

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

TECNOLOGIAS PARA PRODUÇÃO DE PORTA-ENXERTOS CÍTRICOS EM
AMBIENTE PROTEGIDO

Paulo de Tarso Lima Teixeira
Engenheiro Agrônomo/UNICRUZ
MSc. em Ciências/UFSC

Tese apresentada como um dos requisitos
à obtenção do Grau de Doutor em Fitotecnia
Área de Concentração/Horticultura

Porto Alegre (RS), Brasil
Dezembro de 2008

Dedico:

A minha mãe, Gelsa A. Lima Teixeira.

AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares, em especial minha mãe, minha irmã e meu sobrinho, pelo carinho, compreensão e disposição de me ajudar nos momentos mais difíceis.

Ao Prof. Dr. Paulo Vitor Dutra de Souza, que soube orientar, estimular e transmitir conhecimento.

Ao professor Dr. Gilmar Schäfer, por toda a dedicação para comigo desde o início até o fim do doutorado, sempre prestativo e amigo, ajudando-me a participar do curso de forma a proporcionar o máximo aprendizado possível.

Aos colegas do PPGFitotecnia, em especial, Precila Zambotto Lopes, Rafael Anzanello e Mônica Spier, e aos bolsistas DHS/UFRGS, Abel Todeschini, Pedro Ferreira Coelho e João Kopp, pela amizade e pelo auxílio na execução deste trabalho

Aos funcionários Ernani Pezzi, Cleusa Padilha Comelli, Idenir José de Conto, do DHS/UFRGS, pela colaboração. E aos funcionários da Estação Experimental Agronômica da UFRGS, sempre presentes na execução dos experimentos, em especial a Arlindo Koller e Adelar, que souberam repartir seus conhecimentos e habilidades viabilizando meu trabalho e adicionando conhecimento em minha experiência profissional.

Aos demais colegas, amigos, professores e funcionários que contribuíram direta ou indiretamente na minha formação pessoal e profissional.

À CAPES, pela concessão da bolsa e pelo auxílio financeiro.

TECNOLOGIAS PARA PRODUÇÃO DE PORTA-ENXERTOS CÍTRICOS EM AMBIENTE PROTEGIDO ¹

Autor: Paulo de Tarso Lima Teixeira
Orientador: Paulo Vitor Dutra de Souza
Co-orientador: Gilmar Schäfer

RESUMO

A formação de mudas cítricas livres de doenças e com certificação de origem deve ser realizada em ambiente protegido com tela à prova de insetos vetores e cultivadas em recipientes com substrato esterilizado. Os objetivos deste trabalho foram: avaliar a influência de técnicas de manejo na germinação e crescimento vegetativo inicial de porta-enxertos cítricos; avaliar a influência da fertilização complementar via água de irrigação no desenvolvimento vegetativo e no conteúdo nutricional de porta-enxertos cítricos; avaliar a evolução das características físicas e químicas dos substratos ao longo do período de cultivo. Para atingir os objetivos desenvolveram-se cinco experimentos: a) desenvolvimento inicial de porta-enxertos cítricos em função da escarificação química de sementes; b) desempenho de porta-enxertos cítricos cultivados em tubetes sob diferentes substratos; c) uso de fertirrigação na produção de porta-enxertos cítricos em ambiente protegido após a repicagem; d) adubação nitrogenada em porta-enxertos de citros após a repicagem; e e) desenvolvimento vegetativo de porta-enxertos cítricos produzidos em diferentes recipientes. Nos experimentos referentes à escarificação química das sementes e diferentes recipientes no desenvolvimento vegetativo inicial foram utilizados os porta-enxertos Trifoliata [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.], citrangeiro FEPAGRO ‘C 37’ [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf. x *Citrus sinensis* (L.) Osbeck.], citrumeleiro ‘Swingle’ [*P. trifoliata* x (L.) Raf. x *C. paradisi* Macf.] e tangerineira ‘Sunki’ (*C. sunki* hort. ex. Tan.). Nos experimentos referentes à fertilização foram utilizados os mesmos porta-enxertos, mais os citrangeiros ‘Troyer’ e FEPAGRO ‘C 13’ e o limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck). A escarificação química acelerou a germinação e o crescimento inicial dos porta-enxertos FEPAGRO ‘C 37’ e ‘Trifoliata’, ao passo que prejudicou a germinação da tangerineira ‘Sunki’ e do citrumeleiro ‘Swingle’. As bandejas de isopor permitem um crescimento mais rápido dos porta-enxertos. Os substratos retêm mais água no decorrer do cultivo, devido à acomodação de suas partículas. As características químicas dos substratos são determinantes para o desenvolvimento adequado dos porta-enxertos, sendo prejudicial a salinidade elevada. O conteúdo e o acúmulo de nutrientes na massa seca dos tecidos variam conforme as interações entre os nutrientes contidos no substrato e os nutrientes aplicados por fertirrigação.

