamentos de preparo do solo e calagem, a redução da acidez foi acompanhada pelo aumento na produção de frutos (Tabelas 16 e 27).

Quanto à maturação dos frutos indicada pelo *ratio*, o desdobramento da interação entre os três fatores (Tabela 28) revelou efeitos do preparo do solo e da calagem que

têm relação com os efeitos observados sobre a acidez dos frutos (Tabela 27), já que o *ratio* é obtido pelo quociente da divisão das médias de SST pela ATT. Na comparação entre porta-enxertos, as maiores médias foram observadas em citrange e as menores em ‘Sunki’ (Tabela 28). O menor *ratio* observado em ‘Sunki’ foi influenciado, principalmente, pelo teor de acidez mais elevado induzido ao suco dos frutos por este porta-enxerto (Tabela 27). Considerando as médias observadas dentro do tratamento preparo do solo convencional com calagem, as diferenças entre a maior média de *ratio*, observada em citrange, e a menor, em ‘Sunki’, foi de 24,4%. As médias de *ratio* observadas em ‘Cravo’, ‘Volkameriano’, ‘Cleópatra’ e trifoliata não diferiram entre si, sugerindo não haver diferenças entre esses porta-enxertos quanto ao estágio de maturação dos frutos colhidos no mês de outubro, conforme também observado em condições similares por Auler et al. (2009). Na comparação dentro de cada porta-enxerto, ‘Cravo’ e citrange induziram, dentro do tratamento com calagem, valores superiores de *ratio* no preparo convencional em relação ao preparo em faixa e, dentro deste preparo do solo, menor *ratio* no tratamento com calagem em relação ao sem calagem (Tabela 28).

Tabela 27 – Acidez (ATT) de frutos de laranja ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo (PS) na presença e ausência de calagem (Cal) e seis porta-enxertos (PE), médias dos anos de 2002, 2004, 2005 e 2007.

Preparo do solo	Porta-enxertos	Com calagem		%	Sem calagem	
Convencional	Cravo	1,01	C ^z	a b	1,02	C a a
	Volkameriano	1,03	C	a a	1,01	C a a
	Cleópatra	1,07	BC	a a	1,05	BC a a
	Sunki	1,23	A	a a	1,16	A b a
	Citrango	1,03	C	a b	1,09	ABC a a
	Trifoliata	1,13	B	a a	1,13	AB a a
Faixa	Cravo	1,07	AB	a a	1,01	C b a
	Volkameriano	1,04	B	a a	1,05	BC a a
	Cleópatra	1,06	AB	a a	1,05	BC a a
	Sunki	1,15	A	a b	1,21	A a a
	Citrango	1,13	AB	a a	1,04	BC b a
	Trifoliata	1,12	AB	a a	1,13	AB a a

^zMédias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$); letras maiúsculas comparam nas colunas os PE dentro de cada PS e Cal; letras minúsculas comparam nas linhas a Cal dentro de cada PE e PS e minúsculas em itálico comparam na coluna os PS dentro de cada PE e Cal.

Castle (1995) verificou que em laranja ‘Valência’ a magnitude da diferença entre vários porta-enxertos sobre a qualidade do fruto pode chegar a 23% para a

massa do fruto, em torno de 10% para sólidos solúveis e acidez e 11% para o conteúdo de suco.

Ledo et al. (1999) verificaram que não houve diferenças significativas entre ‘Cravo’, ‘Sunki’, ‘Cleópatra’ e ‘Carrizo’ sobre o *ratio* e o rendimento de suco dos frutos, enquanto ‘Cravo’ reduziu significativamente o teor de sólidos solúveis e a acidez do suco dos frutos em relação aos demais porta-enxertos. Auler et al. (2009) também verificaram maior rendimento de suco em ‘Cleópatra’, superior à ‘Caipira’ e equivalente aos demais, em sólidos solúveis, ‘Troyer’ foi equivalente à ‘Caipira’ e ‘Sunki’ e superior aos demais e, em acidez e *ratio* dos frutos, não observaram diferenças entre os porta-enxertos.

Tabela 28 – *Ratio* de frutos de laranjeira ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo (PS) na presença e ausência de calagem (Cal) e seis porta-enxertos (PE), médias dos anos de 2002, 2004, 2005 e 2007.

Preparo do solo	Porta-enxertos	Com calagem		Sem calagem			
		SST ATT ⁻¹					
Convencional	Cravo	13,00	AB ^z	<i>a a</i>	12,60	AB	<i>a a</i>
	Volkameriano	12,87	AB	<i>a a</i>	12,55	AB	<i>a a</i>
	Cleópatra	12,65	BC	<i>a a</i>	13,04	AB	<i>a a</i>
	Sunki	11,33	C	<i>a a</i>	11,72	B	<i>a a</i>
	Citrango	14,09	A	<i>a a</i>	13,37	A	<i>a a</i>
	Trifoliata	12,88	AB	<i>a a</i>	13,39	A	<i>a a</i>
Faixa	Cravo	11,99	AB	<i>b b</i>	13,24	AB	<i>a a</i>
	Volkameriano	12,98	AB	<i>a a</i>	12,44	BC	<i>a a</i>
	Cleópatra	13,15	A	<i>a a</i>	12,80	ABC	<i>a a</i>
	Sunki	11,73	B	<i>a a</i>	11,49	C	<i>a a</i>
	Citrango	12,46	AB	<i>b b</i>	14,02	A	<i>a a</i>
	Trifoliata	13,00	A	<i>a a</i>	13,03	AB	<i>a a</i>

^zMédias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$); letras maiúsculas comparam nas colunas os PE dentro de cada PS e Cal; letras minúsculas comparam nas linhas a Cal dentro de cada PE e PS e minúsculas em itálico comparam na coluna os PS dentro de cada PE e Cal.

Na Flórida, EUA, em condições de irrigação e em copa de laranjeira ‘Valência’, resultados semelhantes foram obtidos por Hutchison e Bistline (1992), em que, na média de quatro safras, os teores de sólidos solúveis nos frutos induzidos pelos citrangeiros ‘Norton’ e ‘Carrizo’ e pelo trifoliata foram equivalentes e superiores aos de ‘Cleópatra’ e ‘Volkameriano’, enquanto que ‘Cleópatra’ foi superior ao ‘Volkameriano’. Zekri (2000) também observou, aos sete anos de idade das plantas de ‘Valência’, que frutos produzidos sobre os porta-enxertos citrumeleiro ‘Swingle’ e ‘Cleópatra’ foram equivalentes em sólidos

solúveis e superiores aos dos limoeiros ‘Volkameriano’ e ‘Milam’ (*C. jambhira*). Em acidez do suco, ‘Cleópatra’ induziu maiores teores que os demais e em conteúdo de suco, ‘Swingle’ e ‘Cleópatra’ superaram os limoeiros. No Chipre, Georgiou (2004) verificou que o citrange ‘Troyer’ foi superior em sólidos solúveis aos porta-enxertos citrangeres ‘Carrizo’ e ‘Morton’, ao citrumeleiro ‘Swingle’ e à ‘Cleópatra’ que foram equivalentes entre si e superiores ao ‘Cravo’ e, este, equivalente ao ‘Volkameriano’.

A variável índice tecnológico (IT), obtida a partir das variáveis SST e RS, foi mais influenciada pelo teor de SST, haja vista as diferenças de maior magnitude observadas entre os porta-enxertos em SST quando comparado ao RS, de forma que o desempenho observado entre os porta-enxertos para a variável SST foi muito semelhante ao observado para o IT (Tabela 26). O desdobramento da interação entre os três fatores para esta variável, revelou que as maiores médias foram induzidas por trifoliata, que superou o ‘Cravo’ nos tratamentos preparo do solo convencional com e sem calagem e no preparo em faixa com calagem (Tabela 29). ‘Cleópatra’ e citrange ficaram em posição intermediária, porém sem diferir do trifoliata, enquanto a ‘Sunki’ foi inferior ao trifoliata apenas no tratamento preparo do solo convencional sem calagem (Tabela 29).

Tabela 29 – Índice tecnológico (IT) de frutos de laranjeira ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo (PS) na presença e ausência de calagem (Cal) e seis porta-enxertos (PE), médias dos anos de 2002, 2004, 2005 e 2007.

Preparo do solo	Porta-enxertos	Com calagem		Sem calagem			
		SST cx^{-1}					
Convencional	Cravo	2,31	B ^z	a a	2,33	CD	a a
	Volkameriano	2,28	B	a a	2,21	D	a a
	Cleópatra	2,43	AB	a a	2,49	ABC	a a
	Sunki	2,56	A	a a	2,38	BC	b a
	Citrango	2,49	A	a a	2,52	AB	a a
	Trifoliata	2,50	A	b a	2,62	A	a a
	Faixa	Cravo	2,35	B	a a	2,42	A
Volkameriano		2,36	B	a a	2,25	B	b a
Cleópatra		2,49	AB	a a	2,48	A	a a
Sunki		2,49	AB	a a	2,53	A	a a
Citrango		2,51	AB	a a	2,53	A	a a
Trifoliata		2,58	A	a a	2,57	A	a a

^zMédias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$); letras maiúsculas comparam nas colunas os PE dentro de cada PS e Cal; letras minúsculas comparam nas linhas a Cal dentro de cada PE e PS e minúsculas em itálico comparam na coluna os PS dentro de cada PE e Cal.

Sob calagem ocorreu um aumento do IT para a tangerineira ‘Sunki’ dentro do preparo convencional e para o ‘Volkameriano’ dentro do preparo em faixa (Tabela 29). No porta-enxerto trifoliata o efeito foi contrário, ou seja, dentro do preparo convencional, na presença de calagem, este porta-enxerto induziu menor IT aos frutos em relação ao tratamento sem calagem. Cabe ressaltar que aqui também parece existir uma relação inversa entre IT e produção de frutos, em que a redução no IT relatada para trifoliata e ‘Sunki’ foi acompanhada de maior produção de frutos nesses porta-enxertos dentro dos mesmos tratamentos de preparo do solo e calagem (Tabela 16). Para essa variável (IT) não foram observadas diferenças entre os preparos de solo para um mesmo porta-enxerto. Porém, ocorreram alterações no desempenho entre os porta-enxertos dentro de cada preparo do solo em função do emprego ou não da calagem, em que a maior e a menor diferença entre os porta-enxertos ocorreu na ausência de calagem, respectivamente dentro do preparo convencional e em faixa. No tratamento com calagem, o desempenho entre os porta-enxertos dentro de cada preparo do solo foi semelhante (Tabela 29).

Em RI os resultados entre os porta-enxertos foram semelhantes ao IT, já que o mesmo é obtido a partir deste índice. Quanto maior o IT, melhor o RI e menor a quantidade de caixas de laranjas para produzir uma tonelada de suco a 66° Brix. No preparo convencional com calagem, citrange e ‘Sunki’ induziram aos frutos de ‘Valência’ os melhores RI, equivalentes ao trifoliata e superiores ao ‘Cravo’ e ‘Volkameriano’ (Tabela 30). No preparo em faixa apenas o trifoliata superou o ‘Cravo’ e o ‘Volkameriano’ no tratamento com calagem. No preparo convencional com calagem plantas de laranjeira ‘Valência’ em ‘Cravo’ precisaram de 31,6 e 18,3 caixas de laranja a mais para produzir uma tonelada de suco em relação à ‘Sunki’ e ao trifoliata, respectivamente. No preparo em faixa com calagem, plantas sobre ‘Cravo’ precisaram de 24,7 caixas de laranja a mais para produzir uma tonelada de suco em relação ao trifoliata (Tabela 30).

Tabela 30 – Rendimento industrial (RI) de frutos de laranjeira ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo (PS), na presença e ausência de calagem (Cal) e seis porta-enxertos (PE), médias dos anos de 2002, 2004, 2005 e 2007.

Preparo do solo	Porta-enxertos	Com calagem		Sem calagem			
		Cx t ⁻¹ suco					
Convencional	Cravo	292,72	AB ^z	<i>a a</i>	291,73	AB	<i>a a</i>
	Volkameriano	298,44	A	<i>a a</i>	310,04	A	<i>a a</i>
	Cleópatra	277,35	ABC	<i>a a</i>	268,97	CD	<i>a a</i>
	Sunki	261,11	C	<i>b a</i>	285,58	BC	<i>a a</i>
	Citrango	270,77	C	<i>a a</i>	270,02	BCD	<i>a a</i>
	Trifoliata	274,41	BC	<i>a a</i>	255,86	D	<i>b a</i>
	Faixa	Cravo	286,39	A	<i>a a</i>	278,89	B
Volkameriano		283,69	A	<i>b a</i>	301,55	A	<i>a a</i>
Cleópatra		267,93	AB	<i>a a</i>	269,73	B	<i>a a</i>
Sunki		269,24	AB	<i>a a</i>	263,83	B	<i>a a</i>
Citrango		266,72	AB	<i>a a</i>	264,51	B	<i>a a</i>
Trifoliata		261,66	B	<i>a a</i>	265,39	B	<i>a a</i>

^zMédias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$); letras maiúsculas comparam nas colunas os PE dentro de cada PS e Cal; letras minúsculas comparam nas linhas a Cal dentro de cada PE e PS e minúsculas em itálico comparam na coluna os PS dentro de cada PE e Cal.

Esses resultados estão de acordo com revisões sobre o assunto (STUCHI et al., 1996; CARLOS et al., 1997), que destacam a superioridade do trifoliata em induzir melhor qualidade (como SST e IT) aos frutos de copas nele enxertadas, seguido pelos seus híbridos como os citrangeiros, ficando as tangerineiras em posição intermediária e os limoeiros em posição inferior. Auler et al. (2009), em trabalho que não envolvia o trifoliata e o ‘Volkameriano’ e em copa de laranjeira ‘Valência’ verificaram que em IT o citrangeiro ‘Troyer’ superou o ‘Cravo’ e o tangeleiro ‘Orlando’ e foi equivalente à ‘Sunki’, ‘Cleópatra’ e ‘Caipira’ e, em RI, ‘Troyer’ foi superior ao ‘Cravo’. Stenzel et al. (2005) também verificaram, em copa de ‘Folha Murcha’, que o IT de frutos em trifoliata foi superior aos demais porta-enxertos e que ‘Sunki’ foi equivalente ao citrangeiro ‘C13’ e superior aos demais, enquanto a ‘Cleópatra’ foi equivalente ao ‘Cravo’ e citrangeiro ‘C13’ e superior aos limoeiros ‘Rugoso da África’ e ‘Volkameriano’.

Luz (1995) verificou que a calagem não afetou a qualidade dos frutos e somente a incorporação do calcário reduziu o tamanho e o *ratio* dos frutos da primeira safra em relação à aplicação em superfície, sem incorporação, enquanto Rêgo (1997) não observou efeito da calagem sobre a qualidade dos frutos.

Mattos Junior et al. (2005) relatam trabalhos que relacionam o efeito individual do Ca e do Mg sobre a qualidade do suco de citros, nos quais o Mg não afetou a

acidez do suco e o Ca atuou na sua redução, e ambos, Ca e Mg, atuaram no aumento de SST e IT, enquanto o rendimento em suco não foi afetado.

Quanto à variável firmeza dos frutos (R) avaliada apenas em 2008, o trifoliata induziu o maior valor, equivalente ao ‘Volkameriano’ e ‘Cravo’ e superior aos demais porta-enxertos (Tabela 26). As menores médias foram observadas nas tangerineiras ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’, porém sem diferir de ‘Cravo’ e citrange. Essa variável mede o grau de firmeza dos frutos e indica uma importante característica de qualidade relacionada com a textura dos frutos, pois além de frutos mais firmes serem preferidos pelo consumidor, essa característica também indica o período de conservação dos frutos após a colheita (RAMALHO, 2005). Na cultura de carambola, Prado et al. (2005) verificaram que a calagem aumentou a firmeza dos frutos detectado a partir do terceiro dia de armazenamento, efeito que estaria relacionado com o aumento da nutrição em Ca promovido pela calagem, pois esse nutriente aumenta a rigidez da epiderme dos frutos, reduzindo as perdas de água e a taxa de respiração.

Sobrevivência das plantas

Aos 13 anos após o plantio, a menor taxa de sobrevivência das plantas de laranjeira ‘Valência’ ocorreu no porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’, que apresentou 69,5% de plantas consideradas sadias ou em condições normais de produção (Tabela 31). Em citrange essa taxa foi de 80,5%, em trifoliata 86%, em ‘Volkameriano’ 85,7%, em ‘Sunki’ 94,4% e em ‘Cleópatra’ de 100%. Com exceção da tangerineira ‘Sunki’, em que a redução da sobrevivência também foi provocada em 50% pela perda de plantas por gomose, nos demais porta-enxertos as perdas foram provocadas exclusivamente pelo declínio dos citros, anomalia que torna as plantas depauperadas e improdutivas, podendo inclusive levá-las à morte. No Brasil sua ocorrência foi relatada pela primeira vez no Estado de São Paulo por Rodriguez et al. (1979) e posteriormente em Sergipe, Bahia e Minas Gerais (BERETTA; ROSSETTI, 1990), enquanto no Paraná ainda não havia relato comprovando sua ocorrência.

Tabela 31 – Sobrevivência de plantas de laranjeira ‘Valência’ em seis porta-enxertos aos 13 anos após o plantio, Nova Esperança, PR, 2007.

Porta-enxerto	Sobrevivência de plantas ^z	Causas de mortalidade ou improdutividade	
		Declínio	Gomose
	%	%	%
Cravo	69,5	30,5	0,0
Volkameriano	86,1	13,9	0,0
Cleópatra	100,0	0,0	0,0
Sunki	94,4	2,8	2,8
Citrage	80,5	19,5	0,0
Trifoliata	85,7	14,3	0,0

^zPlantas em condições normais de produção e sem problemas fitossanitários aparentes (N=216 plantas).

Esses resultados estão de acordo com outros autores que também relatam menor taxa de sobrevivência de plantas enxertadas em ‘Cravo’ devido à grande suscetibilidade deste porta-enxerto ao declínio (LIMA; BORDUCCHI, 1982; BALDASSARI et al., 2003). ‘Volkameriano’ e trifoliata também são considerados suscetíveis e a ‘Cleópatra’ parcialmente suscetível, com baixas perdas até os 15 anos de idade das plantas (DONADIO et al., 1993; POMPEU JUNIOR, 2005). Uma das características consideradas desfavoráveis da ‘Sunki’ é sua alta suscetibilidade à gomose (POMPEU JUNIOR, 2005), porém não confirmada neste estudo, haja vista a perda de apenas 2,8% de plantas por este problema observada neste porta-enxerto até os 13 anos de idade das plantas. A textura arenosa do solo utilizado, aliada à sua excelente drenagem desfavorecem a ocorrência dessa doença.

Conforme informado no Material e Métodos as perdas de produção provocadas por esses problemas não foram computadas nos dados de produção apresentados, mesmo porque a incidência dos mesmos depende de vários fatores além dos porta-enxertos e podem variar muito (AULER et al., 2008b), dependendo do conjunto das condições presentes de solo, clima e planta. Contudo foi avaliada e aqui incluída por ser uma informação importante dentro da avaliação geral dos porta-enxertos, com o propósito de selecionar os mais adaptados para esta região.

O conjunto dos resultados apresentados revelou diferenças marcantes em crescimento das plantas, nutrição, produção e qualidade dos frutos da laranjeira ‘Valência’ em função dos porta-enxertos avaliados e de seu comportamento diferenciado em relação aos fatores preparo do solo e calagem. Conforme enfatizado, a ocorrência de espécies vegetais diferentes nas entrelinhas das duas formas de preparo do solo estudadas provocou alterações

diferenciadas no solo que, como sustentado, representou um fator adicional que interferiu nos resultados, principalmente naqueles relacionados com o fator preparo do solo. Assim, a menor produção de frutos observada dentro do preparo em faixa no tratamento sem calagem seria resultado da presença desse fator adicional representado pela presença da gramínea mato-grosso, agravado pela própria ausência de calagem e não como um efeito direto dessa forma de preparo do solo. Alterações físicas na porosidade do solo aliadas à interferência por competição e ou alelopatia provocadas pelo agressivo sistema radicular dessa gramínea foram consideradas como as possíveis causas da redução da produção e também do crescimento das plantas dentro do preparo em faixa, afetando principalmente o limoeiro ‘Cravo’.

Portanto, esses resultados não deixam de corroborar os resultados obtidos em condições similares nesta região, que verificaram que o preparo em faixa e outras formas de preparo mínimo do solo são adequados para implantação de pomares de laranjeiras, pois além de não comprometerem a produção de frutos e as condições físicas e químicas do solo (NEVES et al., 2007; AULER et al., 2008a; FIDALSKI et al., 2009) reduzem consideravelmente os riscos de erosão, pela manutenção de no mínimo 70% da cobertura vegetal das entrelinhas, além de reduzir o custo em operações mecanizadas na implantação dos pomares. Por outro lado, a associação da gramínea mato-grosso à redução da produção de frutos neste estudo, não observada quando esta espécie foi introduzida após a implantação do pomar com preparo convencional do solo (AULER et al., 2008a), evidencia também que as definições de manejo do solo em pomares de citros nesta região não devem ser genéricas e sim específicas, levando em consideração aspectos como classe de solo, forma de preparo do solo, espécie de cobertura vegetal das entrelinhas e a combinação copa/porta-enxerto.

Os resultados também confirmaram o bom desempenho das tangerineiras ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’ como porta-enxertos nestas condições edafoclimáticas (STENZEL et al., 2005; AULER et al., 2008b), com produção de frutos por planta e eficiência de produção equivalente ao limoeiro ‘Cravo’ e qualidade do fruto superior a este. Como desvantagem em relação ao ‘Cravo’ a ‘Cleópatra’ induziu maior volume de copa às plantas, característica que limita o emprego de plantios mais adensados e dificulta os tratos culturais e a colheita.

Demonstraram também que há potencial para utilização do trifoliata nestas condições, em plantios mais adensados, pois este porta-enxerto induziu às copas de laranjeiras ‘Valência’ maior eficiência de produção, além de maior índice tecnológico aos frutos em relação ao limoeiro ‘Cravo’. O citrangeiro também teve bom desempenho, pois além de induzir produção por planta equivalente ao ‘Cravo’, foi superior a este em eficiência de produção e índice tecnológico dos frutos.