¹ Tese de Doutorado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (141 p.) Dezembro, 2008

TECHNOLOGIES FOR PRODUCTION OF CITRIC ROOTSTOCKS IN PROTECTED ENVIRONMENTS¹

Author: Paulo de Tarso Lima Teixeira
Advisor: Paulo Vitor Dutra de Souza
Co-advisor: Gilmar Schäfer

ABSTRACT

The production of healthy and vigorous nursery trees certification and avoid diseases must be produced in pathogen free substrate under screen-house conditions. The main goals of this research work were: evaluate the influence of management technologies on the germination and initial vegetative growth of citric rootstocks; evaluate the influence of complementar fertilization through irrigation water on the vegetative development and on the nutritional content of citric rootstocks; evaluate the evolution of the physical and chemical characteristics of the substrates through all the cultivation period. In order to reach the objectives, five experiments were developed: a) chemical scarification and initial development of citric rootstocks; b) fertilization of citric rootstocks cultivated in tubes with different substrates; c) use of fertirrigation on the production of citric rootstocks in protected environments; d) nitrogen fertilization in citric rootstocks; and e) initial vegetative development of citric rootstocks produced in different containers. In the experiments of chemical scarification and different containers were tested the citric rootstocks, 'Trifoliata' orange [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.], FEPAGRO 'C 37' citrange [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf. x *Citrus sinensis* (L.) Osbeck.], 'Swingle' citrumelo [*P. trifoliata* x (L.) Raf. x *C. paradisi* Macf.] and 'Sunki' tangerine (*C. sunki* hort. ex. Tan.). In the experiments of fertilization were tested the same rootstocks, more FEPAGRO 'C 13' and 'Troyer' citranges, and more 'Rangpur lime' (*Citrus limonia* Osbeck). Chemical scarification accelerated the germination and the initial growth of rootstocks FEPAGRO 'C 37' citrange and 'Trifoliata', but was harmful to the germination of 'Sunki' tangerine and 'Swingle' citrumelo. The polystyrene trays allowed a faster growth of the rootstocks. Substrates retained more water during cultivation due to the accomodation of their particles. The chemistries characteristics of the substrate are decisive for the appropriate development of the rootstock seedlings, being harmful the high salinity. The content and the nutrient accumulation in the dry matter of the tissues vary according to the interactions between the nutrients of the substrate and those surface applied through fertirrigation.

¹ Doctoral thesis in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (141p.) December, 2008