Os limoeiros ‘Cravo’ e as tangerineiras ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’ mostraram-se mais adaptados às condições de baixa fertilidade do solo desta região, enquanto que o citrangeiro e principalmente o trifoliata mostraram-se dependentes da calagem para atingir melhores índices de produtividade. O limoeiro ‘Volkameriano’ mostrou-se pouco indicado para utilização, pois mesmo tendo apresentado boa adaptação à baixa fertilidade do solo e volume de copa equivalente ao trifoliata, em eficiência de produção e qualidade do fruto foi inferior a este e equivalente ao ‘Cravo’.

3.5 CONCLUSÕES

1. A menor produção de frutos e o menor crescimento das plantas dentro do preparo do solo em faixa em relação ao convencional não ocorreu por influência de um efeito direto relacionado com estes preparos e sim, muito provavelmente, pela ocorrência de espécies de cobertura vegetal diferentes nas entrelinhas de cada um deles. Alterações físicas no solo e ou outras interfências provocadas pela presença da gramínea mato-grosso nas entrelinhas do preparo em faixa foram cogitadas como as prováveis causas da menor produção de frutos neste tratamento, observada principalmente no limoeiro ‘Cravo’.

2. O preparo do solo e a calagem em interação com a cobertura vegetal nas entrelinhas das laranjeiras influenciaram os atributos físicos do solo, alterando a proporção entre macro e microporosidade.

3. Em ambas as formas de preparo do solo e em ambos os locais de amostragem, a calagem foi igualmente eficiente em promover alterações químicas na camada de 0-20 cm do solo com aumento do pH, teores de Ca e Mg e redução nos teores de Al e H+Al, alterações que repercutiram na melhoria da nutrição em Ca e Mg das laranjeiras.

4. A resposta da laranjeira ‘Valência’ em produção de frutos ao uso da calagem foi mais expressiva apenas quando enxertada sobre trifoliata. Sobre citrange a resposta foi de menor magnitude e praticamente ausente sobre os demais porta-enxertos.

5. Em 11 safras avaliadas, o limoeiro ‘Cravo’, as tangerineiras ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’ e o citrangeiro foram equivalentes em produção de frutos por planta e superiores ao trifoliata e ao ‘Volkameriano’.

6. Aos 13 anos após o plantio a tangerineira ‘Cleópatra’ induziu volume de copa em laranjeira ‘Valência’ equivalente à ‘Sunki’ e superior aos demais porta-enxertos. Trifoliata e ‘Volkameriano’ induziram os menores volumes de copa.

7. Trifoliata e citrange foram os únicos porta-enxertos que dependeram da calagem para um aumento da eficiência de produção. Na presença da calagem o trifoliata induziu eficiência de produção equivalente ao citrange e superior aos demais porta-enxertos. A ‘Cleópatra’ induziu a menor média de eficiência de produção, porém sem diferir de ‘Sunki’ e ‘Cravo’.

8. Todos os teores foliares de macro e micronutrientes avaliados foram influenciados pelos porta-enxertos, que induziram diferenças marcantes no padrão nutricional das laranjeiras. ‘Cravo’ se destacou por induzir maior teor foliar de K, as tangerineiras ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’ os maiores teores de Ca e trifoliata e citrange, maiores teores de Mg. Trifoliata induziu teor de B bem superior aos demais.

9. O trifoliata e o ‘Cravo’ induziram, respectivamente, o maior e o menor teor de sólidos solúveis totais ao suco dos frutos. Em índice tecnológico, na presença de calagem, o trifoliata induziu o maior índice, equivalente ao citrange e às tangerineiras e superior aos limoeiros. Em relação às tangerineiras o trifoliata também induziu maior firmeza aos frutos.

10. Aos 13 anos após o plantio o menor percentual de sobrevivência de plantas de laranjeira ‘Valência’ ocorreu sobre ‘Cravo’ e o maior em ‘Cleópatra’.

4 ARTIGO B – CRESCIMENTO RADICULAR E PRODUÇÃO DE LARANJEIRA ‘VALÊNCIA’ EM TRÊS PORTA-ENXERTOS, SOB DIFERENTES PREPAROS DE SOLO E CALAGEM

4.1 RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar duas formas de preparo do solo e da calagem sobre o sistema radicular, a nutrição e a produção de frutos de laranjeira ‘Valência’ enxertada em diferentes porta-enxertos. O experimento foi instalado em área ocupada por pastagem com grama mato-grosso (*Paspalum notatum*), em Latossolo Vermelho Escuro com textura arenosa/média, no município de Nova Esperança, Noroeste do Paraná. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, no esquema de parcelas sub-subdivididas, com três repetições e três plantas úteis por parcela. Nas parcelas foi estudado o preparo do solo, convencional (PC) e em faixa (PF); nas subparcelas a adição e não de calcário; e nas sub-subparcelas três porta-enxertos: limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia*), tangerineira ‘Cleópatra’ (*Citrus reshni*) e trifoliata (*Poncirus trifoliata*). Como variedade copa foi utilizada a laranjeira ‘Valência 718’ (*Citrus sinensis*), plantada em janeiro de 1994, no espaçamento de 7 x 4 m. Foi utilizado calcário dolomítico no tratamento com calagem, que recebeu 3 t ha⁻¹ de calcário antes da implantação e 1,65 t ha⁻¹ em 1998. As seguintes variáveis foram avaliadas: nutrição e a produção de frutos e as raízes e os atributos químicos e físicos do solo, em quatro profundidades (0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm). ‘Cravo’ mostrou-se pouco adaptado para ser utilizado em pomar implantado com o preparo do solo em faixa, em área originalmente ocupada pela grama mato-grosso, mantendo essa gramínea nas entrelinhas das laranjeiras. ‘Cravo’ mostrou melhor adaptação à acidez e menor exigência em Ca e Mg do solo, sem apresentar resposta à calagem. A tangerineira ‘Cleópatra’ foi o porta-enxerto com maior produção de raízes; com a calagem teve sua nutrição em Mg melhorada, porém sem apresentar reposta significativa em densidade de raízes e produção de frutos. O trifoliata foi o porta-enxerto que mostrou maior sensibilidade à acidez e ao Al e maior exigência em cálcio e magnésio do solo. Neste porta-enxerto a calagem aumentou a densidade de raízes, a nutrição em Ca e Mg e, em 12 safras, a produção de frutos em 26,4%. Independentemente da calagem, a produção acumulada de frutos da laranjeira ‘Valência’ foi equivalente entre os porta-enxertos ‘Cravo’ e ‘Cleópatra’ e ambos superiores ao trifoliata.

Abstract

The objective of this work was to evaluate two systems of soil preparation and liming on the root system, nutrition and yield of ‘Valencia’ orange trees grafted on different rootstocks. The experiment was established in a field originally occupied by *Paspalum notatum* grass, in a Typic Haplorthox soil, in Nova Esperança municipality, Northwest of Paraná State, Brazil. The experiment was set up in a complete randomized blocks design with three replications in a split-split plot arrangement, with three useful plants for plot. The main plots were used to study soil preparation, comparing conventional preparation in the whole area (CP) against just in strip, a minimum soil preparation system (SP); in the split plot, the application and not of limestone; and in the split split plots, three rootstocks: ‘Rangpur’ lime (*Citrus limonia*), ‘Cleopatra’ mandarin (*Citrus reshni*) and trifoliata (*Poncirus trifoliata*). The scion was ‘Valencia 718’ orange trees (*Citrus sinensis*), planted in January of 1994, in 7 x 4 m spacing.

Dolomite limestone was used in the treatment with liming that received 3 t ha⁻¹ of limestone before the implantation and 1.65 t ha⁻¹ in 1998. The following variables were evaluated: nutrition and production of fruits and the roots and the chemical and physical attributes of the soil, in four depths (0-0.10, 0.10-0.20, 0.20-0.40, 0.40-0.60 m). ‘Rangpur’ was considered less adapted to be used in orchard implanted with soil preparation in strip, in a field originally occupied by *P. notatum* grass. The ‘Rangpur’ showed better adaptation to soil acidity because ‘Valencia’ orange tree had no response to liming when budded on this rootstock. ‘Cleopatra’ mandarin was the rootstock with higher production of roots, and its response to the liming was not significant in root density and in fruit yield; however, the liming improved Mg nutrition in this rootstock. Trifoliata was the rootstock that showed the largest sensibility to the soil acidity and Al levels, and the largest demand in Ca and Mg. In this rootstock, the liming increased the root density, the Ca and Mg contents and, in 12 crops, the fruit yield in 26.4%. Independently of the liming, the accumulated production of fruits of ‘Valencia’ orange trees was equivalent between ‘Rangpur’ and ‘Cleopatra’ and both were larger than trifoliata.

4.2 INTRODUÇÃO

No Paraná o cultivo de laranja conta com uma área de 20.200 ha que vem se ampliando nas regiões norte e principalmente no Noroeste do Estado (ANDRADE, 2009). Esta região é ocupada predominantemente por solos originados da formação Arenito Caiuá, caracterizados por baixos teores de argila, baixa reserva de nutrientes minerais e baixa resistência à erosão hídrica (EMBRAPA, 1984) e, ao mesmo tempo, sujeita à ocorrência de chuvas com alto potencial erosivo (RUFINO, 1996), condições que exigem o emprego de tecnologias adequadas para uma exploração agrícola sustentável.

As recomendações de preparo do solo para o plantio de citros preconizam o método denominado de preparo convencional que prevê o revolvimento do solo em área total através de operações mecanizadas de aração e gradagem, com o objetivo principal de incorporação de calcário para correção da acidez, neutralização do alumínio do solo e fornecimento de Ca e Mg às plantas cítricas (MALAVOLTA; VIOLANTE NETO, 1989; DE NEGRI et al., 2005; QUAGGIO et al. 2005); além de poder atuar em eventuais condições físicas desfavoráveis do solo que limitem o desenvolvimento normal das raízes, como a ocorrência de compactação (MAZZA et al., 1994; CORÁ et al., 2005). Como desvantagens, esse método implica em grande risco de erosão, devido ao revolvimento do solo com remoção total da cobertura vegetal e conseqüente exposição da sua superfície, condição que favorece a ocorrência de processos erosivos de intensidade severa na fase de implantação e período inicial de formação dos pomares (POLITANO; PISSARRA, 2005), além de onerar os custos de implantação pelo grande número de operações mecanizadas.

Visando contornar esses problemas associados ao uso do preparo convencional na implantação de pomares foi proposto o preparo do solo em faixa (RUFINO et al., 1992), um tipo de preparo mínimo que restringe a 30% o revolvimento do solo, mantendo o restante da área sob cobertura vegetal original. Resultados publicados sobre a utilização deste sistema de preparo demonstraram que a produção de frutos e as condições de fertilidade química do solo de pomares de laranjeira ‘Pêra’ foram equivalentes às obtidas com a utilização do preparo convencional (AULER et al., 2008a), sem comprometer as condições físicas do solo (FIDALSKI et al., 2009), quando implantados em áreas ocupadas por pastagem.

Entretanto, como as plantas de citros exigem condições adequadas de pH e disponibilidade de Ca e Mg existe a necessidade de se avaliar a prática da calagem frente a essa nova forma de preparo do solo, já que, neste caso, a incorporação do calcário ao solo é realizada apenas na faixa de plantio e, na entrelinha, o calcário permanece sobre a superfície. A importância da calagem para a citricultura do Noroeste do Paraná, principalmente como suprimento de Ca e Mg às plantas ficou evidenciada em levantamento nutricional realizado em 1996, no qual se observou que as principais deficiências nutricionais em macronutrientes de pomares de laranja foram de Ca e Mg (FIDALSKI; AULER, 1997). Devem-se considerar ainda as diferenças de comportamento entre porta-enxertos quanto à tolerância ao alumínio (NOGUEIRA et al., 1989; SANTOS et al., 1999; PEREIRA et al., 2003) e sua resposta à calagem (PAVAN; JACOMINO, 1998), tornado-se importante estudar como os porta-enxertos respondem a esses fatores frente às condições edafoclimáticas desta região.

O limoeiro Cravo e a tangerineira Cleópatra são os porta-enxertos mais utilizados na atualidade nas principais regiões cítricas do Brasil, enquanto o trifoliata, em determinadas condições, pode apresentar considerável potencial de utilização por suas características de indução de menor porte às copas e maior qualidade aos frutos (POMPEU JUNIOR et al., 1981; KÖLLER et al., 1999; POMPEU JUNIOR, 2005; STENZEL et al., 2005).

Essas informações poderão ser úteis na definição de tecnologias específicas para cada porta-enxerto, visando, com isso, um melhor aproveitamento de seu potencial produtivo e maior racionalização no uso de insumos. Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos do preparo do solo e da calagem sobre os atributos químicos e físicos do solo e suas implicações sobre o sistema radicular, a nutrição e a produção de frutos de laranjeira ‘Valência’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, tangerineira ‘Cleópatra’ e trifoliata, no Noroeste do Paraná.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental está localizada a 23°09'12'' de latitude sul e 52°08'40'' de longitude oeste, a 434 m de altitude, no sítio Nossa Senhora, município de Nova Esperança, PR. O clima é subtropical Cfa (segundo KÖPPEN) com concentração das chuvas no verão, sem estação seca definida, porém com período mais seco no inverno, com a menor precipitação mensal (50 mm) ocorrendo no mês de agosto, temperatura anual média de 22 °C e precipitação anual de 1400 mm (IAPAR, 2000; anexo A). O experimento foi instalado em janeiro de 1994 em delineamento experimental de blocos ao acaso, no esquema de parcela sub-subdividida, com três repetições e três plantas úteis por parcela, num total de 36 parcelas experimentais. Nas parcelas foi estudado o preparo do solo (convencional e em faixa); nas subparcelas, a adição ou não de calcário; e nas subsubparcelas, três porta-enxertos: limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osb.), tangerineira 'Cleópatra' (*Citrus reshni* hort. ex Tan.) e o trifoliata [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.]. Como variedade copa utilizou-se a laranjeira 'Valência 718' [*Citrus sinensis* (L.) Osb.], acesso IAPAR-94, plantada no espaçamento de 7 x 4 m.

A área experimental, localizada no terço inferior da pendente com declividade de 5 cm m⁻¹, em Latossolo Vermelho Escuro distrófico textura arenosa/média, era anteriormente ocupada por pastagem com grama mato-grosso (*Paspalum notatum*). Em amostragem realizada em outubro de 2006, com a coleta realizada no centro das entrelinhas, o solo apresentou respectivamente para as frações argila, silte e areia os seguintes resultados (expressos em g kg⁻¹), pelo método da pipeta (CLAESSEN, 1997): profundidades de 0-10 cm (125, 10 e 865); 10-20 cm (160, 20 e 820); 20-40 cm (190, 15 e 775); 40-60 cm (210, 15 e 775); e de 60-100 cm (210, 10 e 780). Os atributos químicos do solo anteriores à implantação do experimento encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Atributos químicos do solo antes da implantação do experimento (setembro de 1993).

Profundidade cm	P mg dm ⁻³	C g dm ⁻³	pH (CaCl ₂)	Al	H+Al	Ca	Mg Cmol _c dm ⁻³	K	SB	CTC	V %	m
0-20	1,5	8,9	4,5	0,24	4,28	1,18	0,74	0,37	2,29	6,57	34,8	9,5
20-40	1,1	6,9	4,2	0,65	4,61	0,95	0,37	0,12	1,44	6,05	23,8	31,1

No tratamento preparo convencional o solo foi gradeado e arado em área total e no tratamento preparo em faixa essas operações foram realizadas somente numa faixa de 2 m de largura, permanecendo as entrelinhas com a pastagem original. Antes das operações de preparo do solo foi aplicado 3 t ha⁻¹ de calcário dolomítico sobre a pastagem em área total nas subparcelas com calagem, em ambos os tratamentos de preparo do solo. Em agosto de 1998 foi reaplicado 1,65 t ha⁻¹ de calcário dolomítico em superfície e sem incorporação nas subparcelas dos tratamentos com calagem, em ambos os tratamentos de preparo do solo. O calcário tinha PRNT de 75,1% e teores de CaO e MgO de 29% e 19%, respectivamente. A calagem foi calculada pelo método da saturação por bases considerando V₂=70%. Em 24/07/2007 foi reaplicado 1,0 t ha⁻¹ de calcário dolomítico em área total, envolvendo também, acidentalmente, o tratamento sem calagem. As covas de plantio foram realizadas por meio de sulco profundo aberto em toda a extensão das linhas de plantio, recebendo 500 g de super fosfato simples por planta. Foi aplicado em cobertura por ano e por hectare, aproximadamente 150 kg de nitrogênio, 60 kg de P₂O₅, 100 kg de K₂O e 0,5 kg de boro. Foram realizadas adubações foliares anuais de zinco e fosfito e com menor frequência de boro, manganês e cálcio; duas adubações orgânico-minerais (com fósforo) de 2 e 3 kg planta⁻¹ aplicadas respectivamente em agosto de 2004 e 2005 e uma adubação de 3 kg planta⁻¹ com esterco de galinha em dezembro de 2007 aplicado de forma localizada entre uma planta e outra. Após a implantação, as entrelinhas do tratamento com preparo convencional do solo foram naturalmente ocupadas com cobertura vegetal espontânea, que logo nos primeiros anos passou a ter o predomínio de *Brachiaria decumbens*, enquanto que nas entrelinhas do preparo em faixa a espécie predominante foi a grama mato-grosso. O manejo da vegetação das entrelinhas foi com roçadeira duas vezes por ano e das linhas de plantio com capinas manuais ou herbicida três vezes por ano. Esse tipo de manejo permitia a formação de biomassa vegetal em ambos os locais, mas principalmente nas entrelinhas, que após manejadas eram mantidas em superfície no próprio local.

As avaliações da produção foram realizadas de 1996 a 2008, obtendo-se a massa total de frutos por planta colhidos das três plantas úteis no momento em que os frutos atingiam a maturação adequada para o consumo, normalmente em outubro. A produção acumulada do período total de produção (1996 a 2008) e dos três últimos anos avaliados (2006 a 2008) foi obtida somando-se as médias de produção anual por planta de cada sub-subparcela dos anos compreendidos nesses períodos.

A amostragem para análise dos teores foliares de nutrientes foi realizada em fevereiro de 2007 e 2008, coletando-se a 3^a ou 4^a folha a partir do fruto em cada quadrante das

plantas úteis e na altura mediana da copa (GPACC, 1994). As análises químicas foliares foram efetuadas conforme Miyazawa et al. (1992), utilizando-se solução de HCl 1 mol L⁻¹ para extração do Ca e Mg.

A coleta de raízes foi realizada em abril de 2008 em dois locais (limite da projeção da copa e sob a copa da planta útil central de cada subsubparcela) e em quatro profundidades do solo (0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm). Para cada um dos locais foram coletadas duas repetições, P1 e P2 para o limite da projeção da copa e C1 e C2 para o local sob a copa (Figura 1). Em P1 e P2 a coleta distou da linha de plantio, em média, em 1,8 m no ‘Cravo’, 1,9 m na ‘Cleópatra’ e 1,6 m no trifoliata, tendo como referência a projeção da copa das plantas enxertadas nestes porta-enxertos. A coleta de raízes foi realizada com trado de aço inox com copo coletor com 30 cm de comprimento, 7,3 cm de diâmetro interno e extremidade cerrilhada (BÖHM, 1979). Aos 70 dias antes da coleta de raízes a eventual presença de cobertura vegetal da entrelinha e de invasoras foi dessecada com herbicida (glifosate) numa faixa contínua à linha de plantio com largura suficiente para abranger cada ponto de coleta P1 e P2 até um pouco além da projeção externa da copa.

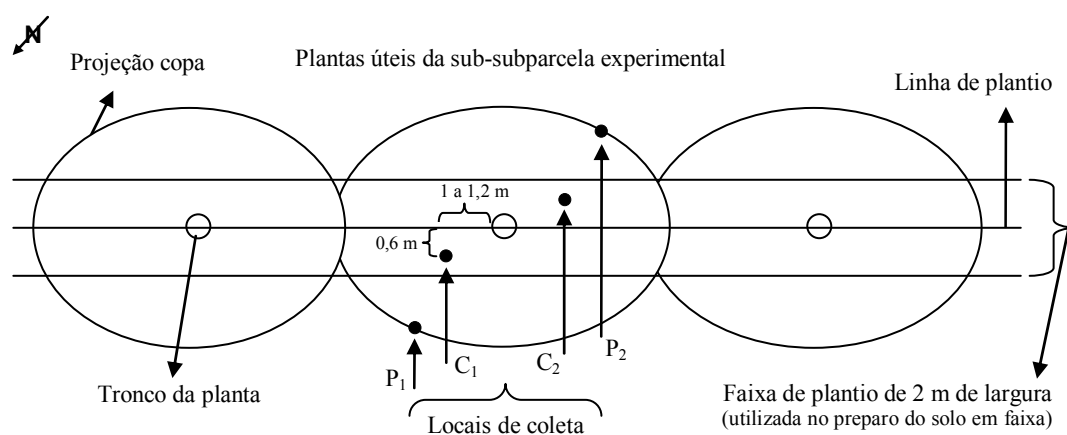


Figura 1 – Esquema da coleta das amostras de raízes, abril de 2008. P₁ e P₂: repetições do local de coleta “limite da projeção da copa”; C₁ e C₂: repetições do local de coleta “sob a copa”.

As amostras contendo solo e raízes de cada repetição dos locais de amostragem foram acondicionadas separadamente em sacos plásticos e no mesmo dia armazenadas em congelador. As raízes foram separadas do solo por meio de lavagem em água corrente em peneira com malha de 1 mm sobre bandeja plástica de 20 x 40 x 12 cm (largura x comprimento x altura) onde eram recolhidos o solo e água. Posteriormente, as poucas raízes

mais finas que passavam na peneira de 1 mm e ficavam retidas na bandeja eram colocadas em suspensão pela agitação manual da água e do solo e o sobrenadante retido com peneira de malha de 0,5 mm. As raízes retidas nas peneiras de 0,5 e 1 mm eram postas sobre papel absorvente para secar, em seguida acondicionadas em saco de papel e levadas à estufa para secar por 60 h a 55 °C. Com auxílio de lupa de mesa com aumento de 10 vezes as raízes de citros foram separadas das raízes de outras espécies e em seguida em raízes finas (≤ 1 mm) e grossas (>1 mm) de citros. Apenas as raízes de citros com até 1 mm de espessura foram utilizadas para avaliar o efeito dos tratamentos (SOUZA et al., 2007). As raízes foram pesadas em balança com precisão de três casas decimais, obtendo-se a massa seca de raízes (MSR). A densidade de raízes foi obtida dividindo-se a MSR pelo volume de solo amostrado.

Antes de fazer a separação das raízes do solo foi retirada uma porção de aproximadamente 100 g de solo de cada uma das duas amostras de cada repetição para compor uma única amostra para cada local de amostragem (projeção da copa e sob a copa) destinada às análises para determinação dos atributos químicos do solo. O carbono orgânico (C) foi determinado pela metodologia de Walkley e Black, o pH em CaCl_2 , K e P extraídos em solução de Mehlich ($\text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$), sendo o K determinado por fotometria de chama e o P por espectrofotometria UV-vis e Ca, Mg e Al extraídos com solução de KCl 1 mol L^{-1} , sendo Ca e Mg determinados por espectrofotometria de absorção atômica e Al por titulação com NaOH na presença de azul de bromotimol (PAVAN et al., 1992).

Amostras indeformadas de solo foram coletadas em fevereiro de 2009, em um dos lados da planta útil central de cada sub-subparcela, ao lado dos pontos P1 e C1 utilizados na coleta de raízes (Figura 1), com anéis de aço com 5 cm de altura e 5 cm de diâmetro, nas camadas intermediárias de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade, totalizando 288 amostras. Em laboratório, as amostras indeformadas de solo foram preparadas e saturadas em bandejas, mantendo-se uma lâmina de água em torno de dois terços da altura dos anéis. Posteriormente, essas amostras foram colocadas em mesa de tensão até atingirem equilíbrio correspondente ao potencial mátrico de -6 kPa. A porosidade total e a densidade do solo foram determinadas após secagem das amostras em estufa a 105 °C por 48 h (CLAESSEN, 1997).

Os dados de produção de frutos, da soma da MSR das duas repetições para cada local de amostragem e profundidade do solo, assim como os dados das análises químicas e físicas do solo e químicas foliares, de cada sub-subparcela experimental, foram submetidos à análise de variância de acordo com delineamento em parcelas sub-subdivididas utilizado e a comparação de médias realizada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($N=36$). Antes de

serem submetidos à análise de variância todos os dados foram analisados quanto aos pressupostos de homogeneidade de variâncias (HARTLEY) e normalidade (SHAPIRO-WILK) dos resíduos. O desdobramento dos graus de liberdade de algumas interações com $P > F$ acima de 0,05 foi baseada em Barbin (2003), procedimento que pode possibilitar a detecção de algum efeito de tratamento importante que na média da interação fica diluído devido ao baixo grau de liberdade das parcelas e subparcelas em delineamentos com parcelas sub-subdivididas. Análises de correlações lineares simples (PEARSON) foram realizadas dentro de cada porta-enxerto separadamente ($N=12$) entre a variável MSR coletadas no limite da projeção das copas das laranjeiras e os atributos químicos do solo e entre a variável MSR e os teores foliares de nutrientes (ano de 2007) e a produção de frutos. A significância do coeficiente de correlação (r) foi testada pelo teste t . Posteriormente, a natureza da relação entre algumas variáveis que apresentaram correlação significativa foi analisada por meio de diagramas de dispersão e curvas de regressão foram ajustadas aos pontos de distribuição.

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de frutos

Em 14 anos de avaliação a produção de frutos da laranjeira ‘Valência’ foi influenciada pela calagem e pelos porta-enxertos, não tendo sido detectadas diferenças entre os preparos de solo sobre a produção acumulada de 2006 a 2008 e de 1996 a 2008, assim como sobre as três últimas safras individuais de 2006, 2007 e 2008 (Tabela 2).

O emprego da calagem proporcionou um incremento significativo na produção de frutos de 2006 e na produção acumulada de 2006 a 2008 e de 1996 a 2008, representando, respectivamente, um ganho na produção da ordem de 64, 19 e 10% em relação ao tratamento sem calagem. Nos últimos dois anos avaliados, 2007 e 2008, não foi observado efeito significativo da calagem sobre a produção de frutos (Tabela 2).

Os porta-enxertos exerceram influência significativa sobre a produção (Tabela 2), efeito que pode ser melhor compreendido com o desdobramento da interação entre este fator com o preparo do solo (Tabela 3) e com a calagem (Tabela 4).

Dentro de cada forma de preparo do solo o desempenho entre os porta-enxertos foi equivalente, em que ‘Cravo’ e ‘Cleópatra’ induziram maior produção de frutos que o trifoliata, resultado que, ao menos em parte se deve ao menor porte induzido à copa por

este porta-enxerto (dados apresentados no artigo A). Na comparação entre os preparos de solo dentro de cada porta-enxerto, ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’ induziram produção equivalente em ambas as formas de preparo, enquanto que sobre ‘Cravo’ a produção de laranjeira ‘Valência’ foi reduzida no preparo em faixa em relação ao preparo convencional (Tabela 3).

Tabela 2 – Produção de frutos de laranjeira ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo, com e sem calagem e três porta-enxertos.

Fatores	Produção anual			Produção acumulada						
	2006	2007	2008	2006 a 2008	1996 a 2008 ^x					
	kg planta ⁻¹									
Preparo do solo (PS)										
Convencional	54,5	a ^y	141,4	a	143,8	a	339,8	a	1139,9	a
Faixa	53,2	a	130,1	a	158,3	a	341,6	a	1066,9	a
<i>P</i> > <i>F</i>	0,723		0,258		0,468		0,913		0,093	
CV (%)	18,4		15,9		32,3		13,2		6,5	
Calagem (Cal)										
Com	67,0	a ^y	140,8	a	162,4	a	370,1	a	1156,7	a
Sem	40,8	b	130,7	a	139,8	a	311,3	b	1050,1	b
<i>P</i> > <i>F</i>	0,007		0,153		0,241		0,029		0,038	
CV (%)	28,9		12,6		32,5		15,7		9,5	
Porta-enxerto (PE)										
Cravo	69,7	a ^z	134,3	b	157,1	a	361,1	a	1207,4	a
Cleópatra	45,4	ab	154,5	a	175,0	a	374,9	a	1232,2	a
Trifoliata	46,5	b	118,5	b	121,1	b	286,2	b	870,7	b
<i>P</i> > <i>F</i>	0,029		0,001		<0,001		<0,001		<0,001	
CV (%)	41,8		13,9		16,9		12,2		9,4	
Interações (<i>P</i>><i>F</i>)										
PS x Cal	0,057		0,278		0,422		0,116		0,366	
PS x PE	0,511		0,289		0,399		0,237		0,097	
Cal x PE	0,086		0,944		0,537		0,157		0,172	
PS x Cal x PE	0,428		0,320		0,442		0,602		0,726	

^xExceto produção de 1997; Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si ^y(*F*),

^z(Tukey *P*≤0,05).

Tabela 3 – Produção acumulada de frutos de laranjeira ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo (PS) e três porta-enxertos (PE), período de 1996 a 2008.

Porta-enxertos ^y	Preparo convencional		Preparo em faixa	
	kg planta ⁻¹			
Cravo	1299,9	A ^z a	1114,9	A b
Cleópatra	1248,1	A a	1216,3	A a
Trifoliata	871,7	B a	869,6	B a

^yInteração PS x PE ($P > F = 0,097$). ^zMédias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$); letras maiúsculas comparam nas colunas os PE dentro de cada PS e letras minúsculas comparam na linha os PS dentro de cada PE.

Entretanto, esse resultado não teria sido provocado como um efeito direto do preparo do solo em faixa sobre a produção e sim pela presença neste tratamento de cobertura vegetal das entrelinhas com predomínio de grama mato-grosso e das implicações advindas dessa presença sobre certos atributos químicos e físicos do solo, aspecto discutido mais detalhadamente no artigo A. Outros trabalhos desenvolvidos em condições similares têm demonstrado que a utilização de preparos mínimos de solo na implantação de pomares de laranja não têm comprometido a produção de frutos em relação ao preparo do solo considerado convencional (NEVES et al., 2007; AULER et al., 2008a).

A diferença entre os tratamentos com e sem calagem em produção de frutos de laranjeira ‘Valência’ sobre o limoeiro ‘Cravo’ não foi significativa (Tabela 4). Em tangerineira ‘Cleópatra’, o uso de calcário aumentou a produção apenas em 2006 e, em trifoliata, o aumento da produção com o uso da calagem foi significativo em 2006 e nos períodos de produção acumulada de 2006 a 2008 e de 1996 a 2008, cujos ganhos nesse ano e períodos neste porta-enxerto foram respectivamente da ordem de 221, 39,6 e 26,4%, enquanto que em ‘Cravo’ foram de 7,4, 7,3 e 4,3 % e em ‘Cleópatra’ de 74,7, 16,3 e 5,5 % (Tabela 4).

Tabela 4 – Produção de frutos de laranjeira ‘Valência’ submetida a tratamentos com e sem calagem (Cal) e diferentes porta-enxertos (PE).

Anos de produção	Calagem	Porta-enxertos						Cal x PE <i>P</i> >F			
		Cravo	Cleópatra		Trifoliata						
		kg planta ⁻¹									
2006	Com calagem	72,2	A ^z	a	57,7	A	a	71,0	A	a	0,086
	Sem calagem	67,2	A	a	33,1	B	b	22,1	B	b	
2006 a 2008	Com calagem	373,8	A	ab	403,0	A	a	333,5	A	b	0,157
	Sem calagem	348,4	A	a	346,7	A	a	238,8	B	b	
1996 a 2008 ^y	Com calagem	1232,7	A	a	1265,4	A	a	972,1	A	b	0,172
	Sem calagem	1182,1	A	a	1199,0	A	a	769,3	B	b	

^yExceto produção ano de 2007. ^zMédias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$); Dentro de cada ano de produção, letras maiúsculas comparam na coluna a Cal dentro de cada PE e letras minúsculas comparam na linha os PE dentro de cada tratamento de Cal.

Na comparação entre porta-enxertos, a resposta dos mesmos foi independente da calagem na produção acumulada de 1996 a 2008, já que tanto na presença como ausência deste fator, ‘Cravo’ e ‘Cleópatra’ tiveram produções equivalentes entre si e superiores ao trifoliata (Tabela 4). Já no ano de 2006 e na produção acumulada de 2006 a 2008 o desempenho dos porta-enxertos foi influenciado pela calagem. Em 2006, no tratamento com calagem, não houve diferenças entre os porta-enxertos, mas no tratamento sem calagem a produção de frutos em ‘Cravo’ foi superior aos demais. No período de 2006 a 2008, na presença de calagem, a produção em ‘Cravo’ foi equivalente à obtida com trifoliata e deste inferior à obtida com ‘Cleópatra’; na ausência de calagem, ‘Cravo’ e ‘Cleópatra’ superaram o trifoliata (Tabela 4).

No Brasil os trabalhos realizados para avaliar a resposta em produção de laranja à calagem utilizaram em sua maioria apenas o porta-enxerto ‘Cravo’; os resultados variaram de ausência de resposta a resposta positiva com incrementos de baixa magnitude, em copas de laranjeira ‘Valência’ (QUAGGIO, 1991; QUAGGIO et al., 1998), de laranjeira ‘Pêra’ (LUZ, 1995; RÊGO, 1997) e laranjeira ‘Natal’ (CALGARO et al., 2007). Esses resultados estão de acordo com os obtidos no presente trabalho, em que o uso da calagem proporcionou uma diferença não significativa de apenas 4,3% sobre a produção acumulada de frutos das 12 primeiras safras de laranjeira ‘Valência’ sobre ‘Cravo’ (Tabela 4).

Em revisão sobre o assunto, Boaretto et al. (1996) analisaram seis trabalhos sobre calagem em citros realizados no Brasil (cinco em ‘Cravo’ e um em ‘Volkameriano’), entre os quais os trabalhos de Luz (1995) e Rêgo (1997), destacando que foi obtida pequena

resposta à calagem, com 1 a 13% de aumento na produtividade, quando o solo já tinha inicialmente saturações por base (V) entre 33 e 45%, faixa em que também se encaixa o valor de 34,8% observado no presente estudo (Tabela 1). Destacaram também que no trabalho de Quaggio (1991), a produtividade máxima obtida em laranjeira ‘Valência’ enxertada sobre ‘Cravo’ foi de 24,3 t ha⁻¹ com V=63%, mas que 95% (23,1 t ha⁻¹) e 90% (21,9 t ha⁻¹) dessa produtividade foi obtida com V=42 e V=33 %, respectivamente.

Com outros porta-enxertos, os trabalhos sobre calagem em citros que tenham avaliado a produção de frutos no Brasil são escassos. Para o trifoliata há a referência de Carlos et al. (1997) que corrobora os resultados obtidos no presente estudo, de que este porta-enxerto apresenta os piores resultados em solos ácidos e de baixa a média fertilidade, condição predominante na maior parte da citricultura brasileira, em comparação com o limoeiro ‘Cravo’ que apresenta bom desempenho nessas condições; e o trabalho de Panzenhagen et al. (1999), em que os autores não encontraram efeitos significativos para o uso da calagem na produção das três primeiras safras de tangerineira ‘Montenegrina’ enxertada em trifoliata, em solo Argissolo Vermelho Escuro com textura franco/argilosa, porém com pH inicial de 5,5.

Em ‘Cleópatra’, Silva et al. (2007) não observaram efeito significativo na produção de frutos de três safras de laranjeira ‘Pêra’ após a aplicação de calcário calcinado em superfície, em pomar com 14 anos de idade e com saturação de bases inicial de 58 e 56%, respectivamente nas profundidades do solo de 0-10 e 10-20 cm. Observaram ainda, nessas condições, que a partir da dose de calcário de 0,3 t ha⁻¹ ocorreu um efeito negativo da calagem sobre a produção, levando os autores a sugerir que a saturação de bases ideal para a cultura da laranja seria em torno de 50%, proposição também considerada por Boaretto et al. (1996), inferior a saturação de 70% preconizada pelo Grupo Paulista de Adubação e Calagem para Citros (GPACC, 1994), até hoje adotada (MATTOS JUNIOR et al., 2009).

Essa situação talvez se deva ao fato das plantas cítricas crescerem bem em uma larga faixa de pH (em água) entre 4,5 a 8,5 (CHAPMAN, 1968), considerando o conjunto das espécies e gêneros dentro do grupo citros, ou, segundo Wutscher (1989), serem mais adaptadas a pH abaixo de valores de 5,4 (CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹), já que são plantas originadas de regiões dos trópicos úmidos com solos naturalmente ácidos.

Fora do Brasil um dos resultados mais expressivos sobre a resposta à calagem em citros foi obtido por Anderson (1987), na Flórida, Estados Unidos, em experimento de longa duração com laranjeira ‘Valência’ enxertada em limoeiro ‘Rugoso’, no qual em 11 safras a produção de frutos com calcário teve um acréscimo de 76,2% em relação

ao tratamento sem calagem. Porém, é importante ressaltar as condições bem diferenciadas desse experimento daqueles realizados no Brasil, como o porta-enxerto, o uso de irrigação, solo com 95% de areia até a profundidade de 2 m, CTC de $2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e, na testemunha sem calagem, teores de cálcio trocável na profundidade de 0-15 cm do solo de apenas 55 mg kg^{-1} (aproximadamente $0,14 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), valor bem inferior ao teor original de Ca no solo do presente estudo (Tabela 1).

Raízes

Não houve efeito isolado dos preparos de solo sobre a massa seca de raízes (MSR) e nem em interação com os demais fatores, nas quatro profundidades do solo avaliadas, no limite da projeção copa. Porém, sob a copa das plantas, na profundidade de 40 a 60 cm, ocorreu uma redução na MSR das laranjeiras sob o preparo do solo em faixa em relação ao convencional, efeito que foi independente dos outros fatores avaliados (Tabela 5).

A calagem teve um efeito mais pronunciado na projeção da copa, local em que apresentou interação significativa com os porta-enxertos, nas profundidades de 10-20 cm, 20-40 cm e na soma das quatro profundidades. Sob a copa, na profundidade de 20-40 cm, também ocorreu interação significativa entre a calagem e os porta-enxertos (Tabela 5). Os desdobramentos dessas interações serão apresentados adiante.

Além da mencionada interação com a calagem, os porta-enxertos exerceram, de forma isolada, efeito altamente significativo sobre a MSR nas profundidades de 40-60 cm, na projeção da copa, em que a MSR sob ‘Cleópatra’ foi superior a de ‘Cravo’ e de

Tabela 5 – Massa seca de raízes (MSR) de laranjeira ‘Valência’ sob dois preparos de solo, emprego e não de calagem e três porta-enxertos, em quatro profundidades do solo e dois locais de amostragem, em abril de 2008.

Fatores	MSR ≤ 1mm (g)				
	0 a 10 cm	10 a 20 cm	20 a 40 cm	40 a 60 cm	Soma
Limite da projeção da copa					
Preparo do solo (PS)					
Convencional	0,253 a ^y	0,160 a	0,214 a	0,213 a	0,841 a
Faixa	0,296 a	0,157 a	0,160 a	0,178 a	0,791 a
<i>P</i> > <i>F</i>	0,320	0,950	0,100	0,470	0,731
Cv	35,5	74,1	30,8	61,6	46,6
Calagem (Cal)					
Com	0,270 a ^y	0,188	0,248	0,201 a	0,908
Sem	0,279 a	0,128	0,126	0,190 a	0,724
<i>P</i> > <i>F</i>	0,890	0,005	0,036	0,54	0,050
Cv	70,7	20,8	62,8	25,8	25,4
Porta-enxerto (PE)					
Cravo	0,247 a ^z	0,105	0,110	0,131 b	0,595
Cleópatra	0,375 a	0,232	0,270	0,281 a	1,159
Trifoliata	0,201 a	0,138	0,181	0,174 b	0,694
<i>P</i> > <i>F</i>	0,070	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cv	64,4	42,2	42,3	36,7	32,3
Interações (<i>P</i>><i>F</i>)					
Cal x PE	0,390	0,008	0,020	0,110	0,038
Sob a copa					
Preparo do solo (PS)					
Convencional	0,448 a ^y	0,172 a	0,198	0,174 a	0,993 a
Faixa	0,450 a	0,179 a	0,196	0,152 b	0,977 a
<i>P</i> > <i>F</i>	0,972	0,760	0,940	0,014	0,852
Cv	31,8	32,7	34,8	4,7	22,1
Calagem (Cal)					
Com	0,375 a ^y	0,194 a	0,211	0,166 a	0,945 a
Sem	0,524 a	0,157 a	0,184	0,161 a	1,025 a
<i>P</i> > <i>F</i>	0,205	0,200	0,170	0,804	0,548
Cv	66,0	40,4	25,0	34,3	37,4
Porta-enxerto (PE)					
Cravo	0,339 b ^z	0,110 b	0,112	0,124 a	0,685 c
Cleópatra	0,588 a	0,239 a	0,238	0,186 a	1,250 a
Trifoliata	0,422 ab	0,178 ab	0,241	0,179 a	1,020 b
<i>P</i> > <i>F</i>	0,008	0,008	<0,001	0,151	<0,001
Cv	38,1	49,7	34,4	49,1	20,7
Interações (<i>P</i>><i>F</i>)					
PS x PE	0,985	0,226	0,023	0,788	0,127
Cal x PE	0,305	0,664	0,003	0,879	0,710

Dentro de cada fator, profundidade e local de amostragem médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si ^y(F), ^z(Tukey $P \leq 0,05$).

trifoliata; e sob a copa das plantas, nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, em que a ‘Cleópatra’ foi superior ao ‘Cravo’ e equivalente ao trifoliata e, na soma das profundidades, em que ‘Cleópatra’ foi superior aos demais porta-enxertos e trifoliata superior ao ‘Cravo’ (Tabela 5). Na Figura 2 pode-se observar também essas diferenças entre os porta-enxertos para a densidade de raízes no solo. Considerando-se a soma das quatro profundidades do solo, a média de densidade de raízes sob a copa foi superior à observada no limite da projeção da copa para os três porta-enxertos avaliados. Em ‘Cleópatra’ a densidade de raízes foi em torno de 80% superior em relação à de ‘Cravo’ para ambos os locais de amostragem, enquanto que em relação ao trifoliata foi 28% superior no limite da projeção da copa e 70% sob a copa das plantas (Figura 3).