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 Sementes e semeadura de porta-enxertos cítricos na produção em ambiente protegido.....	5
2.2 Substratos utilizados na produção de mudas cítricas em ambiente protegido.....	9
2.3 Influência do recipiente utilizado na produção de mudas frutíferas em ambiente protegido.....	16
2.4 Fertirrigação na produção de mudas cítricas em ambiente protegido.....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1 Desenvolvimento inicial de porta-enxertos cítricos em função da escarificação química da semente.....	26
3.2 Desempenho de porta-enxertos cítricos cultivados em tubetes sob diferentes substratos.....	28
3.3 Uso de fertirrigação na produção de porta-enxertos cítricos em ambiente protegido após a repicagem.....	32
3.4 Adubação nitrogenada em porta-enxertos de citros após a repicagem.....	34
3.5 Desenvolvimento vegetativo de porta-enxertos cítricos produzidos em diferentes recipientes após a repicagem.....	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
4.1 Desenvolvimento inicial de porta-enxertos cítricos em função da escarificação química da semente.....	39
4.2 Desempenho de porta-enxertos cítricos cultivados em tubetes sob diferentes substratos.....	46
4.2.1 Desenvolvimento vegetativo e acúmulo de massa seca.....	46
4.2.2 Características físicas e químicas do substrato.....	51
4.2.3 Conteúdo nutricional na massa seca da parte aérea.....	58
4.3 Uso de fertirrigação na produção de porta-enxertos cítricos em ambiente protegido após a repicagem.....	70
4.3.1 Desenvolvimento vegetativo e acúmulo de massa seca.....	70
4.3.2 Características físicas e químicas do substrato.....	78
4.3.3 Conteúdo nutricional na massa seca dos tecidos.....	86
4.4 Adubação nitrogenada em porta-enxertos de citros após a repicagem.....	94
4.4.1 Desenvolvimento vegetativo e acúmulo de massa seca.....	94
4.4.2 Conteúdo nutricional na massa seca dos tecidos.....	100
4.5 Desenvolvimento vegetativo de porta-enxertos cítricos produzidos em diferentes recipientes após a repicagem.....	110

5. CONCLUSÕES.....	116
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	118
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	121
8. APÊNDICES.....	126

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Doses de adubo na solução nutritiva (gL^{-1}), conforme os dias após a repicagem, a ser adotado nas parcelas principais dos tratamentos de adubação EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2005.....	33
2. Porcentagem de tubetes com ao menos uma plântula emergida de porta-enxertos cítricos submetidos (CEQ) ou não (SEQ) à escarificação química das sementes antes da semeadura, aos 15, 30 e 45 dias após a semeadura (DAS), EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.....	40
3. Altura da parte aérea (A), diâmetro ao nível no colo (D), área foliar por folha (AFF), área foliar por planta (APF), número de folhas por planta (NFP), massa seca de raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca total (MST), médias dos porta-enxertos <i>Poncirus trifoliata</i> e citrangeiro FEPAGRO 'C 37' submetidos (CEQ) ou não (SEQ) à escarificação química das sementes antes da semeadura, cultivados em substrato, em ambiente protegido, 150 dias após a semeadura. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.....	44
4. Altura (A), diâmetro no nível do colo (D), área foliar por planta (AFP), número de folhas por planta (NFP) e área foliar por folha (AFF), massa seca da raiz (MSR), da parte aérea (MSPA), e total (MST) de porta-enxertos cítricos aos 180 dias após a semeadura, médias de dois substratos e quatro doses de solução nutritiva EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006.....	46
5. Equações de regressão mostrando a resposta de quatro porta-enxertos cítricos cultivados em dois substratos e submetidos a quatro doses de uma solução nutritiva via água de irrigação EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2006.....	49
6. Equações de regressão mostrando a resposta de quatro porta-enxertos cítricos cultivados em dois substratos e submetidos a quatro doses de uma solução nutritiva via água de irrigação EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2006.....	51
7. Altura (A), diâmetro no nível do colo (D), área foliar por planta (AFP), número de folhas por planta (NFP) e área foliar por folha (AFF), massa seca da raiz (MSR), da parte aérea (MSPA), e total (MST) aos 180 dias após a semeadura, médias de quatro porta-enxertos cítricos e quatro doses de solução nutritiva via água de irrigação EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006.....	52
8. Teores e conteúdo de macronutrientes na massa seca da parte aérea total de porta-enxertos cítricos, 180 dias após a semeadura em casa de vegetação, médias de dois substratos e quatro doses de solução nutritiva EEA/UFRGS, Eldorado do	