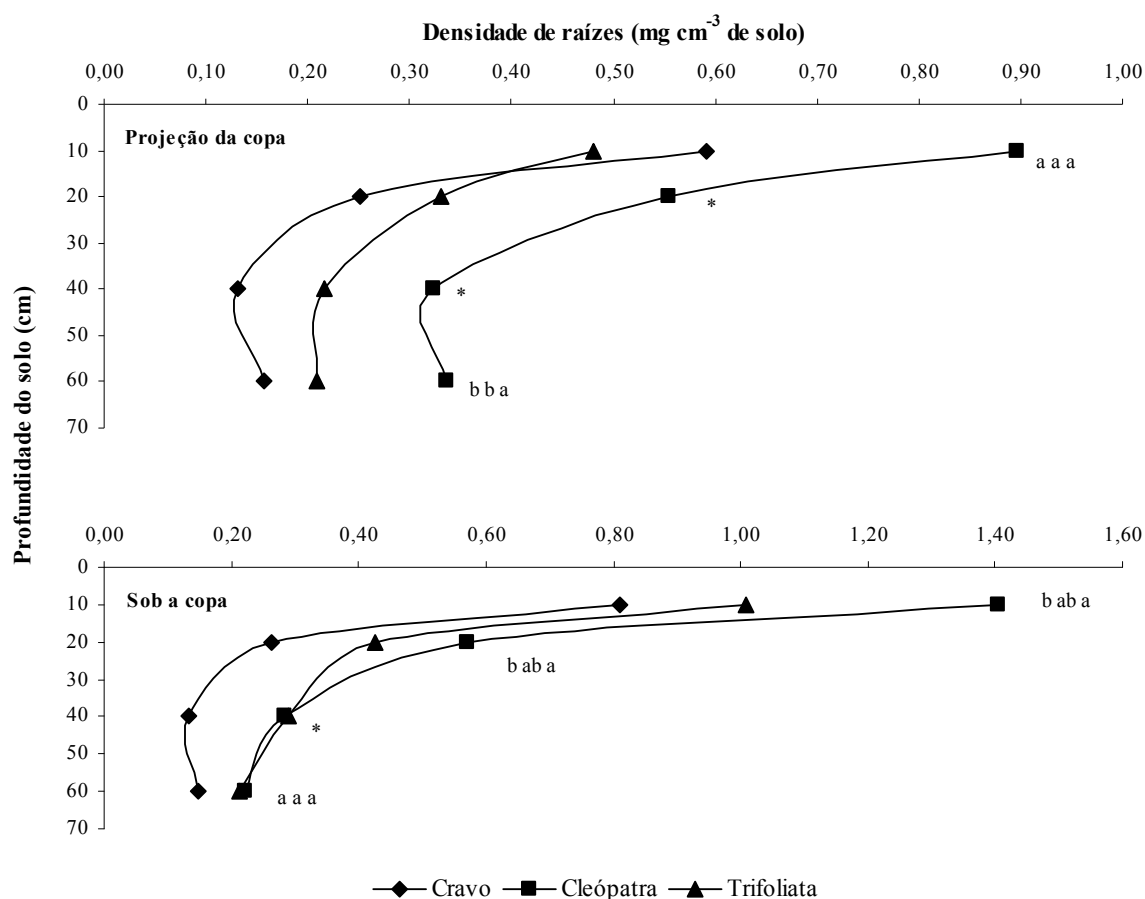


Figura 2 – Densidade de raízes de laranjeira ‘Valência’ sobre três porta-enxertos, em quatro profundidades e dois locais de amostragem. Dentro de cada profundidade, médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$); *(interação significativa para calagem x porta-enxertos).

Maior volume de raízes sob a copa das plantas também foi constatado por Neves et al. (2004) em limeira ácida ‘Tahiti’ enxertada em ‘Cravo’, trifoliata entre outros porta-enxertos; e por Rêgo et al. (1997), em laranjeira ‘Pêra’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. O maior volume de raízes observado em ‘Cleópatra’ é um resultado conhecido conforme trabalhos também desenvolvidos em condições de campo nos quais este porta-enxerto superou o volume de raízes de ‘Cravo’, trifoliata e outros porta-enxertos avaliados (MONTENEGRO, 1960; CINTRA et al., 1999; NEVES et al., 2008). Na comparação entre ‘Cravo’ e trifoliata, os resultados encontrados na literatura são mais variáveis, dependendo das condições envolvidas nos estudos. Enquanto Pace e Araújo (1986) verificaram massa de raízes equivalentes entre esses porta-enxertos em copa de laranjeira ‘Natal’ e em condições de campo, Rodriguez et al. (1978), em condições de viveiro, e Magalhães Filho et al. (2008), em casa de vegetação, verificaram maior volume de raízes de ‘Cravo’ em relação ao trifoliata.

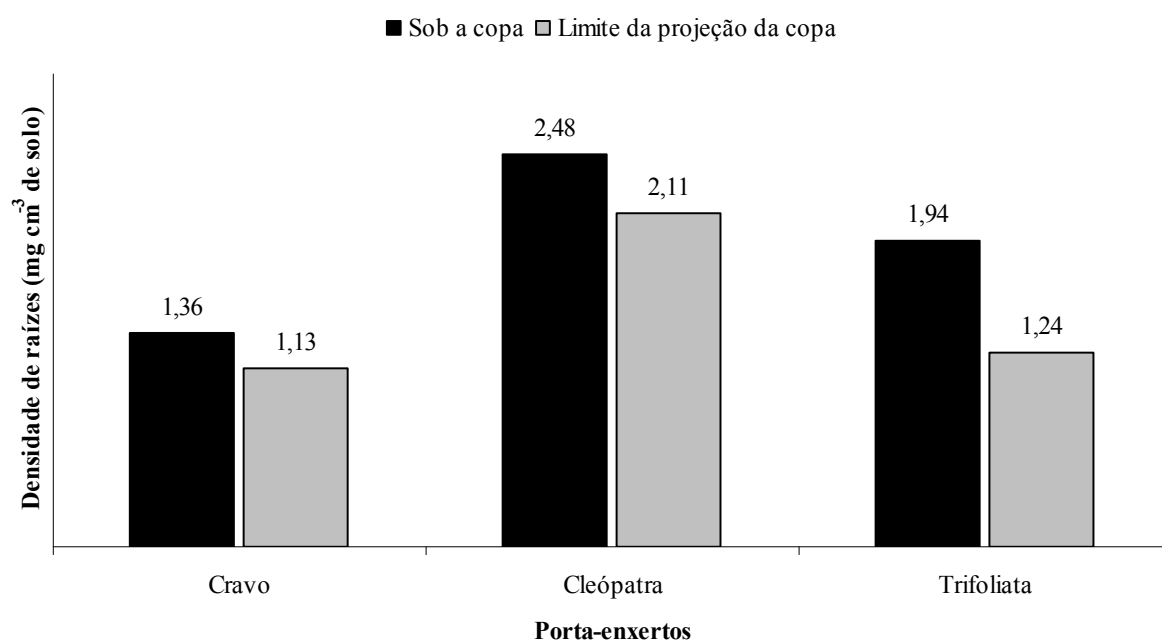


Figura 3 – Densidade de raízes de laranjeira ‘Valência’ sobre três porta-enxertos, em dois locais de amostragem, soma das médias das profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm do solo.

O desdobramento da interação entre calagem e porta-enxertos observada no limite da projeção da copa e sob a copa revelou que o efeito positivo da calagem sobre o aumento da densidade de raízes ocorreu apenas em trifoliata, não tendo ocorrido diferenças

significativas nos demais porta-enxertos (Tabela 5 e Figuras 4 e 5). O efeito foi mais pronunciado no limite da projeção da copa, em que as médias de densidade de raízes do trifoliata sob calagem foram superiores às médias do tratamento sem calagem em todas as profundidades, porém com diferenças significativas apenas nas profundidades de 10-20 cm e 20-40 cm (Figura 4). O desdobramento da interação para a soma das quatro profundidades, neste local de amostragem, confirmou o efeito significativo apenas em trifoliata, cuja calagem aumentou em 125% a MSR deste porta-enxerto (dados não apresentados). Sob a copa, neste tratamento, diferenças significativas foram observadas apenas na profundidade de 20-40 cm

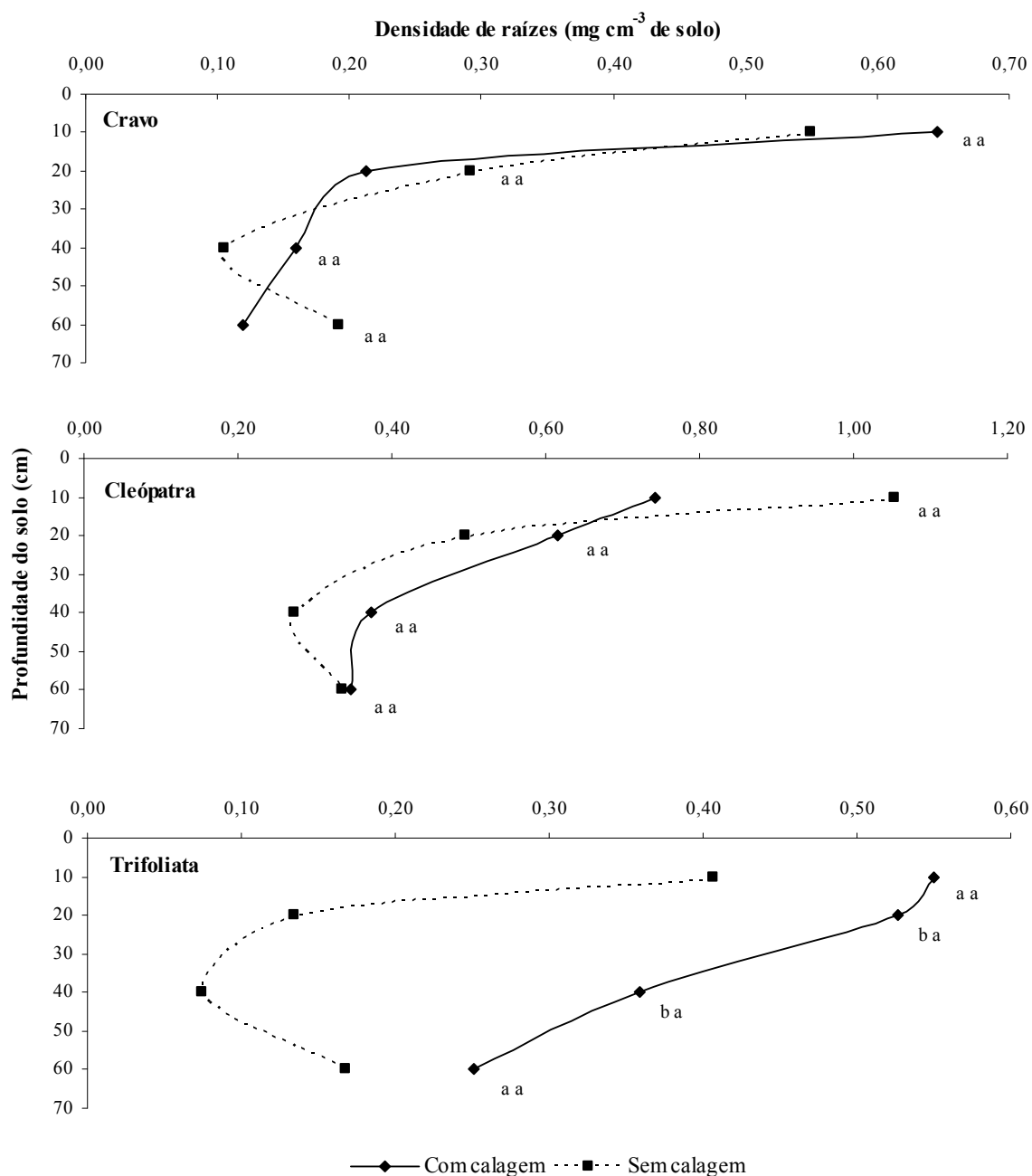


Figura 4 – Densidade de raízes de laranjeira ‘Valência’ sobre os porta-enxertos ‘Cravo’, ‘Cleópatra’ e trifoliata, em quatro profundidades do solo, no limite da projeção da copa das plantas. Dentro de cada profundidade médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$).

(Figura 5). Essa resposta em densidade de raízes dos porta-enxertos em relação à calagem tem correspondência com a resposta observada sobre a produção de frutos, em que a laranjeira ‘Valência’ foi beneficiada pela calagem de forma consistente apenas quando enxertada sobre

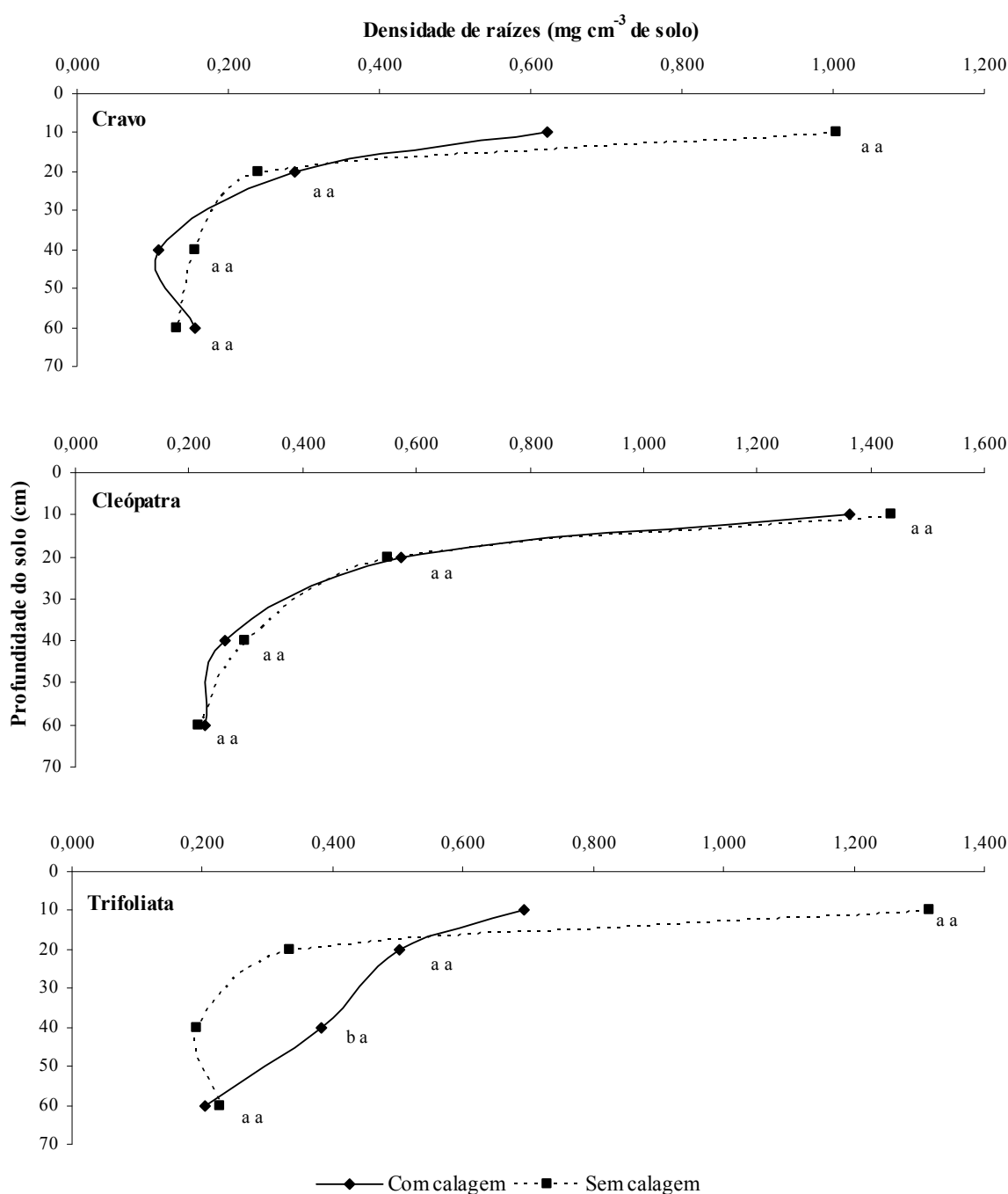


Figura 5— Densidade de raízes de laranjeira ‘Valência’ sobre os porta-enxertos ‘Cravo’, ‘Cleópatra’ e trifoliata, em quatro profundidades do solo, sob a copa das plantas. Dentro de cada profundidade, médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$).

o trifoliata (Tabela 4). Correlações significativas positivas entre as variáveis MSR e produção de frutos reforçam a existência de dependência entre essas variáveis (Tabela 6).

Sobral et al. (2009) também verificaram que a aplicação de calcário dolomítico foi eficiente em promover incrementos no comprimento de raízes de laranjeiras com quatro anos de idade nas profundidades de 20 e 30 cm do solo. Pavan e Jacomino (1998) obtiveram incrementos significativos na MSR à adição de calcário em plantas de limoeiros ‘Cravo’ e ‘Volkameriano’ e de tangerineiras ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’ avaliadas 10 meses após o transplante para vasos contendo terra com pH original de de 4,4 (CaCl₂) e teores de cálcio, magnésio e alumínio trocáveis respectivamente de 0,39, 0,29 e 0,20 cmol_c dm⁻³. Entre outros tratamentos, avaliaram a adição de doses crescentes de carbonato de cálcio para elevar o pH a 5,0, 5,5, 6,0 e 6,5. Em relação ao tratamento controle (pH 4,4) observaram que enquanto no limoeiro ‘Cravo’ ocorreram incrementos significativos na MSR apenas a partir da correção do

Tabela 6 – Coeficientes de correlações lineares simples (r^y) entre as variáveis massa seca de raízes (MSR) de laranjeira ‘Valência’ em três porta-enxertos com os atributos químicos do solo, em quatro profundidades (cm); da MSR com os teores foliares de Ca e Mg e produção de frutos, e dos teores foliares de Ca e MG de 2007 com a produção de frutos.

Variáveis	Cravo						Cleópatra						Trifoliata					
	MSR				Folha		MSR				Folha		MSR				Folha	
	0-10	10-20	20-40	40-60	Ca	Mg	0-10	10-20	20-40	40-60	Ca	Mg	0-10	10-20	20-40	40-60	Ca	Mg
Solo 0-10																		
pH	ns	-	-	-	-	-	ns	-	-	-	-	-	ns	-	-	-	-	-
Al	ns	-	-	-	-	-	ns	-	-	-	-	-	ns	-	-	-	-	-
H+Al	ns	-	-	-	-	-	ns	-	-	-	-	-	ns	-	-	-	-	-
Ca	ns	-	-	-	-	-	ns	-	-	-	-	-	ns	-	-	-	-	-
Mg	ns	-	-	-	-	-	ns	-	-	-	-	-	ns	-	-	-	-	-
Solo 10-20																		
pH	-	ns	-	-	-	-	-	ns	-	-	-	-	-	0,61*	-	-	-	-
Al	-	ns	-	-	-	-	-	ns	-	-	-	-	-	-0,82**	-	-	-	-
H+Al	-	ns	-	-	-	-	-	ns	-	-	-	-	-	-0,77**	-	-	-	-
Ca	-	ns	-	-	-	-	-	ns	-	-	-	-	-	0,67*	-	-	-	-
Mg	-	ns	-	-	-	-	-	0,70*	-	-	-	-	-	0,67*	-	-	-	-
Solo 20-40																		
pH	-	-	ns	-	-	-	-	-	ns	-	-	-	-	-	ns	-	-	-
Al	-	-	ns	-	-	-	-	-	ns	-	-	-	-	-	-0,72**	-	-	-
H+Al	-	-	ns	-	-	-	-	-	ns	-	-	-	-	-	-0,69*	-	-	-
Ca	-	-	ns	-	-	-	-	-	ns	-	-	-	-	-	0,59*	-	-	-
Mg	-	-	ns	-	-	-	-	-	ns	-	-	-	-	-	0,73**	-	-	-
Solo 40-60																		
pH	-	-	-	ns	-	-	-	-	-	0,57*	-	-	-	-	-	ns	-	-
Al	-	-	-	ns	-	-	-	-	-	ns	-	-	-	-	-	ns	-	-
H+Al	-	-	-	0,68*	-	-	-	-	-	ns	-	-	-	-	-	-0,58*	-	-
Ca	-	-	-	ns	-	-	-	-	-	ns	-	-	-	-	-	ns	-	-
Mg	-	-	-	ns	-	-	-	-	-	ns	-	-	-	-	-	ns	-	-
Folha 2007																		
Ca	ns	ns	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	ns	-	0,70*	ns	ns	ns	ns	-	0,70*
Mg	ns	ns	ns	-0,63*	ns	-	ns	ns	ns	ns	0,70*	-	-	0,63*	0,65*	0,63*	0,70*	-
Produção																		
2006	ns	ns	0,77**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,66*	ns	ns	0,60*	0,80**	ns	ns	0,60*
2007	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,57* ^z	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
2008	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,76**	ns
2007/2008	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,76**	ns
2006 a 2008	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,74*	ns	ns	ns	ns	ns	0,80**	ns
1996 a 2008	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,62*	ns	ns	ns	0,56* ^z	ns	0,79**	ns

^ySignificância de r pelo teste t: *(P≤0,05), **(P≤0,01), ns (não significativo) e *^z(P=0,056).

pH a 5,5, na tangerina Cleópatra estes ocorreram a partir do pH 5,0, não sendo observado para estes dois porta-enxertos incrementos significativos sobre essa variável para correções do pH acima de 5,5. Porém, mais do que as diferenças observadas em relação ao pH, os maiores teores iniciais de Ca no solo no presente estudo (Tabela 1), em relação aos teores iniciais desse nutriente observados em Pavan e Jacomino (1998), podem estar relacionados com as diferenças observadas entre esses trabalhos na resposta do ‘Cravo’ e ‘Cleópatra’, conforme discussão complementada no item seguinte, uma vez que uma importante peculiaridade das plantas cítricas é a sua grande demanda em Ca, cuja concentração nas folhas é superior à de outros nutrientes, incluindo o N, em todos os tecidos, com exceção dos frutos (MATTOS JUNIOR et al., 2005).

Atributos químicos do solo (efeito da calagem) e raízes

A calagem foi eficiente em promover alterações significativas em todo o perfil do solo, em ambos os locais de amostragem, com aumento de pH, Ca, Mg e saturação por bases (V) e redução de H+Al, Al e saturação por alumínio (m), com exceção dos teores de Ca na profundidade de 40-60 cm no limite da projeção da copa (Tabela 7 e Figura 6). Não houve influência significativa da calagem sobre os teores de fósforo (P) e de carbono orgânico (C). Entretanto, sob a copa das plantas, nas profundidades de 10-20 cm e 40-60 cm, as maiores médias de C observadas no tratamento sem calagem, devem ter relação com o aumento da CTC observada neste tratamento e profundidades, já que a redução da acidez promovida pela calagem deveria ter um reflexo positivo e não negativo sobre a CTC (Tabela 7).

A comparação entre o aumento da densidade de raízes em trifoliata com o uso da calagem nas quatro profundidades do solo (Figura 4) com o aumento nos teores de Ca, Mg e redução de Al nas mesmas profundidades do solo (Figura 6) indica uma provável relação de dependência entre essas variáveis, reforçada pelas correlações significativas obtidas entre as mesmas. Correlações negativas significativas ocorreram entre a MSR deste porta-enxerto com os teores de Al e H+Al nas profundidades de 10-20 e 20-40 cm do solo e com os teores de H+Al na profundidade 40-60 cm. Por sua vez, correlações significativas positivas foram observadas entre a MSR com o pH e os teores de Ca e Mg nas profundidades de 10-20 e 20-40 cm do solo (Tabela 6).

Maiores valores de pH e teores de Ca e Mg e menores teores de Al e de H+Al no solo proporcionados pela calagem (Tabela 7 e Figura 6) beneficiaram o

desenvolvimento do sistema radicular da laranjeira ‘Valência’ enxertada em trifoliata (Figuras 4 e 5), trazendo reflexos positivos sobre a produção de frutos (Tabelas 4 e 6).

Tabela 7 – Atributos químicos do solo sob o emprego e não de calagem em pomar de laranjeira ‘Valência’, em quatro profundidades do solo e em dois locais de amostragem, abril de 2008.

Tratamento	P mg dm ⁻³	C g dm ⁻³	pH (CaCl ₂)	H+Al cmol _c dm ⁻³	CTC	V %	m
Limite da projeção da copa							
0-10 cm							
Com calagem	47,12 a ^z	10,72 a	4,76 a	3,63 b	6,50 a	43,95 a	2,17 b
Sem calagem	44,41 a	9,64 a	3,99 b	5,31 a	6,59 a	18,60 b	36,26 a
<i>P>F</i>	0,628	0,068	0,004	0,001	0,485	0,001	<0,001
10-20 cm							
Com calagem	6,23 a	7,58 a	4,67 a	3,41 b	5,73 a	40,20 a	6,63 b
Sem calagem	7,45 a	7,70 a	3,94 b	5,34 a	6,12 a	12,84 b	55,74 a
<i>P>F</i>	0,292	0,653	0,002	<0,001	0,075	<0,001	<0,001
20-40 cm							
Com calagem	3,29 a	5,68 a	4,53 a	3,37 b	5,31 a	36,43 a	11,17 b
Sem calagem	4,07 a	5,92 a	3,97 b	4,88 a	5,60 a	12,84 b	58,94 a
<i>P>F</i>	0,275	0,361	<0,001	0,001	0,210	<0,001	<0,001
40-60 cm							
Com calagem	1,83 a	4,32 a	4,32 a	3,55 b	5,00 a	28,71 a	23,66 b
Sem calagem	2,22 a	4,56 a	4,02 b	4,42 a	5,16 a	14,32 b	56,53 a
<i>P>F</i>	0,153	0,400	<0,001	0,002	0,409	0,001	<0,001
Sob a copa							
0-10 cm							
Com calagem	34,36 a	9,64 a	4,80 a	3,61 b	6,55 a	45,09 a	2,62 b
Sem calagem	30,13 a	9,16 a	4,10 b	4,92 a	6,44 a	23,54 b	26,77 a
<i>P>F</i>	0,457	0,412	0,005	<0,001	0,555	<0,001	<0,001
10-20 cm							
Com calagem	7,24 a	7,43 a	4,63 a	3,40 b	5,56 b	39,37 a	8,48 b
Sem calagem	8,17 a	7,76 a	3,97 b	5,10 a	6,01 a	15,24 b	48,71 a
<i>P>F</i>	0,349	0,278	<0,001	<0,001	0,042	<0,001	<0,001
20-40 cm							
Com calagem	3,00 a	5,47 a	4,35 a	3,55 b	5,29 a	33,22 a	17,26 b
Sem calagem	3,84 a	5,77 a	3,92 b	4,86 a	5,66 a	14,31 b	54,89 a
<i>P>F</i>	0,125	0,154	0,004	0,004	0,056	0,001	0,002
40-60 cm							
Com calagem	1,75 a	4,21 a	4,22 a	3,68 b	4,93 b	25,43 a	30,31 b
Sem calagem	2,12 a	4,35 a	3,97 b	4,47 a	5,12 a	12,76 b	60,01 a
<i>P>F</i>	0,114	0,207	0,007	0,010	0,036	0,007	0,005

^zDentro de cada local de amostragem e profundidade do solo, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si (F).

Em ‘Cravo’ não foi observada qualquer correlação significativa entre a MSR com o pH e os teores de Ca, Mg e Al nas quatro profundidades do solo avaliadas. Uma única correlação significativa foi observada entre a MSR desse porta-enxerto e os teores de

H+Al na profundidade de 40-60 cm do solo, porém, surpreendentemente, foi positiva, indicando que a MSR nessa profundidade poderia estar de alguma forma sendo influenciada positivamente pelo aumento dos teores de H+Al (Tabela 6 e Figura 4). Em tangerineira ‘Cleópatra’ apenas uma correlação positiva foi observada entre a MSR com os teores de Mg na profundidade de 10-20 cm e uma entre a MSR com o pH na profundidade de 40-60 cm do solo (Tabela 6). Esses resultados indicam para esses porta-enxertos, considerando também os outros resultados apresentados (Figuras 4 e 5 e Tabela 4), uma menor sensibilidade do ‘Cravo’ e ‘Cleópatra’ à acidez e menor exigência em Ca e Mg quando comparados com o trifoliata, embora a ‘Cleópatra’ tenha demonstrado certa sensibilidade à acidez e maior exigência por Mg, porém sem apresentar resposta significativa em MSR e produção acumulada de frutos ao uso da calagem. Possivelmente, os teores de Ca e Mg e o pH do solo não tenham sido suficientemente baixos e os teores de Al suficientemente altos (Tabela 1 e Figura 6) para comprometer o crescimento das raízes e a produção de frutos da laranjeira ‘Valência’ sobre ‘Cravo’ e ‘Cleópatra’, cuja sensibilidade de mudas a partir da exposição das raízes a níveis mais elevados de Al já foi demonstrada (VASCONCELLOS et al., 1989; PEREIRA et al., 2003).

No trabalho de Pavan e Jacomino (1998) ficou evidenciada a importância do suprimento de Ca para o crescimento radicular de mudas de ‘Cravo’ e ‘Cleópatra’ em solo submetido a tratamento com carbonato de cálcio, já que o tratamento com carbonato de magnésio, que de forma equivalente corrigiu o pH do solo, não exerceu qualquer efeito positivo sobre o crescimento da MSR desses porta-enxertos. Vale ressaltar os teores bem inferiores de Ca e Mg no solo do tratamento sem calagem daquele trabalho, citados anteriormente, em relação aos teores observados no presente estudo em todas as profundidades do solo (Tabela 1 e Figura 6). Rêgo (1997) também constataram uma limitação no desenvolvimento radicular de laranjeira ‘Pêra’ sobre ‘Cravo’ ocasionada por baixos teores de Ca no solo.

Entre os três porta-enxertos avaliados, o trifoliata foi o que demonstrou maior sensibilidade à acidez e resposta positiva em crescimento de raízes (MSR) a níveis mais altos de cálcio e magnésio no solo (Tabela 6 e Figuras 4, 5 e 6). Entretanto, por meio de diagramas de dispersão e equações de regressão é possível compreender melhor a natureza dessas relações observadas entre as variáveis raízes e os atributos químicos do solo. Enquanto em ‘Cravo’ e ‘Cleópatra’ não foi possível ajustar os dados à equações de regressão, em trifoliata, dado o grande número de correlações significativas obtidas entre essas variáveis (Tabela 6), foi possível ajustar curvas quadráticas para explicar essas relações.

As curvas de regressão de Ca ($R^2=0,87$) e de Mg ($R^2=0,83$) indicam que a resposta em crescimento das raízes de laranjeira ‘Valência’ enxertada nesse porta-enxerto atinge um ponto máximo com teores de 1,4 e de 0,74 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de solo, respectivamente para Ca e Mg (Figura 7). Este valor de Mg está muito próximo do valor de 0,8 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ observado por Quaggio (1991), para obtenção de produtividade máxima de laranjeira ‘Valência’ sobre ‘Cravo’, em Latossolo de textura argilosa.

Por outro lado, o intercepto dessas curvas indica a ausência de crescimento

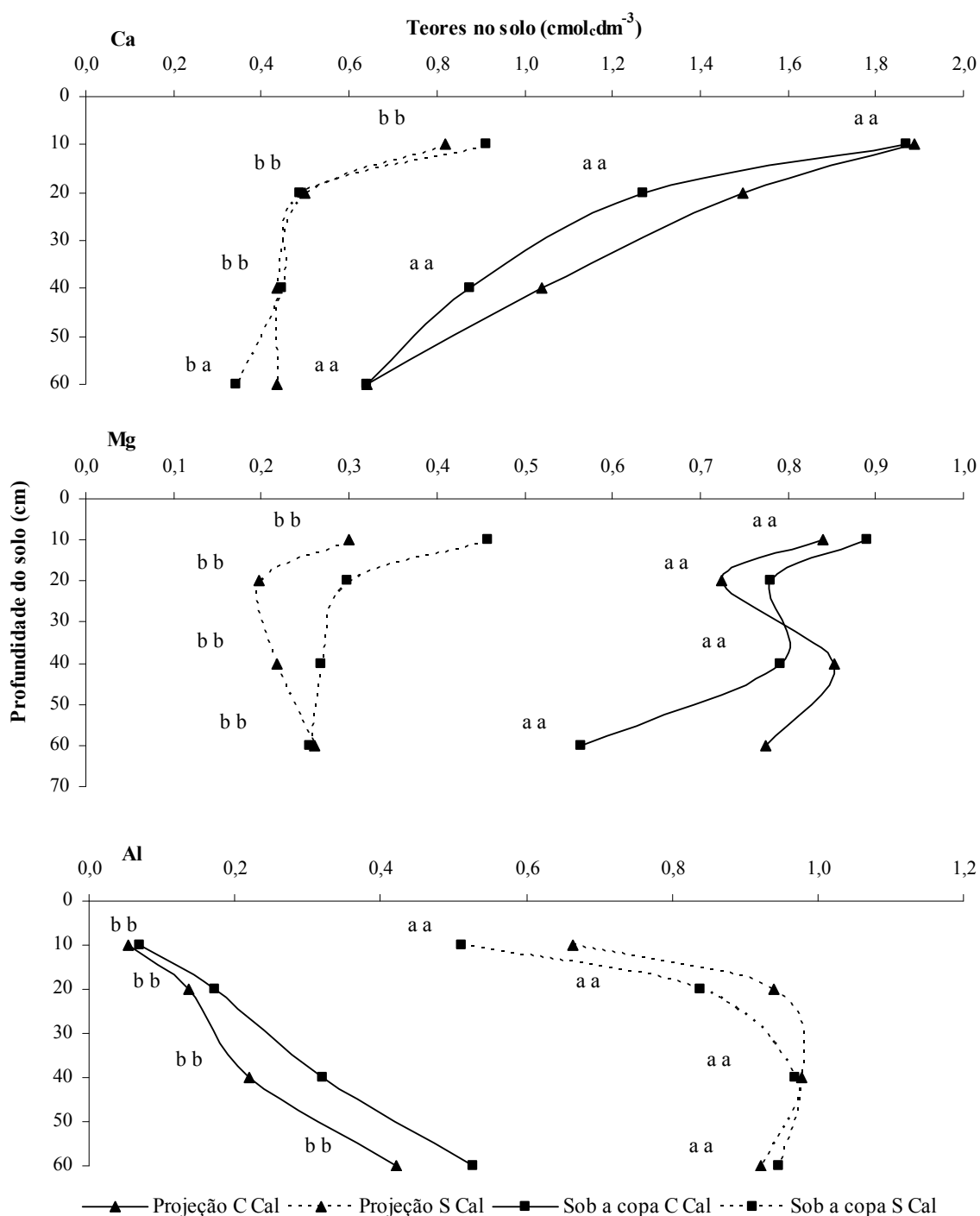


Figura 6 – Teores de Ca, Mg e Al do solo em quatro profundidades no limite da projeção da copa e sob a copa de plantas de laranja ‘Valência’, sob o emprego (C Cal) ou não de calagem (S Cal), abril de 2008. Dentro de cada profundidade e local de amostragem, médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si ($F P \leq 0,05$).

de raízes para teores estimados no solo de $0,37$ e $0,07 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$, respectivamente de Ca e Mg (Figura 7), evidenciando a essencialidade de ambos os nutrientes para o crescimento de raízes, mas, principalmente, do Ca, assim como também observado por Pavan e Jacomino

(1998). Esse valor crítico verificado para o Ca é bem superior aos encontrados em outras culturas, como os teores de Ca de 0,02 a 0,05 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de solo sob os quais se mostrou inviável o crescimento de raízes de trigo (RITCHEY et al., 1983). A dispersão dos dados também mostra claramente uma redução na densidade de raízes para teores trocáveis no solo de Ca abaixo de 0,5 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e de Mg abaixo de 0,2 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Figura 7). A resposta quadrática para a MSR aos teores de Ca no solo observada no presente estudo está de acordo com relatos de Stacey (1973), que verificaram em pomares da Nova Zelândia efeitos adversos como menor desenvolvimento das plantas e clorose de folhas de citros enxertados em *Poncirus trifoliata* a níveis elevados de cálcio e pH (acima de 5,7) no solo provocado por calagem excessiva.

No caso do Al, a curva de regressão ($R^2=0,73$) indica intensa redução na densidade de raízes do trifoliata a partir de teores de 0,35 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ deste íon no solo (Figura 7). Santos et al. (1999) verificaram que enquanto a massa seca de folhas, caules e raízes de mudas de limoeiro ‘Cravo’ aos 90 dias após o transplante em solução nutritiva não foi influenciada pelas concentrações de Al de 0, 7,5, 15, 22,5 e 30 mg L^{-1} , as de citrumeleiro ‘Swingle’, um híbrido de trifoliata, mostraram sensibilidade a este íon a partir da concentração de 7,5 mg L^{-1} , com reduções significativas na massa seca das folhas e caule e, a partir da concentração de 15 mg L^{-1} , redução significativa na MSR. Por outro lado, Nogueira et al. (1989), verificaram em estudo conduzido em solução nutritiva, que a MSR de tangeleiro ‘Orlando’ não foi afetada por níveis crescentes de Al (0, 15, 30 e 60 mg dm^{-3}), enquanto ‘Cravo’ e ‘Sunki’ sofreram decréscimos a partir da dose de 30 mg dm^{-3} .

O cálcio apresenta apenas movimento ascendente na planta, razão pela qual esse nutriente precisa estar presente em quantidades suficientes no perfil do solo para garantir um adequado crescimento do sistema radicular das plantas. Teores elevados de alumínio na solução do solo ocasionam distúrbios em inúmeros processos citológicos, bioquímicos e fisiológicos da maioria das espécies de plantas cultivadas, cujos efeitos tóxicos são mais evidentes nas raízes, pois inibe diretamente o crescimento, tornando-as incapazes de explorar volume maior de solo e, conseqüentemente, de obterem nutrientes em quantidades suficientes no perfil do solo para garantir um adequado crescimento (RITCHEY et al., 1983).

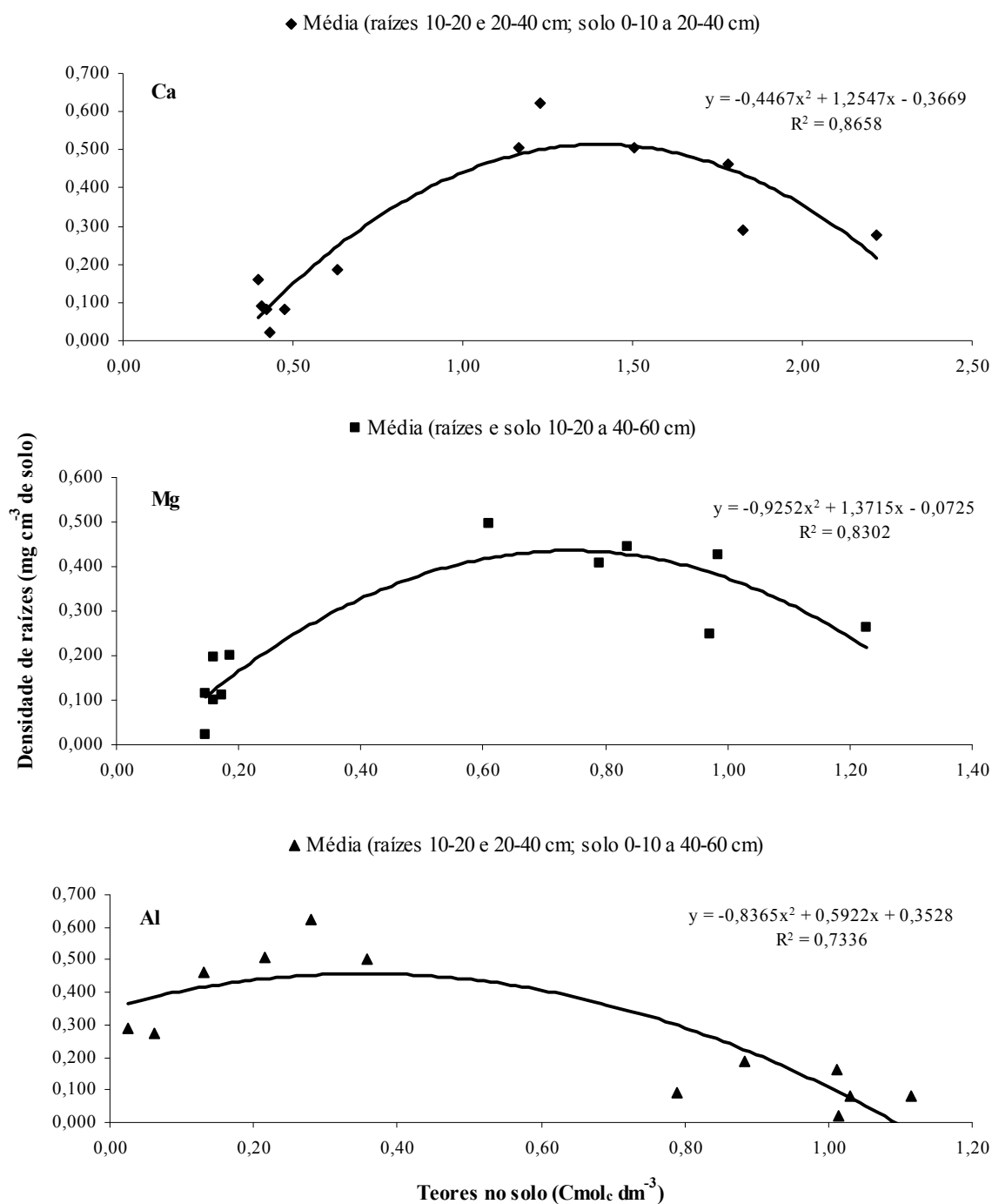


Figura 7 – Curvas de regressão entre as variáveis densidade de raízes de laranjeira ‘Valência’ enxertada no porta-enxerto trifoliata e teores de Ca, Mg e Al no solo, selecionadas a partir de correlações simples significativas entre essas variáveis.

Nutrição em Ca e Mg

A calagem proporcionou incrementos significativos nos teores de Ca e Mg foliares das laranjeiras no ano de 2007. Em 2008 as diferenças proporcionadas com o uso da

calagem nos teores foliares destes nutrientes não foram significativas em relação ao tratamento sem calagem. Já os preparos de solo não tiveram qualquer efeito sobre a nutrição de Ca e Mg das plantas. Para os porta-enxertos houve diferenças em ambos os anos com maiores teores foliares de Mg induzidos pelo trifoliata em relação aos demais (Tabela 8).

Não foram encontrados resultados na literatura que pudessem ser confrontados com estes obtidos em trifoliata enquanto que a ‘Cleópatra’ é um porta-enxerto reconhecido por induzir às copas maiores teores foliares de Ca e Mg em relação ao limoeiro ‘Cravo’ (HIROCE et al., 1981; DONADIO et al., 1993; ARAÚJO, 1995).

Tabela 8 – Teores foliares de Ca e Mg em laranja ‘Valência’ submetida a duas formas de preparo do solo, com e sem calagem e diferentes porta-enxertos, nos anos de 2007 e 2008.

Fatores	2007				2008			
	Ca		Mg		Ca		Mg	
Preparo do solo (PS)	(g kg ⁻¹)							
Convencional	29,72	a ^y	4,29	a	28,96	a	4,92	a
Faixa	29,55	a	4,18	a	28,13	a	4,51	a
<i>P</i> > <i>F</i>	0,930		0,670		0,480		0,450	
CV (%)	18,2		16,2		10,2		28,3	
Calagem (Cal)								
Com	31,55	a ^y	4,80	a	29,33	a	5,02	a
Sem	27,72	b	3,66	b	27,76	a	4,41	a
<i>P</i> > <i>F</i>	0,028		0,008		0,470		0,052	
CV (%)	11,6		16,3		20,7		14,4	
Porta-enxerto (PE)								
Cravo	26,95	a ^z	3,39	b	26,94	a	4,26	b
Cleópatra	31,74	a	4,12	b	28,94	a	4,28	b
Trifoliata	30,21	a	5,19	a	29,76	a	5,60	a
<i>P</i> > <i>F</i>	0,110		<0,001		0,270		0,002	
CV (%)	17,9		18,1		14,8		18,2	
Interações (<i>P</i>><i>F</i>)								
PS x Cal	0,280		0,360		0,680		0,510	
PS x PE	0,980		0,440		0,370		0,400	
Cal x PE	0,450		0,510		0,990		0,720	
PS x Cal x PE	0,580		0,350		0,630		0,770	

^yMédias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si (*F*) e ^z(Tukey *P*≤0,05).

No ano de 2007 ocorreram reduções significativas nos teores foliares de Ca e Mg das laranjeiras enxertadas sobre trifoliata na ausência de calagem. Em ‘Cleópatra’, os teores de Ca não foram afetados e os de Mg também sofreram redução significativa com a ausência de calagem. Em ‘Cravo’, a nutrição em Ca e Mg das laranjeiras não foi alterada de

forma significativa pelo uso da calagem (Tabela 9), apesar da mesma ter proporcionado maior disponibilidade destes nutrientes no solo, com aumentos significativos até a profundidade de 40 cm para o Ca e até os 60 cm para o Mg (Figura 6).

Tabela 9 – Teores foliares de Ca e Mg em laranjeira ‘Valência’ em diferentes porta-enxertos na ausência e presença de calagem, no ano de 2007.

Porta-enxertos	Com calagem		Sem calagem		Com calagem		Sem calagem	
	Ca				Mg			
	(g kg ⁻¹)							
Cravo	27,35	a ^z	26,55	a	3,78	a	3,00	a
Cleópatra	33,93	a	29,55	a	4,68	a	3,56	b
Trifoliata	33,38	a	27,05	b	5,95	a	4,44	b

^zMédias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$). Interação não significativa (F).