Sul, 2006.....	58
9. Teores e conteúdo de macronutrientes na massa seca da parte aérea total de porta-enxertos cítricos, 180 dias após a semeadura em casa de vegetação, médias de quatro porta-enxertos e quatro doses de solução nutritiva EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006.....	59
10. Equações de regressão mostrando a resposta de quatro porta-enxertos cítricos cultivados em dois substratos em função da aplicação de quatro doses de solução nutritiva via água de irrigação EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2006.....	62
11. Equações de regressão mostrando a resposta de quatro porta-enxertos cítricos cultivados em dois substratos e submetidos a quatro doses de uma solução nutritiva via água de irrigação EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2006.....	66
12. Características físicas do substrato Turfa F 12 com adubação de base (Lote nº 0001 Amostra: 001S2) antes da repicagem de porta-enxertos cítricos (Laboratório de Substratos do Departamento de Horticultura e Silvicultura /UFRGS).....	79
13. Características físicas do substrato Turfa F 12, 60 dias após a repicagem de porta-enxertos cítricos e fertirrigados com quatro doses de solução nutritiva (Laboratório de Substratos do Departamento de Horticultura e Silvicultura /UFRGS).....	80
14. Características físicas do substrato Turfa F 12, 130 dias após a repicagem de porta-enxertos cítricos e fertirrigados com quatro doses de solução nutritiva (Laboratório de Substratos do Departamento de Horticultura e Silvicultura /UFRGS).....	81
15. Características físicas do substrato Turfa F 12, 215 dias após a repicagem de porta-enxertos cítricos e fertirrigados com quatro doses de solução nutritiva (Laboratório de Substratos do Departamento de Horticultura e Silvicultura /UFRGS).....	82
16. Características físicas do substrato Turfa F 12, 370 dias após a repicagem de porta-enxertos cítricos e fertirrigados com quatro doses de solução nutritiva (Laboratório de Substratos do Departamento de Horticultura e Silvicultura /UFRGS).....	82
17. Características de crescimento, médias de dois recipientes e médias dos porta-enxertos <i>Poncirus trifoliata</i> , citrangeiro FEPAGRO ‘C 37’ e tangerineira ‘Sunki’, 150 dias após a semeadura. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2008.....	112

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Sistema de subirrigação por capilaridade utilizado para fertirrigação de porta-enxertos cítricos EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2005.....	30
2. Variações nas temperaturas decendiais no período de agosto a dezembro de 2007, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Fonte: Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometereologia/Faculdade de Agronomia/UFRGS, 2007.....	42
3. Comprimento da parte aérea, ao longo do tempo, em dias após a semeadura (DAS), médias de dois porta-enxertos e de dois tratamentos para remoção do tegumento, cultivados em substrato e em ambiente protegido. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2008.....	45
4. Características de crescimento vegetativo de porta-enxertos cítricos aos 180 dias após a semeadura, médias de dois substratos em função da aplicação de diferentes doses de uma solução nutritiva via água de irrigação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2006.....	48
5. Acúmulo de massa seca de quatro porta-enxertos cítricos aos 180 dias após a semeadura, médias de dois substratos em função da aplicação de diferentes doses de uma solução nutritiva via água de irrigação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2006.....	50
6. pH e teor total de sais solúveis (TTSS) de dois substratos no início e depois do cultivo de quatro porta-enxertos cítricos (180 dias após a semeadura) fertirrigados com quatro doses de solução nutritiva (0; 0,25; 0,5;e 1,0 g L ⁻¹) em casa de vegetação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006.....	53
7. Características físicas de dois substratos no início e depois do cultivo de quatro porta-enxertos cítricos (180 dias após a semeadura) fertirrigados com quatro doses de solução nutritiva (0; 0,25; 0,5;e 1,0g L ⁻¹) em casa de vegetação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006.....	55
8. Teores de nitrogênio (N) e fósforo (P) na massa seca da parte aérea total de porta-enxertos cítricos aos 180 dias após a semeadura, médias de dois substratos (A e C) e médias de quatro porta-enxertos (B e D), em função da fertirrigação com quatro doses de solução nutritiva. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2006.....	60
9. Conteúdo de nitrogênio (N) e fósforo (P) na massa seca da parte aérea total de porta-enxertos cítricos aos 180 dias após a semeadura, médias de dois substratos	