Análises de correlações revelaram ausência de significância para o coeficiente de correlação (r) entre o Ca foliar de 2007 e a MSR em abril de 2008 para os três porta-enxertos avaliados, enquanto que entre o Mg foliar de 2007 e a MSR do trifoliata nas profundidades de 10-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm foram observadas correlações positivas (Tabela 6), indicando, neste porta-enxerto, forte relação entre nutrição em Mg com o crescimento do sistema radicular em superfície e subsuperfície, pois incrementos no sistema radicular foram observados com o aumento dos teores foliares de Mg até os níveis mais altos determinados (Figura 8). Em ‘Cravo’ foi observada correlação negativa entre os teores foliares de Mg e a MSR na profundidade de 40-60 cm, enquanto em ‘Cleópatra’ não ocorreram correlações significativas entre essas variáveis (Tabela 6).

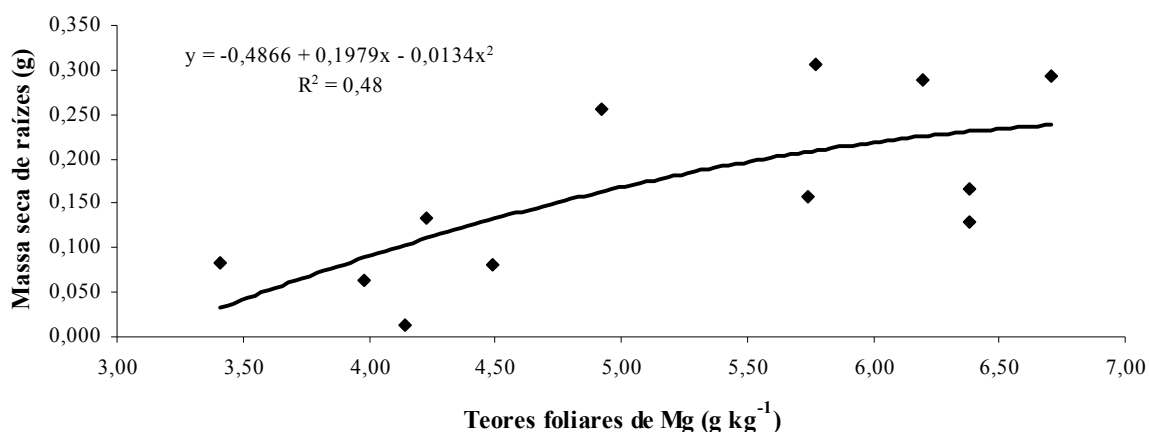


Figura 8 – Curva de regressão entre as variáveis densidade de raízes (média das profundidades do solo de 10-20 a 40-60 cm) e os teores foliares de Mg em 2007 em plantas de laranjeira ‘Valência’ enxertadas em trifoliata. Variáveis selecionadas a partir de correlações simples significativas entre essas variáveis.

Os teores foliares de Ca e Mg de 2007 em trifoliata e ‘Cleópatra’ apresentaram correlações positivas altamente significativas com a produção de frutos enquanto que em ‘Cravo’ nenhuma correlação entre essas variáveis foi observada. Em trifoliata, a relação entre essas variáveis foi mais pronunciada com o Ca, em que os teores foliares desse nutriente correlacionaram-se não apenas com a produção de 2007 mas também com a produção de 2008 e com a produção acumulada de 2006 a 2008 e de 1996 a 2008, enquanto que para o Mg foliar correlação significativa foi observada apenas com a produção de 2006. Em ‘Cleópatra’ correlações significativas foram observadas entre o Ca e a produção acumulada de 2006 a 2008 e do Mg com a produção acumulada de 1996 a 2008 (Tabela 6).

Entretanto, analisando-se essas relações entre o Ca e Mg foliar com a produção de frutos verifica-se no trifoliata uma tendência de crescimento da produção até os níveis mais altos de Ca e Mg foliar observados e em ‘Cleópatra’ resposta máxima da produção aos teores de 35 g kg⁻¹ de Ca e de 4,76 g kg⁻¹ de Mg (Figura 9).

Para os porta-enxertos ‘Cleópatra’ e ‘Cravo’ não houve contradição entre os níveis nutricionais obtidos e as faixas de interpretação propostas por Mattos Junior et al. (2009), mesmo porque estas apresentam limites relativamente amplos por ser uma recomendação geral para citros sem levar em conta especificidades de combinações copa/porta-enxertos em laranjeiras. Entretanto, o padrão de nutrição foliar de Mg da laranjeira ‘Valência’ sobre trifoliata aqui observado não se ajusta à faixa proposta pelos referidos autores, pois teores foliares deste nutriente acima de 5,0 g kg⁻¹ (considerados excessivos

acima deste nível) foram exigidos para um melhor crescimento de raízes (Figura 8) e produção de frutos (Figura 9).

Essa clara diferenciação entre o comportamento do trifoliata às alterações no solo promovidas pela calagem em relação aos demais porta-enxertos avaliados pode ter relação com o distanciamento genético entre os mesmos, pois enquanto o trifoliata é uma espécie de citros pertencente ao gênero *Poncirus*, ‘Cravo’ e ‘Cleópatra’ são espécies pertencentes ao mesmo gênero (*Citrus*).

Atributos químicos do solo (efeitos do preparo do solo)

Aos 14 anos após a aplicação de calcário na implantação do experimento ainda foram detectadas diferenças significativas ocasionadas pela sua incorporação ou não no solo, evidenciadas pelos maiores valores de pH e Mg e menores de Al observados no preparo em faixa em relação ao convencional, na projeção da copa e na profundidade de 0-10 cm

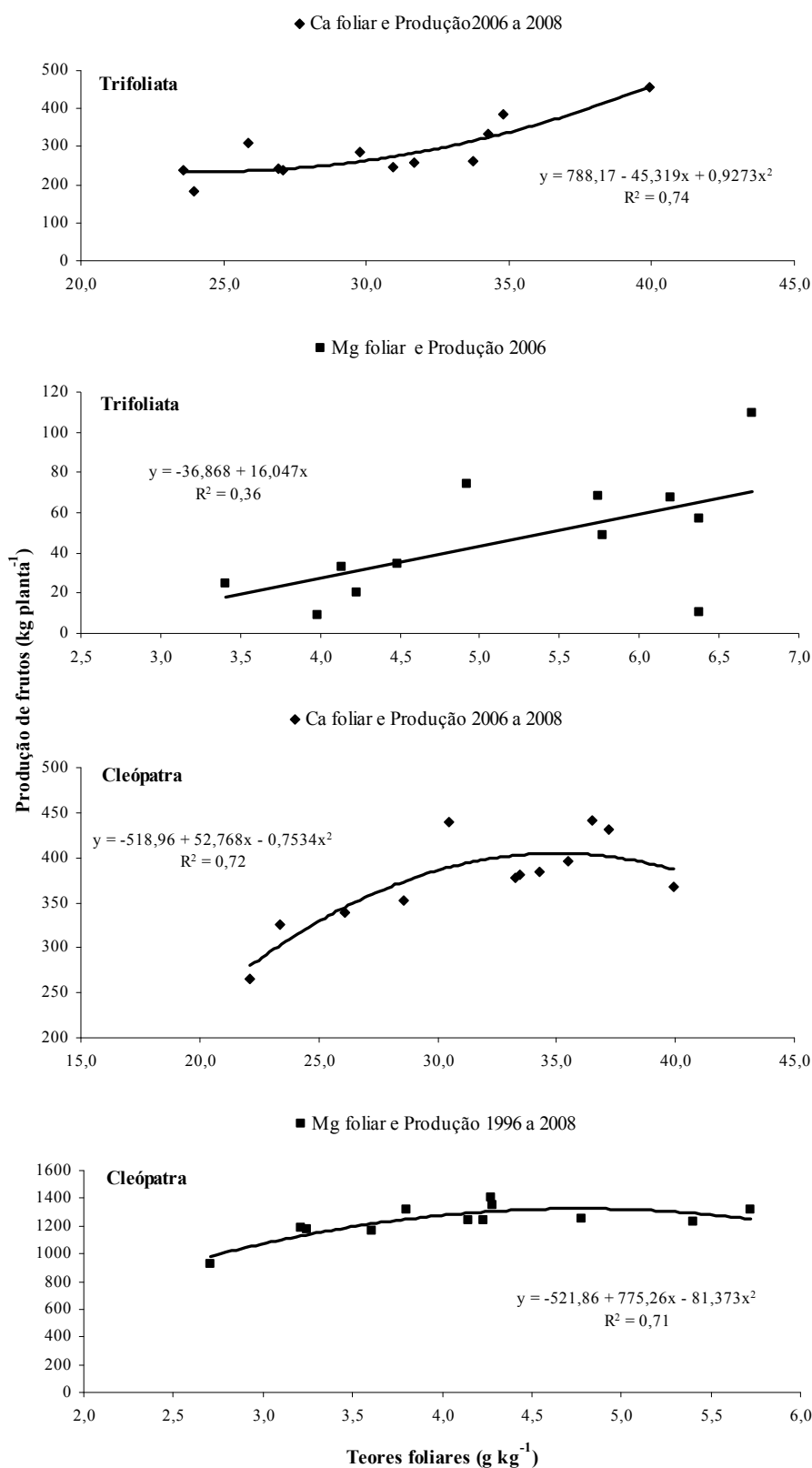


Figura 9 – Curvas de regressão entre as variáveis produção de frutos e teores foliares de Ca e Mg de 2007 em plantas de laranja ‘Valência’ enxertadas em trifoliata e ‘Cleópatra’. Variáveis selecionadas a partir de correlações simples significativas entre essas variáveis.

(Tabela 10). Embora a não incorporação do calcário nas entrelinhas do preparo em faixa tenha provocado essas alterações desde a superfície até os 10 cm, na profundidade de 10-20 cm, assim como em subsuperfície (20-40 e 40-60 cm), a não incorporação do calcário não provocou comprometimento dos atributos químicos (pH, Al, Ca, Mg e V) influenciados pela calagem, em relação ao preparo convencional, no qual a incorporação foi em área total. Auler et al. (2008a) também observaram resultados semelhantes com o uso da calagem no mesmo

Tabela 10 – Atributos físicos e químicos do solo em pomar de laranja ‘Valência’ submetido a duas formas de preparo do solo, avaliados, respectivamente, em fevereiro de 2009 e abril de 2008.

Preparo do solo	Ds mg m ⁻³	Pt m ³ m ⁻³	C g dm ⁻³	pH (CaCl ₂)	Al	Ca cmol _c dm ⁻³	Mg cmol _c dm ⁻³	CTC	V %
Limite da projeção da copa									
0-10 cm									
Convencional	1,48 a ^z	0,433 b	9,98 b	4,29 b	0,418 a	1,22 a	0,500 b	6,36 b	28,90 a
Faixa	1,46 a	0,446 a	10,37 a	4,45 a	0,300 b	1,49 a	0,639 a	6,74 a	33,65 a
P>F	0,075	0,030	0,015	0,044	<0,001	0,070	0,021	0,006	0,066
10-20 cm									
Convencional	1,66 a	0,371 b	7,36 a	4,20 a	0,592 a	0,92 a	0,394 a	5,78 b	24,28 a
Faixa	1,60 b	0,398 a	7,92 a	4,42 a	0,485 a	1,08 a	0,528 a	6,07 a	28,76 a
P>F	0,020	0,015	0,077	0,135	0,218	0,235	0,113	0,015	0,083
20-40 cm									
Convencional	1,68 a	0,377 a	5,56 a	4,20 a	0,633 a	0,69 a	0,512 a	5,27 a	23,61 a
Faixa	1,63 a	0,393 a	6,05 a	4,30 a	0,564 a	0,79 a	0,558 a	5,63 a	25,66 a
P>F	0,159	0,273	0,126	0,185	0,254	0,233	0,378	0,05	0,415
40-60 cm									
Convencional	1,60 a	0,401 a	4,33 a	4,14 a	0,709 a	0,50 b	0,469 a	4,98 b	20,37 a
Faixa	1,58 a	0,407 a	4,55 a	4,21 a	0,634 a	0,57 a	0,564 a	5,18 a	22,65 a
P>F	0,412	0,396	0,517	0,194	0,255	0,047	0,271	0,021	0,183
Sob a copa									
0-10 cm									
Convencional	1,45 a	0,44 b	8,83 b	4,51 a	0,325 a	1,38 a	0,669 a	6,17 b	35,32 a
Faixa	1,42 b	0,46 a	9,97 a	4,39 a	0,255 a	1,40 a	0,680 a	6,82 a	33,30 a
P>F	0,006	0,02	0,035	0,354	0,343	0,880	0,813	0,023	0,502
10-20 cm									
Convencional	1,62 a	0,39 a	7,22 a	4,44 a	0,444 a	0,94 a	0,605 a	5,53 a	30,90 a
Faixa	1,57 a	0,41 a	7,97 a	4,17 a	0,567 a	0,81 a	0,473 b	6,04 a	23,63 b
P>F	0,210	0,2	0,135	0,072	0,220	0,229	0,009	0,100	0,017
20-40 cm									
Convencional	1,67 a	0,38 a	5,38 a	4,23 a	0,559 a	0,73 a	0,643 a	5,40 a	27,54 a
Faixa	1,63 a	0,39 a	5,86 a	4,04 a	0,729 a	0,59 b	0,418 b	5,55 a	19,98 b
P>F	0,115	0,28	0,073	0,071	0,147	0,009	0,004	0,088	<0,001
40-60 cm									
Convencional	1,60 a	0,41 a	4,19 a	4,08 a	0,755 a	0,47 b	0,468 a	5,02 a	19,77 a
Faixa	1,56 a	0,41 a	4,37 a	4,11 a	0,718 a	0,51 a	0,352 b	5,03 a	18,42 a
P>F	0,222	0,534	0,505	0,320	0,622	0,004	0,012	0,914	0,127

^zDentro de cada preparo e profundidade do solo, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si (F). Ds=densidade do solo; Pt=porosidade total.

sistema de preparo em faixa, assim como outros trabalhos que têm demonstrado a eficácia da aplicação da calagem superficial na correção da acidez e no incremento dos níveis de Ca e Mg no perfil do solo em pomares já implantados (RÊGO et al. 1997; FIDALSKI; TORMENA 2005; SILVA et al. 2007).

Além do longo tempo decorrido desde a primeira aplicação de calcário, os elevados teores de areia, a baixa CTC e a predominância de caolinita na fração argila nesses solos da Formação Arenito Caiuá (PAVAN et al., 1985), devem ter contribuído para a movimentação de Ca e Mg até a profundidade de 60 cm, a partir da aplicação superficial de calcário dolomítico (RITCHEY et al., 1981; SOBRAL et al., 2009). Além da frente de mobilização química do calcário, outros mecanismos devem ter atuado, como a mobilização promovida por compostos orgânicos liberados no solo (MEDA et al., 2002), seja pelo manejo da biomassa produzida pela cobertura vegetal permanente com gramínea utilizada nas entrelinhas das laranjeiras, seja pelo manejo de invasoras presentes na faixa de plantio. Esse processo desempenha importante papel na química da solução dos solos ácidos destacando-se, entre outras reações, a complexação e associação destes compostos orgânicos (ânions orgânicos reativos) com cátions metálicos, principalmente Ca e Mg, que uma vez combinados mobilizam-se com carga nula no perfil do solo e, com o Al, originam a formação de uma associação Al complexo orgânico não tóxico para as raízes (PAVAN; MIYAZAWA, 2004). Neste aspecto inclusive pode se fundamentar a explicação para que níveis de saturação elevados de Al como os observados no tratamento sem calagem (Tabela 7) não tenham inibido o crescimento radicular dos porta-enxertos ‘Cravo’ e ‘Cleópatra’ e afetado a produção das laranjeiras.

A ausência de diferenças nos valores de pH, Al, Ca, Mg e V entre os preparos convencional e em faixa sob a copa na profundidade de 0-10 cm (Tabela 10) eram esperados, já que nesse local amostragem, ambos os preparos de solo foram submetidos ao revolvimento usando as mesmas operações mecanizadas. Assim, as diferenças envolvendo Ca, Mg e V que podem ser observadas a partir da profundidade de 10-20 cm até os 40-60 cm, em que menores valores são observados no preparo em faixa em relação ao convencional, possivelmente se devam a interações com os outros fatores envolvidos, como a calagem, os porta-enxertos e a cobertura vegetal das entrelinhas, e não como um efeito provocado exclusivamente pelo preparo do solo. Conforme pode ser observado na Tabela 11, os teores de Ca e V do solo na presença de tangerineira ‘Cleópatra’ foram inferiores sob o preparo do

Tabela 11 – Atributos químicos do solo na profundidade de 10-20 cm em pomar de laranjeira ‘Valência’ sob duas formas de preparo do solo (PS), emprego e não de calagem (Cal) e seis porta-enxertos (PE), coletado sob a copa das plantas em abril de 2008.

Preparo do solo	Porta-enxerto	Com calagem		Sem calagem	
				Ca* (cmolc dm ⁻³)	
Convencional	Cravo	1,48	A ^z	0,36	A
	Cleópatra	1,50	A	0,45	A
	Trifoliata	1,14	A	0,72	A
Faixa	Cravo	1,36	A	0,44	A
	Cleópatra	0,75	B	0,51	A
	Trifoliata	1,38	A	0,45	A
				Mg** (cmolc dm ⁻³)	
Convencional	Cravo	0,61	A	0,20	A
	Cleópatra	1,19	A	0,23	A
	Trifoliata	0,82	A	0,59	A
Faixa	Cravo	0,65	A	0,21	A
	Cleópatra	0,60	A	0,30	A
	Trifoliata	0,81	A	0,27	A
				V* (%)	
Convencional	Cravo	41,4	A	11,3	A
	Cleópatra	54,5	A	15,1	A
	Trifoliata	39,6	A	23,9	A
Faixa	Cravo	36,4	A	12,0	A
	Cleópatra	25,7	B	14,8	A
	Trifoliata	38,6	A	14,3	A

^zMédias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$) e comparam nas colunas, dentro de cada tratamento de Cal, os PS dentro de cada PE. Significância da interação PS x Cal x PE: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$.

Tabela 12 – Massa seca de raízes (MSR) de laranjeira ‘Valência’ sobre três porta-enxertos (PE), na profundidade de 20-40 cm do solo, sob a copa, em pomar submetido a duas formas de preparo do solo (PS), abril de 2008.

Preparo do solo	Cravo	Cleópatra	Trifoliata
		g	
Convencional	0,117 A ^z	0,194 B	0,283 A
Faixa	0,107 A	0,282 A	0,200 A

^zMédias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$) e comparam na coluna cada PE dentro dos PS.

solo em faixa em relação ao convencional, o que poderia ser explicado pela maior quantidade de raízes deste porta-enxerto sob o preparo em faixa, na profundidade de 20-40 cm (Tabela

12). A presença de grama mato-grosso nas entrelinhas do preparo em faixa pode ter cerceado o crescimento normal das raízes de ‘Cleópatra’ em direção às entrelinhas, aumentando o enraizamento deste porta-enxerto sob a copa das plantas.

Atributos físicos do solo

Aos 15 anos após o plantio não foram detectadas limitações de natureza física no solo pelo emprego do preparo do solo em faixa em relação ao preparo convencional, que pudessem justificar a existência de supostas limitações ao desenvolvimento radicular das laranjeiras ocasionadas pelo não revolvimento do solo das entrelinhas no preparo em faixa (Tabela 10). Pelo contrário, diferenças significativas foram detectadas para a porosidade total (Pt) nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, em que valores superiores foram observados no preparo do solo em faixa em relação ao convencional, repercutido em menor densidade do solo (Ds) sob essa forma de preparo na profundidade de 10-20 cm. Sob a copa das plantas a única diferença observada foi a maior Pt no preparo em faixa em relação ao convencional na profundidade de 0-10 cm (Tabela 10). Os maiores valores de Pt observados no preparo em faixa devem estar relacionados com os maiores teores de carbono orgânico (C) do solo neste tratamento. Na região do limite da projeção da copa o revolvimento do solo utilizado no preparo convencional pode ter sido a causa da redução dos teores de C, por aumentar as condições de oxidação em relação ao preparo em faixa do solo, no qual o solo não foi revolvido nessa posição de amostragem.

Entretanto, esse aspecto não explica os maiores teores de C orgânico sob a copa das plantas, pois nesse local de amostragem tanto o preparo convencional como o preparo em faixa foram submetidos ao revolvimento do solo utilizando as mesmas operações mecanizadas. Possivelmente, esse aumento nos teores de C e de Pt no preparo em faixa, em ambos locais de amostragem, também esteja relacionado com a ocorrência da grama mato-grosso como cobertura vegetal nas entrelinhas deste tratamento, conforme anteriormente comentado. Os maiores teores de C observados no preparo em faixa, por sua vez, contribuíram para os maiores valores de CTC observados neste tratamento nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm no limite da projeção da copa e na profundidade de 0-10 cm sob a copa das plantas (Tabela 10). Fidalski et al. (2007) também verificaram um aumento nos teores de C no solo proporcionado pela utilização de cobertura vegetal permanente de grama mato-grosso nas entrelinhas de laranjeiras em relação a outros sistemas de manejo com uso de leguminosa (*Arachis pintoi*) e com baixa cobertura do solo.

Esses resultados estão em acordo com outros trabalhos que têm demonstrado que a utilização de preparos mínimos de solo na implantação de pomares de laranjeiras em condições similares ao presente estudo não têm comprometido a qualidade física destes solos (NEVES et al., 2007; FIDALSKI et al., 2009).

Em relação aos efeitos da calagem sobre a resposta das plantas em crescimento de raízes, nutrição e produção de frutos, o conjunto dos resultados apresentados demonstraram uma importante diferença entre o padrão apresentado pela laranjeira ‘Valência’ enxertada sobre trifoliata daquele observado sobre ‘Cravo’ e ‘Cleópatra’. Em trifoliata a resposta foi positiva e significativa, o que ficou demonstrado pela coerente conexão entre essas variáveis da planta e os atributos químicos do solo alterados pela calagem. Em ‘Cleópatra’ a resposta em raiz e produção acumulada não foi significativa, porém enxertadas neste porta-enxerto as plantas de laranjeira ‘Valência’ mostraram dependência da calagem para sua nutrição em Mg. Em ‘Cravo’ a resposta não foi significativa para nenhuma dessas variáveis, mesmo sendo expressiva e significativa as alterações no solo promovidas pela calagem. A observação dessas diferenças entre porta-enxertos, assim como das condições do solo em que as mesmas se deram poderão contribuir para o aprimoramento do manejo nutricional dos pomares de laranja cultivados nestas condições edafoclimáticas, visando maior racionalização no uso do insumo calcário e ao mesmo tempo maior produtividade dos pomares pelo atendimento das exigências nutricionais específicas de cada porta-enxerto utilizado.

4.5 CONCLUSÕES

1. O limoeiro ‘Cravo’ mostrou-se pouco adaptado para ser utilizado como porta-enxerto em pomar implantado com o emprego do preparo do solo em faixa em área ocupada com grama mato-grosso, mantendo esta espécie como cobertura vegetal das entrelinhas das laranjeiras, em Latossolo Vermelho Escuro textura arenosa/média da Formação Arenito Caiuá.

2. O não revolvimento do solo e a não incorporação do calcário nas entrelinhas do preparo em faixa não comprometeu os atributos físicos e também os atributos químicos alterados pela calagem tanto em superfície como em subsuperfície do solo, assim como não comprometeu a nutrição em Ca e Mg das laranjeiras.

3. O limoeiro 'Cravo' mostrou melhor adaptação à acidez e menor exigência em Ca e Mg do solo. Enxertada nesse porta-enxerto a laranjeira 'Valência' não teve a produção de frutos, a massa seca de raízes (MSR) e a nutrição em Ca e Mg alteradas pelo uso de calcário dolomítico.

4. A tangerineira 'Cleópatra' foi o porta-enxerto com maior produção de raízes. Enxertada nesse porta-enxerto a laranjeira 'Valência' não apresentou resposta significativa em MSR e produção acumulada de frutos, porém melhora da nutrição em Mg com o uso de calcário dolomítico.

5. O trifoliata foi o porta-enxerto que mostrou maior sensibilidade à acidez e ao Al e maior exigência em cálcio e magnésio do solo. Enxertada nesse porta-enxerto a laranjeira 'Valência' teve a produção de frutos, a MSR e a nutrição em Ca e Mg melhoradas pelo uso de calcário dolomítico.

6. Independentemente da calagem, a produção acumulada de frutos da laranjeira 'Valência' foi equivalente entre 'Cravo' e 'Cleópatra' e ambos superiores ao trifoliata.

5 CONCLUSÕES GERAIS

O conjunto dos resultados obtidos permitiu alcançar os objetivos deste trabalho, confirmando as hipóteses formuladas (Introdução, p. 2), conforme as conclusões gerais apresentadas a seguir.

1. A menor produção de frutos e o menor crescimento das plantas de laranjeira ‘Valência’ dentro do preparo do solo em faixa em relação ao preparo convencional não ocorreu por influência de um efeito direto relacionado com os preparos, mas como consequência da ocorrência de espécies de cobertura vegetal diferentes nas entrelinhas de cada um deles. O limoeiro ‘Cravo’ mostrou-se pouco adaptado para ser utilizado como porta-enxerto em pomar implantado a partir do preparo do solo em faixa, em área originalmente ocupada com a grama mato-grosso, mantendo essa espécie como cobertura vegetal das entrelinhas das laranjeiras, em Latossolo Vermelho Escuro textura arenosa/média da Formação Arenito Caiuá.

2. O não revolvimento do solo e a não incorporação do calcário nas entrelinhas do preparo em faixa não comprometeram os atributos físicos e também os atributos químicos alterados pela calagem tanto em superfície como em subsuperfície do solo, assim como não comprometeram a nutrição em Ca e Mg das laranjeiras.

3. Os limoeiros ‘Cravo’ e as tangerineiras ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’ mostraram-se mais adaptados às condições de baixa fertilidade do solo, sem apresentar resposta ao uso de calagem em produção acumulada de frutos durante o período avaliado. O citrangeiro e principalmente o trifoliata mostraram-se dependentes da calagem para atingir melhores índices de produtividade. Enxertada neste porta-enxerto a laranjeira ‘Valência’ teve a produção de frutos, a massa seca de raízes e a nutrição em Ca e Mg melhoradas pelo uso de calcário dolomítico.

4. Todos os teores de macro e micronutrientes avaliados foram influenciados pelos porta-enxertos, que induziram diferenças marcantes no padrão nutricional das laranjeiras. ‘Cravo’ se destacou por induzir maior teor foliar de K, as tangerineiras ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’ os maiores teores de Ca e trifoliata e citrange, maiores teores de Mg. Trifoliata induziu teores de B superiores aos demais.

5. As tangerineiras ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’ apresentaram bom desempenho para serem utilizadas como porta-enxertos nestas condições, com produção de frutos por

planta e eficiência de produção equivalente a de ‘Cravo’ e qualidade do fruto superior a este porta-enxerto. Como desvantagem a ‘Cleópatra’ induziu volume de copa superior ao ‘Cravo’.

6. O desempenho do trifoliata demonstrou que esse porta-enxerto tem potencial para utilização em plantios mais adensados. Embora com produção de frutos por planta inferior ao ‘Cravo’, induziu em relação a este porta-enxerto maior eficiência de produção e índice tecnológico aos frutos de laranjeira ‘Valência’.

7. O citrangeiro também demonstrou bom desempenho. Em relação ao ‘Cravo’ induziu produção de frutos por planta equivalente e maior eficiência de produção e índice tecnológico dos frutos.

8. O limoeiro ‘Volkameriano’ mostrou-se menos indicado, pois mesmo tendo apresentado boa adaptação à baixa fertilidade do solo e volume de copa equivalente ao trifoliata, foi inferior a este e equivalente ao ‘Cravo’ em eficiência de produção e qualidade do fruto.

9. As tangerineiras mostraram alta taxa de sobrevivência de plantas, ‘Cravo’ a menor taxa, seguido por citrange e ‘Volkameriano’ e trifoliata ficando em posição intermediária.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. S. **A alelopatia e as plantas**. Londrina: IAPAR, 1988. 60 p. (Circular, 53).

ALVARENGA, L. R. et al. Comportamento da laranjeira ‘Valência’ (*Citrus sinensis* (L.) Osb.) sobre 12 porta-enxertos em Porteirinha – MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8., 1986, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1986. v. 1, p. 153-159.

ANDERSON, C. A. Fruit yields, tree size, and mineral nutrition relationships in ‘Valencia’ orange trees as affected by liming. **Journal of Plant Nutrition**, [S.I.], v. 10, n. 9-16, p. 1907-1916, 1987.

ANDRADE, P. S. **Análise da conjuntura agropecuária safra 2009/10: fruticultura**. 2009. Disponível em:
<http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/fruticultura_2009_10.pdf>.
Acesso em: 09 maio 2010.

ANGUINONI, I. Modo de aplicação de corretivos da acidez do solo para culturas anuais e perenes. In: RAIJ, B. van; BATAGLIA, O. C.; SILVA, N. M. (org.). **Acidez e calagem no Brasil**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p. 97-108.

ARAÚJO, J. R. G. **Desenvolvimento vegetativo e concentração mineral em três variedades copa de citros (*Citrus spp.*), sob influência de diferentes porta-enxertos**. 1995. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15. ed. Arlington: AOAC, 1990. 1298 p.

AULER, P. A. M. et al. Preparo do solo em faixa sobre área de pastagem e manejo das entrelinhas na formação da laranja Pêra. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28., 2001, Londrina. **Anais...** Londrina: SBCS, 2001. p.292.

AULER, P. A. M. et al. Produção de laranja ‘Pêra’ em sistemas de preparo do solo e manejo nas entrelinhas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 363-374, 2008a.

AULER, P. A. M.; FIORI-TUTIDA, A. C. G.; TAZIMA, Z.H. Comportamento da laranjeira ‘Valência’ sobre seis porta-enxertos no Noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 229-234, mar. 2008b.

AULER, P. A. M.; FIORI-TUTIDA, A. C. G.; SCHOLZ, M. B. S. Qualidade industrial e maturação de frutos de laranjeira Valência sobre seis porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 4, p. 1158-1167, dez. 2009.

AVILAN, L. et al. Distribución del sistema radical de las cítricas en algunos suelos de Venezuela. **Fruits**, Paris, v. 41, n. 11, p. 665-668, nov. 1986.

BALDASSARI, R. B.; GÓES, A.; TANNURI, F. Declínio dos citros: algo a ver com o sistema de produção de mudas cítricas? **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, p. 357-360, ago. 2003.

BARBIN, D. **Planejamento e análise estatística de experimentos agrônômicos**. Arapongas: Midas, 2003. 208 p.

BASSANEZI, R. B. et al. Spatial and temporal analyses of citrus sudden death as a tool to generate hypotheses concerning its etiology. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 93, n. 4, p. 502-512, abr. 2003.

BASSANEZI, R. B. et al. Effect of citrus sudden death on yield and quality of sweet orange cultivars in Brazil. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 91, n. 11, p. 1407-1412, nov. 2007.

BERETTA, M. J. G. et al. Avaliação do declínio de planta cítricas em clones de limões 'Cravo' e 'Volcameriano'. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8., 1986, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade brasileira de Fruticultura, 1986a. v. 1, p. 243-247.

BERETTA, M. J. G. et al. Incidência do declínio de plantas cítricas em diversos porta-enxertos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8., 1986, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1986b. v. 1, p. 237-241.

BERETTA, M. J. G.; ROSSETTI, V. Declínio dos citros: uma doença transmissível. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PORTA-ENXERTOS DE CITROS, 1., 1990, Bebedouro. **Anais...** Bebedouro: Editor Luiz Carlos Donadio, 1990. p. 211-221.

BEVINGTON, K. B.; CASTLE, W. S. Development of the root system of young 'Valencia' orange trees on rough lemon and Carrizo citrange rootstocks. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, [S.I.], v. 95, p. 33-37, 1982.

BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T.; RÊGO, I. C. Calagem e gessagem em citricultura. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS: Nutrição e adubação, 4., 1996, Bebedouro. **Anais...** Campinas: Fundação Cargil, 1996. p. 115-129.

BÖHM, W. Methods of studying root systems. In: BILLINGS, W.D. (ed.) **Ecological studies**. Berlin: Springer-Verlag, 1979. v. 33, p. 1-188.

CALGARO, H. F. et al. Modos de aplicação de calcário e de micronutrientes em pomar de laranjeira 'Natal' e análise comparativa de custos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 639-644, dez. 2007.

CARAMORI, P. H. et al. **Zoneamento agrícola do Estado do Paraná**. Londrina : Instituto Agrônômico do Paraná, 2003. v. 1, 76 p.

CARLOS, E. F.; STUCHI, E. S.; DONADIO, L. C. **Porta-enxertos para a citricultura paulista**. Jaboticabal: Funep, 1997. 47p. (Boletim Citrícola, n. 1)

CARLOS, E. F.; LEMOS; E. G. M.; DONADIO, L. C. O declínio dos citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 21, n. 1, p. 175-203, 2000.

CARVALHO, J. E. B. et al. Manejo de coberturas do solo e sua interferência no desenvolvimento do sistema radicular da laranja 'Pêra'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 21, n. 2, p. 140-145, ago. 1999.

CARVALHO, J.E.B.; SOUZA, L.S.; CALDAS, R.C.; ANTAS, P.E.U.T.; ARAÚJO, A.M.A.; LOPES, L.C.; SANTOS, R.C.; LOPES, N.C.M.; SOUZA, A.L.V. Leguminosa no controle integrado de plantas daninhas para aumentar a produtividade de laranja Pêra. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 82-85, 2002.

CARVALHO, M. C. S.; RAIJ, B.van. Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 192, p. 37-48, 1997.

CASÃO JUNIOR, R. et al. (ed.). **Sistema plantio direto com qualidade**. Londrina: IAPAR; Foz do Iguaçu: ITAIPU Binacional, 2006. 212p.

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

CASTLE, W. S. Rootstock as a fruit quality factor in citrus and deciduous tree crops. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, New Zealand, v. 23, p. 383-394, 1995.

- CASTLE, W. S.; KREZDORN, A. H. Anatomy and morphology of field-sampled citrus fibrous roots as influenced by sampling depth and rootstock. **HortScience**, Alexandria, v. 14, n. 5, p. 603-605, 1979.
- CASTRO, O.M. et al. Effect of two types of lime on some soil physical attributes of an oxisol from Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 30, n. 15/16, p. 2183-2195, 1999.
- CHAPMAN, H. D. The mineral nutrition of citrus. In: REUTHER, W.; BATCHELOR, L. D.; WEBBER, H. J (ed.). **The citrus industry: anatomy, physiology, genetics, and reproduction**. Berkeley: University of California, 1968. p. 127-289.
- CHAVES, J. C. D.; et al. **O amendoim cavalo (*Arachis hypogaea*) como alternativa para cultivo intercalar em lavoura cafeeira**. Londrina: IAPAR, 1997. 20 p. (Boletim técnico, 55)
- CINTRA, F. L. D. et al. Caracterização física do solo submetido a práticas de manejo em pomar de laranja baianinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 2, p. 173-179, 1983.
- CINTRA, F. L. D.; LIBARDI, L. P.; JORGE, L. A.C. Distribuição do sistema radicular de porta-enxertos de citros em ecossistema de tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 21, n. 3, p. 313-317, 1999.
- CINTRA, F. L. D.; LIBARDI, L. P.; SAAD, A. M. Balanço hídrico no solo para porta-enxertos de citros em ecossistema de tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 23-28, 2000.
- CLAESSEN, M. E. E. (org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212 p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).
- CORÁ, J. E.; SILVA, G. O.; MARTINS FILHO, M. V. Manejo do solo sob citros In: MATTOS JUNIOR, D. et al. (org.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundag, 2005. p. 346-368.
- CORRÊA, A. R. et al. Exigências climáticas. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Citricultura no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1992. p.29-52. (Circular, 72).
- DECHEN, A. R. Deficiência de cálcio e magnésio nos solos e nas plantas. In: RAIJ, B. van; BATAGLIA, O. C.; SILVA, N. M. (org.). **Acidez e calagem no Brasil**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p. 87-95.

DEDECEK, R. A.; RESCK, D. V. S.; FREITAS JUNIOR, E. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em Latossolo Vermelho-Escuro dos cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, n. 3, p. 265-272, 1986.

DEMATÊ, J. L.; VITTI, G. C. Alguns aspectos relacionados ao manejo de solos para os citros. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS: Fisiologia, 2., 1992, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargil, 1992. p. 67-99.

DE NEGRI, J. D.; STUCHI, E. S; BLASCO, E. E. A. Planejamento e implantação do pomar cítrico. In: MATTOS JUNIOR, D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. (org.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundag, 2005. p. 410-427.

DI GIORGI, F. et al. Contribuição ao estudo do comportamento de algumas variedades de citros e suas implicações agroindustriais. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 11, n. 2, p. 567-612, 1990.

DONADIO, L. C. et al. Tangerineira Cleópatra: vantagens e desvantagens como porta-enxerto na citricultura. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 14, n. 2, p. 565-579, 1993.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. Londrina: Embrapa-SNLCS/SUDESUL/IAPAR, 1984. v. 2. (Embrapa-SNLCS, Boletim de Pesquisa, 27; IAPAR, Boletim Técnico, 16).

ESPINDOLA, J. A. A; ALMEIDA, J. G. M. G; SILVA, E. M. R. Influência da adubação verde na colonização micorrízica e na produção da batata-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 3, p. 339-347, mar. 1998.

FERNANDES, B. et al. Efeito de sistemas de preparo de solo na densidade aparente, na porosidade total e na distribuição dos poros, em dois solos (Typic Argiaquoll e Typic Hapludalf). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, p. 329-333, 1983.

FIDALSKI, J. Fertilidade do solo sob pastagens, lavouras anuais e permanentes na região Noroeste do Paraná. **Revista Unimar**, Maringá, v. 19, n. 3, p. 853-861, 1997.

FIDALSKI, J.; AULER, P. A. M. Levantamento nutricional de pomares de laranja no Noroeste do Paraná. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 40, n. 2, p. 443-451, 1997.

FIDALSKI, J.; AULER, P. A. M.; TORMEN, V. Relations among Valencia orange yields with soil and leaf nutrients in northwestern Paraná, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 43, n. 4, p. 387-391, 2000.

FIDALSKI, J. **Propriedades físico-hídricas de um Argissolo Vermelho distrófico latossólico em diferentes sistemas de manejo das entrelinhas de citros**. 2004. 62 f. Dissertação (Mestrado). – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.

FIDALSKI, J.; TORMENA, C. A. Dinâmica da calagem superficial em um latossolo vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 235-247, 2005.

FIDALSKI, J. et al. Produção de laranja com plantas de cobertura permanente na entrelinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 927-935, jun. 2006.

FIDALSKI, J.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Qualidade física do solo em pomar de laranjeira no Noroeste do Paraná com manejo da cobertura permanente na entrelinha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 423-433, 2007.

FIDALSKI, J.; AULER, P. A. M. Alterações químicas temporais nas faixas de adubação e entrelinhas do pomar, nutrição e produção de laranja após calagem superficial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 689-696, 2008.

FIDALSKI, J. et al. Qualidade física do solo sob sistemas de preparo e cobertura morta em pomar de laranja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, p. 76-83, 2009.

FIGUEIREDO, J. O. Variedades copa de valor comercial. In: RODRIGUEZ, O. et al. (coord.). **Citricultura Brasileira**. Campinas: Fundação Cargil, 1991. v. 1, p. 229-264.

LARANJAS do futuro. Folha de Londrina, Londrina, 24 abr. 2010. Folha rural, p. 4-7. Disponível em:
<http://www.bonde.com.br/folhadelondrina/index.php?id_folha=2-1--5291-20100424>.
Acesso em: 08 maio 2010.

FURLANI, P. R. Toxicidade de alumínio e manganês em plantas. In: RAIJ, B. van; BATAGLIA, O. C.; SILVA, N. M. (org.). **Acidez e calagem no Brasil**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p. 79-85.

GEORGIU, A. Evaluation of rootstocks for 'Valencia' orange. **Agricultura Mediterranea**, Pisa, v. 134, n. 3/4, p. 193-200, 2004.

GRASSI FILHO, H. et al. Fenological characteristics of the 'Siciliano' lemon tree on two rootstocks influenced by liming and boron addition. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 47, n. 5, p. 677-684, 2004.

GRUPO PAULISTA DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA CITROS. Recomendações de adubação e calagem para citros no Estado de São Paulo. **Laranja**, Cordeirópolis, edição especial, 1994.

HIROCE, R.; GALLO, J. R.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; POMPEU JÚNIOR, J. Influência de porta-enxertos na composição mineral das folhas e das frutas da laranjeira 'Valência' e tangerineira 'Poncã' **Proceedings of the Tropical Region American Society for Horticultural Science**, Campinas, v. 25, p. 155-162, 1981.

HUTCHISON, D. J.; BISTLINE, F. W. The performance of 'Valencia' orange trees on 21 rootstocks in the Florida flatwoods. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, [S.I.], v. 105, p. 60-63, 1992.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **A citricultura no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1992. 288 p. (Circular, 72)

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do Paraná**, edição ano 2000, versão 1.0. Londrina, IAPAR, 2000. CD-ROM

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. **Tabela 1613**: Quantidade produzida, valor da produção, área plantada e área colhida da lavoura permanente. 2007. Disponível em:
<<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl1.asp?c=1613&n=0&u=0&z=t&o=11&i=P>>. Acesso em: 07 set. 2009.

KARLEN, D. L.; CAMBARDELLA, C. A. Conservation strategies for improving soil quality and organic matter storage. In: CARTER, M. R.; STEWART, B. A. (ed.) **Structure and organic matter storage in agricultural soils**. Boca Raton: Lewis, 1995. p. 395-420.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262 p.

KÖLLER, O. C.; SCHWARZ, S. F.; PANZENHAGEN, N. V. Espaçamentos de plantio para laranjeira 'Valência' enxertada em três porta-enxertos. **Revista da Agronomia**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 9-31, 1999.

KRIEDEMANN, P. E.; BARRS, H. D. Citrus orchards. In: KOZLOWSKI, T. T. **Water deficits and plant growth**. London: Academic Press., 1981. v. 6, p. 325-417.

LEDO, A. S. Porta-enxertos para laranjeiras-doces (*Citrus sinensis* (L.) Osb.) em Rio Branco, Acre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 7, p. 1211-1216, 1999.

LEE, R. F. et al. Syringe injection of water into the trunk: a rapid diagnostic test for citrus blight. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 68, n. 6, p. 511-513, 1984.

LEHMANN, J. Subsoil root activity in tree-based cropping systems. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 255, p. 319-331, 2003.

LEITE JUNIOR, R. P. **Cancro cítrico: prevenção e controle no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1990. 51 p. (Circular, 61).

LIMA, J. E. O.; BORDUCCHI, A. S. Observations on citrus blight in Sao Paulo, Brazil. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, [S.I.], v. 95, p. 72-75, 1982.

LUZ, P. H. C.; VITTI, G. C.; ALMEIDA, M. C. Avaliação da distribuição de calcário a lanço e em faixa em pomar cítrico. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 14, n. 2, p. 635-648, 1993.

LUZ, P. H. C. **Efeitos de modos de aplicação e incorporação de calcário e gesso em pomares de citros**. 1995. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

MACEDA, A. et al. Levantamento de *Tylenchulus semipenetrans* e *Pratylenchus jaehni* em pomares cítricos (*Citrus* spp.) da região Noroeste do Paraná (resultados parciais). **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 116, 2006.

MAGALHÃES FILHO, J. R. et al. Deficiência hídrica, trocas gasosas e crescimento de raízes em laranjeira ‘Valência’ sobre dois tipos de porta-enxertos. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 75-82, 2008.

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

MALAVOLTA, E. O cálcio e a acidez do solo. 1976. In: MALAVOLTA, E. et al. **Manual de química agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976, p. 327-374.

MARTIN, L. D.; SMITH, A. E. Allelopathic potencial of some warm-season grasses. **Crop Protection**, [S.I.], v. 13, n. 5, p. 388-392, 1994.

MATTOS JUNIOR, D.; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A. Nutrição dos citros. In MATTOS JUNIOR, D. et al. (org.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundag, 2005. p. 198-219.

MATTOS JUNIOR, D. et al. Manejo da fertilidade do solo para alta produtividade. **Informações Agrônômicas**, Piracicaba, n. 128, p. 5-12, dez. 2009.

MAZZA, J. A. et al. Influência da compactação no desenvolvimento do sistema radicular de citros: sugestão de método qualitativo de avaliação e recomendação de manejo. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 15, n. 2, p. 263-275, 1994.

MAZZA, J.A. Importância das características físico-hídricas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS: Tratos culturais, 5., 1998, Bebedouro. **Anais...** Bebedouro: Fundação Cargil, 1998. p. 189-201.

MEDA, A. R. et al. Plantas invasoras para melhorar a eficiência da calagem na correção da acidez subsuperficial do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 647-654, 2002.

MENDEL, K. Rootstock-scion relationships in Shamouti trees on light soil. **Ktavim**, Rehovot, v. 6, p. 35-60, maio 1956.

MENDES, M. A consolidação do NFC. **Citricultura Atual**, Cordeirópolis, n. 69, p. 10-11, abr. 2009.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F. **Análise química de tecido vegetal**. Londrina: IAPAR, 1992. 17 p. (IAPAR. Circular, 74).

MONTENEGRO, H. W. S. **Contribuição ao estudo do sistema radicular das plantas cítricas**. 1960. (Tese de Cátedra) Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1960.

MOREIRA, C. S. **Estudo da distribuição do sistema radicular da laranjeira 'Pêra' (*Citrus sinensis*, Osbeck) com diferentes manejos de solo**. 1983. Tese (Livre-Docência em Fruticultura) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1983.

MOREIRA, C. S. O sistema radicular das plantas cítricas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS: Fisiologia, 2., 1992, Bebedouro. **Anais...** Campinas: Fundação Cargil, 1992. p. 182-186.

MÜLLER, G. W.; COSTA, A. S.; POMPEU JUNIOR, J. Importância do porta-enxerto em relação à tristeza e outras moléstias dos citros no Brasil. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS: Porta-enxertos, 1., 1990, Bebedouro. **Anais...** Bebedouro: Luiz Carlos Donadio, 1990. p. 223-231.

MÜLLER, G. W. et al. Doenças de citros causadas por vírus e viróides. In: MATTOS JUNIOR, D. et al. (org.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundag, 2005. p. 568-604.

MUZZILI, O. Características do setor primário do Noroeste Paranaense: aspectos agroecológicos. In: ENCONTRO PARANAENSE DE CITRICULTURA, 3., 1991, Paranavaí. **Anais...** Londrina: Associação dos Engenheiros Agrônomos - Núcleo de Londrina e Maringá, 1991. p. 51-66.

NEVES, C. S. V. J. et al. Root distribution of rootstocks for 'Tahiti' lime. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 1, p. 94-99, fev. 2004.

NEVES, C. S. V. J.; KOUAKOUA, E. Efeito do manejo do solo e da matéria orgânica solúvel em água quente na estabilidade de agregados de um latossolo argiloso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 1410-1415, 2006.

NEVES, C. S. V. J. et al. Producción y desarrollo de las plantas y características físicas y químicas del suelo en un huerto de cítricos plantado con dos sistemas de labranza en un Oxisol brasileiro. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE FRUTICULTURA TROPICAL Y SUBTROPICAL, 2., 2007, Habana. **Memorias**. Habana: IIFT, 2007. CD-ROM.

NEVES, C. S. V. J. et al. Sistema radicular de quatro porta-enxertos sob copa de tangerina 'Ponkã'. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 487-492, abr. 2008.

NOGUEIRA, S. D. S. S. et al. Comportamento de porta-enxertos de citros em presença do alumínio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 6, p. 711-716, jun. 1989.

OLIVEIRA, J. B. Solos para citros. In: RODRIGUEZ, O. et al. (coord.). **Citricultura Brasileira**. Campinas: Fundação Cargil, v. 1, p. 196-227, 1991.

OLIVEIRA, L. F. C.; VIEIRA, D. B.; SOUZA, I. S. Estudo do sistema radicular da tangerineira 'Cleópatra' com copa de laranjeira 'Pêra'. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 19, n. 1, p. 117-131, 1998.

PACE, C. A. M.; ARAÚJO, C. M. Estudo da distribuição do sistema radicular de porta-enxertos cítricos em solos podzolizados e sua relação com a formação de copas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8., 1986, Brasília: **Anais...** Brasília: EMBRAPA-DDT/CNPq, 1986. v. 1, p. 199-205.

PANZENHAGEN, N. V. et al. Respostas de tangerineiras 'Montenegrina' à calagem e adubação orgânica e mineral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 527-533, abr. 1999.

PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T.; PRATT, P. F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminum following lime or gypsum to a brazilian oxisol. **Soil Science Society of the American Journal**, Madison, v. 48, p. 33-38, 1984.

PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T.; PRATT, P. F. Chemical and mineralogical characteristics of selected acid soils of the state of Paraná, Brazil. **Turrialba**, San Jose, v. 35, n. 2, p. 131-139, 1985.

PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T.; PERYEA, F. J. Influence of calcium and magnesium salts on acid soil chemistry and calcium nutrition of apple. **Soil Science Society of the American Journal**, Madison, v. 51, n. 6, p. 1526-1530, 1987.

PAVAN, M. A. Estratificação da acidez do solo devido a adubação nitrogenada em pomares estabelecidos de macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 14, n. 2, p. 135-138, 1992.

PAVAN, M. A. et al. **Manual de análise química de solo e controle de qualidade**. Londrina: IAPAR, 1992. 40 p. (IAPAR. Circular, 76).

PAVAN, M. A.; JACOMINO, A. P. Root growth and nutrient contents of citrus rootstocks in an acid soil with varied pH. **Ciência e Cultura Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science**, [S.I.], v. 50, n. 1, p. 56-59, jan./fev. 1998.

PAVAN, M. A.; MIYAZAWA, M. Plantas de cobertura: uma alternativa para melhorar a eficiência da calagem em solos ácidos. **Citricultura Atual**, Cordeirópolis, n. 38, p. 12-13, fev. 2004.

PEREIRA, W. E. et al. Growth of citrus rootstocks under aluminium stress in hydroponics. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 1, p. 31-41, mar. 2003.

PIO, R. M. A utilização do trifoliata na citricultura. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 14, n. 2, p. 581-610, 1993.

POLITANO, W.; PISSARRA, T. C. T. Avaliação por fotointerpretação das áreas de abrangência dos diferentes estados da erosão acelerada do solo em canaviais e pomares de citros. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 242-252, 2005.

POMPEU JUNIOR, J. et al. Comportamento da laranjeira Valência *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, em 18 porta-enxertos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 6., 1981, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1981. v. 2, p. 530-541.

POMPEU JUNIOR, J.; LARANJEIRA, F. F.; BLUMER, S. Laranjeiras ‘Valência’ enxertadas em híbridos de trifoliata. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 93-97, 2002.

POMPEU JUNIOR, J. Porta-enxertos. In: MATTOS JUNIOR, D. et al. (Org.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundag, 2005. p. 61-104.

POMPEU JUNIOR, J.; BLUMER, S. Morte súbita dos citros: suscetibilidade de seleções de limão-Cravo e uso de interenxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 1159-1161, 2008.

PRADO, R. M. et al. Liming and postharvest quality of carambola fruits. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 48, n. 5, p. 689-696, 2005.

QUAGGIO, J. A. **Respostas da laranjeira Valência (*Citrus sinensis* L. Osbeck) sobre limoeiro Cravo (*Citrus limonia* L. Osbeck) à calagem e ao equilíbrio de bases num Latossolo Vermelho Escuro de textura argilosa**. 1991. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Estadual de São Paulo, Piracicaba, 1991.

QUAGGIO, J. A. et al. Resposta da laranjeira ‘Valência’ à aplicação de calcário de gesso. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 19, n. 2, p. 383-398, 1998.

QUAGGIO, J.A. et al. Sweet orange trees grafted on selected rootstocks fertilized with nitrogen, phosphorus and potassium. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 55-60, jan. 2004.

QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H. Manejo da fertilidade do solo na citricultura. In: QUAGGIO, J. A. et al. (org.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundag, 2005. p. 484-507.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; BLUMER, S. Morfologia dos citros. In: MATTOS JUNIOR, D. et al. (org.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundag, 2005. p. 105-123.

RAMALHO, A. S. T. M. **Sistema funcional de controle de qualidade a ser utilizado como padrão na cadeia de comercialização de laranja Pêra *Citrus sinensis* L. Osbeck**. 2005.91 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

RÊGO, I. C. **Calagem e gessagem num Latossolo Vermelho Escuro cultivado com laranja ‘Pêra’ sobre limoeiro ‘Cravo’**. 1997. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

RÊGO, I. C.; FANTE JUNIOR, L.; BOARETTO, A. E. A calagem e gessagem na distribuição do sistema radicular de citros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1997.CD-ROM.

RIGOLIN, A. T. Técnicas de preparo de solo e formação de pomar. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS: Tratos culturais, 5., 1998, Bebedouro. **Anais...** Bebedouro: Fundação Cargil, 1998. p. 103-121.

RITCHEY, K. D. et al. Downward movement of calcium and the improvement of subsoil rooting in oxisols of Brazil. In: RUSSEL, R. S.; IGUE, K.; MEHTA, Y. R. (ed.). **The soil root/system in relation to brazilian agriculture**. Londrina: Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1981. p. 137-151.

RITCHEY, K. D.; SILVA, J. E.; SOUSA, D. M. G. Relação entre teor de cálcio no solo e desenvolvimento de raízes avaliado por um método biológico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, p. 269-275, 1983.

ROBERTO, S. R.; LIMA, J. E.; CARLOS, E. F. Produtividade inicial da laranja ‘Valência’ (*Citrus sinensis* L. Osbeck) sobre oito porta-enxertos no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 21, n. 2, p. 119-122, 1999.

RODRIGUEZ, O.; INFORZATO, R.; TEÓFILO SOBRINHO, J. Estudo do sistema radicular de três porta-enxertos para citros em viveiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 1, n. 1, p. 23-36, abr. 1978.

RODRIGUEZ, O.; ROSSETTI, V.; MÜLLER, G. W. Declínio de plantas cítricas em São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 5., 1979, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1979. p.927-932.

RODRIGUEZ, O. Aspectos fisiológicos, nutrição e adubação dos citros. In: RODRIGUEZ, O.; et al. (coord.). **Citricultura Brasileira**. Campinas: Fundação Cargil, v. 1, p. 419-475, 1991.

ROUSE, R. E. Citrus fruit quality and yield of six Valencia clones on 16 rootstocks in the immokalee foundation grove. **Proceeding of the Florida State Horticultural Society**, [S.I.], v. 113, p. 112-114, 2000.

RUFINO, R. L.; MUZILLI, O.; PAVAN, M. A. Manejo do solo. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Citricultura no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1992. p. 53-90. (Circular, 72).

RUFINO, R. L. Avaliação do potencial erosivo da chuva para o Estado do Paraná: segunda aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, n. 3, 1996.

SANCHES, A. C. Conservação do solo em pomares cítricos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS: Tratos culturais, 5., 1998, Bebedouro. **Anais...** Bebedouro: Fundação Cargil, 1998. p. 167-187.

SANTINONI, L. A.; SILVA, N. R. Crecimiento, producción y maduración del mandarino común bajo diferentes prácticas de manejo de suelo. **Horticultura Argentina**, [S.I.], v. 14, p. 5-11, 1995.

SANTOS, C. H. D. et al. Níveis de alumínio e acúmulo de macronutrientes em porta-enxertos cítricos em cultivo hidropônico. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1165-1175, dez. 1999.

SANTOS, D. B.; COELHO, E. F.; AZEVEDO, C. A. V. Absorção de água pelas raízes do limoeiro sob distintas frequências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 327-333, 2005.

SARTORI, I. A. et al. Comportamento da laranjeira 'Valência' (*Citrus sinensis* (L.) Osb.) em oito porta-enxertos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. **Anais...** Belém: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2002. CD-ROM.

SCHNEIDER, H. The anatomy of citrus. In: REUTHER, W.; BATCHELOR, L. D.; WEBBER, H. J (ed.). **The citrus industry: anatomy, physiology, genetics, and reproduction**. Berkeley: University of California, 1968. p. 1-85.

SILVA, M. A. C. et al.. Aplicação superficial de calcário em pomar de laranja Pêra em produção. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 606-612, dez. 2007.

SOBRAL, L. F.; CINTRA, F. L. D.; SMYTH, J. T. Lime and gypsum to improve root depth of orange crop in an Ultisol of the Coastal Tablelands. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, supl., p. 836-839, 2009.

SOUZA, L. D.; SOUZA, L. S.; LEDO, C. A. S. Sistema radicular dos citros em Neossolo Quartzarênico dos Tabuleiros Costeiros sob irrigação e sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 10, p. 1373-1381, out. 2007.

SOUZA, L. S. et al. Possíveis efeitos alelopáticos de *Brachiaria decumbens* sobre o crescimento inicial de limão Cravo (*Citrus limonia*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 15, n. 2, 1997.

SOUZA, L. S. et al. Efeito alelopático de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) sobre o crescimento inicial de sete espécies de plantas cultivadas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 657-668, out./dez. 2006.

SOUZA, L. S. et al. Distribuição do sistema radicular de citros em uma topossequência de solos de Tabuleiro Costeiro do Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 503-513, 2008.

STACEY, W. Over-liming of citrus. **New Zealand Journal of Agriculture**, [S.I.], v. 126, n. 1, p. 40-41, 1973.

STENZEL, N. M. C. et al. Comportamento da laranja 'Folha Murcha' em sete porta-enxertos no Noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 408-411, 2005.

STUCHI, E. S.; SEMPIONATO, O. R.; SILVA, J. A. A. Influência dos porta-enxertos na qualidade dos frutos cítricos. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 17, n. 1, p. 159-178, 1996.

STUCHI, E. S.; DONADIO, L. C.; SEMPIONATO, O. R. Avaliação da laranja 'Folha Murcha' (*Citrus sinensis* (L) Osbeck) sobre dez porta-enxertos em Bebedouro-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 3, p. 446-453, dez. 2000.

SUZUKI, A. **Doses e modos de aplicação de calcário em pomar de macieira em Latossolo Húmico Distrófico do Estado de Santa Catarina**. 1989. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1989.

TAZIMA, Z. H. et al. Comportamento de clones de laranja 'Valência' na região Norte do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 970-974, 2008.

TERSI, F. E. A.; SOUZA, E. C. A.; RIGOLIN, A. T. Efeito de métodos de manejo de plantas daninhas em crescimento, produtividade, qualidade do suco e estado nutricional de um pomar cítrico. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 20, p. 120-133, 1999.

TODA FRUTA. **Secex: receita** com exportação de suco cresce 0,7% e volume 3%. 2008.

Disponível em em:

<http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=17575>. Acesso em 08 maio 2010.

TORMEM, V. **O sucesso da citricultura comercial no Norte e Noroeste do Paraná**. Londrina: Gráfica e Editora Midiograf, 2007. 196 p.

VASCONCELLOS, L. A. B. C. et al. Comportamento de porta-enxertos de citros (*Citrus spp.*) em três tipos de solos com diferentes níveis de alumínio e manganês. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 10, n. 2, p. 281-295, 1989.

VIEIRA, M. J. Embasamento técnico do subprograma de manejo e conservação do solo - Paraná Rural. In. PEREIRA, L.R. (org.). **Manual técnico do subprograma de manejo e conservação de solo**. 2. ed. Curitiba: IAPAR e SEAB, 1994. p. 12-40.

WUTSCHER, H. K.; COHEN, M.; YOUNG, R. H. Zinc and water-soluble phenolic levels in the wood for the diagnosis of citrus blight. **Plant Disease Reporter**, Beltsville, v. 61, n. 7, p. 572-576, 1977.

WUTSCHER, H. K. Soil pH and extractable elements under blight-affected and healthy citrus trees on six Florida soils. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 114, n. 4, p. 611-614, 1989.

WUTSCHER, H. K.; BOWMAN, K. D. Performance of 'Valencia' orange on 21 rootstocks in Central Florida. **HortScience**, Alexandria, v. 34, n. 4, p. 622-624, jul. 1999.

ZEKRI, M. Evaluation of orange trees budded on several rootstocks and planted at high density on flatwoods soil. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, [S.I.], v. 113, p. 119-123, 2000.

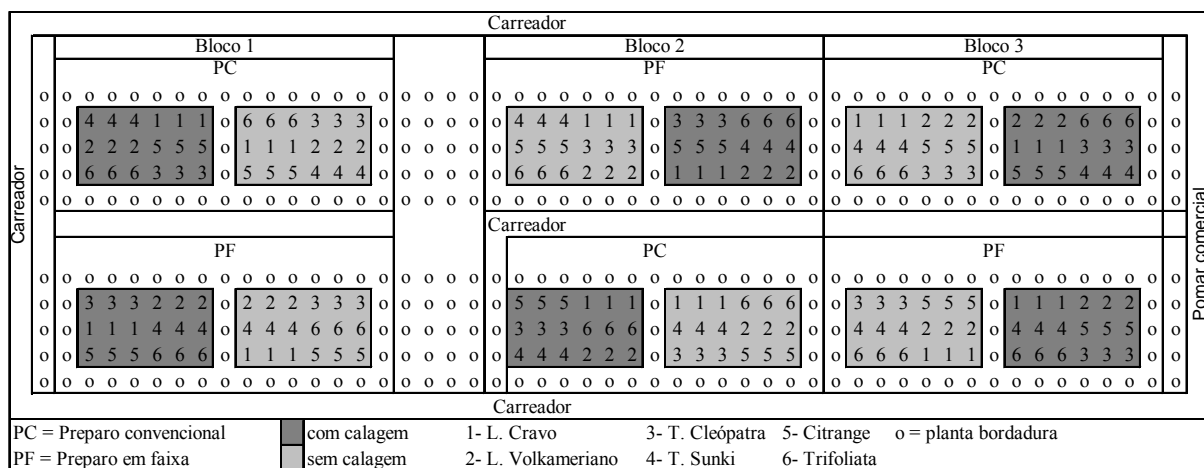
ZEKRI, M.; AL-JALEEL, A. Evaluation of rootstocks for Valencia and Navel orange trees in Saudi Arabia. **Fruits**, Paris, v. 59, n. 2, p. 91-100, 2004.

APÊNDICES

APÊNDICE A – ESQUEMA DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Causas de variação	Graus de liberdade
Bloco	2
Preparo do solo	1
Resíduo A	2
Calagem	1
Preparo do solo x calagem	1
Resíduo B	4
Porta-enxertos	5
Preparo do solo x porta-enxerto	5
Calagem x porta-enxerto	5
Preparo do solo x calagem x porta-enxerto	5
Resíduo C	40
Total	71

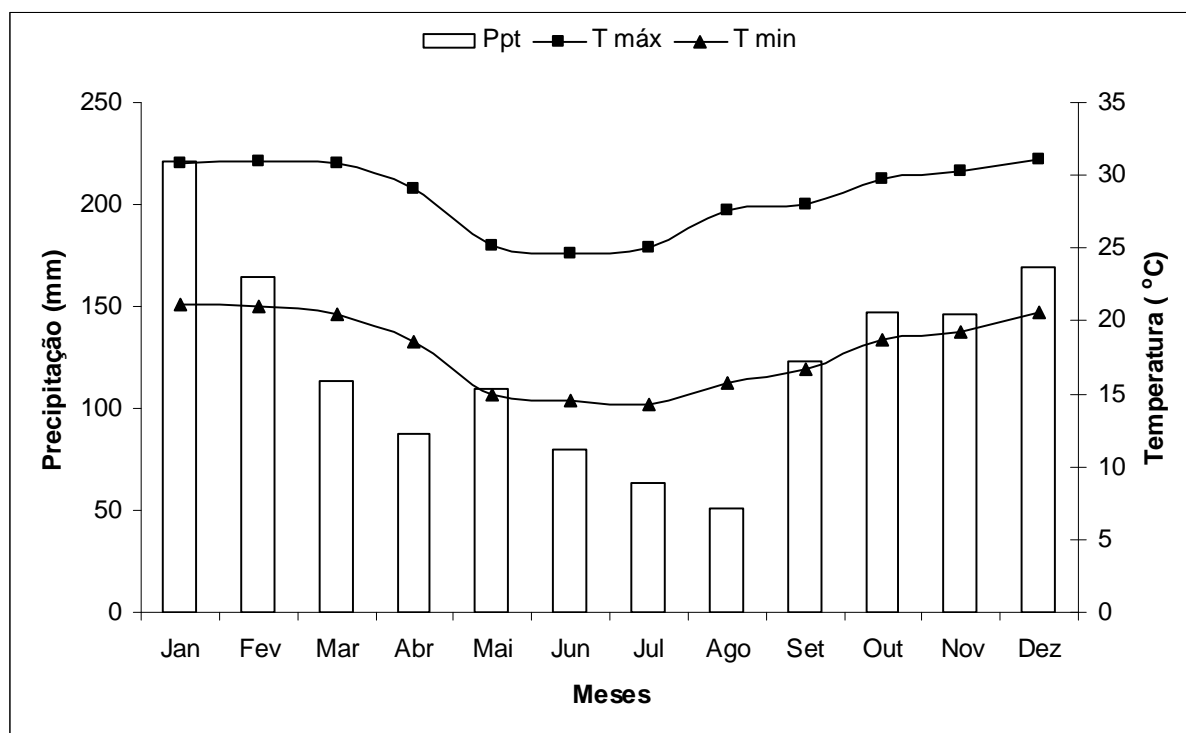
APÊNDICE B – CROQUI DA ÁREA EXPERIMENTAL



ANEXOS

ANEXO A

Precipitação pluvial (Ppt) e temperatura do ar, máxima (T máx) e mínima (T mín), médias mensais do período de 1994 a 2008. Nova Esperança, PR. Fonte: SUDERSHA (Ppt) e IAPAR (temperatura).



Os dados de precipitação foram coletados no município de Nova Esperança a 4 km da área experimental e os dados de temperatura foram coletados a 25 km, a 480 m de altitude e latitude de 23°09' sul.