(A e C) e médias de quatro porta-enxertos (B e D), em função da fertirrigação com quatro doses de solução nutritiva. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2006.....	61
10. Teores de potássio (K) e cálcio (Ca) na massa seca da parte aérea total de porta-enxertos cítricos aos 180 dias após a semeadura, médias de dois substratos (A e C) e médias de quatro porta-enxertos (B e D), em função da fertirrigação com quatro doses de solução nutritiva. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2006.....	63
11. Conteúdo de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na massa seca da parte aérea total de porta-enxertos cítricos aos 180 dias após a semeadura, médias de dois substratos (A, C e E) e médias de quatro porta-enxertos (B, D e F), em função da fertirrigação com quatro doses de solução nutritiva. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2006.....	65
12. Características de desenvolvimento vegetativo de dois porta-enxertos cítricos, 483 dias após a repicagem, cultivados em substrato e em ambiente protegido fertirrigados com diferentes doses de solução nutritiva, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.....	72
13. Massa seca de dois de dois porta-enxertos cítricos, 483 dias após a repicagem, cultivados em substrato e em ambiente protegido fertirrigados com diferentes doses de solução nutritiva EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.....	73
14. Sintomas foliares de deficiência de ferro em <i>Poncirus trifoliata</i> (L.) Raf. cultivado em substrato e em ambiente protegido fertirrigado com solução nutritiva contendo alta quantidade de Ca, aos 165 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2006.....	76
15. Variações das temperaturas decendiais do ar (°C) média, máxima e mínima, no período de novembro de 2005 a março de 2007 na EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. Fonte Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometereologia/Faculdade de Agronomia/UFRGS, 2007.....	78
16. Teores de nitrogênio (N) e fósforo (P) na massa seca, médias dos porta-enxertos cultivados em substrato e fertirrigados com diferentes doses de solução nutritiva, 483 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007..	87
17. Conteúdo de nitrogênio (N) e fósforo (P) na massa seca, médias dos porta-enxertos cultivados em substrato e fertirrigados com diferentes doses de solução nutritiva, 483 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.....	88
18. Teores de potássio (K) na massa seca, médias dos porta-enxertos cultivados em substrato e fertirrigados com diferentes doses de solução nutritiva, 483 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.....	89
19. Conteúdo de potássio (K) na massa seca de porta-enxertos cultivados em substrato e fertirrigados com diferentes doses de solução nutritiva, 483 dias	

	após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.....	90
20.	Teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na massa seca, médias dos porta-enxertos cultivados em substrato e fertirrigados com diferentes doses de solução nutritiva, 483 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.....	91
21.	Conteúdo de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na massa seca, médias dos porta-enxertos cultivados em substrato e fertirrigados com diferentes doses de solução nutritiva, 483 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.....	92
22.	Parâmetros de desenvolvimento vegetativo, médias de dois porta-enxertos cítricos cultivados em recipientes e fertirrigados com diferentes doses de nitrogênio, 200 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.....	95
23.	Massa seca, médias de dois porta-enxertos cítricos cultivados em recipientes e fertirrigados com diferentes doses de nitrogênio, 200 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.....	97
24.	Diâmetro da haste no nível colo ao longo de 200 dias após a repicagem, médias de quatro doses de N (A) e médias de dois porta-enxertos (B) EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.....	99
25.	Variações das temperaturas decendiais durante o cultivo de porta-enxertos cítricos em recipientes e fertirrigados com diferentes doses de Nitrogênio, 200 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. Fonte Departamento de Agrometereologia/Faculdade de Agronomia/UFRGS, 2007.....	100
26.	Teores de nitrogênio (N) e fósforo (P) na massa seca, médias de dois porta-enxertos cultivados em ambiente protegido fertirrigados com diferentes doses de Nitrogênio, 200 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.....	101
27.	Conteúdo de nitrogênio (N) e fósforo (P) na massa seca, médias de dois porta-enxertos cultivados em ambiente protegido e fertirrigados com diferentes doses de Nitrogênio, 200 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.....	102
28.	Teores de potássio (K) na massa seca, médias de dois porta-enxertos cultivados em ambiente protegido fertirrigados com diferentes doses de Nitrogênio, 200 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.....	104
29.	Conteúdo de potássio (K) na massa seca, médias de dois porta-enxertos cultivados em ambiente protegido fertirrigados com diferentes doses de Nitrogênio, 200 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.....	105
30.	Teores cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na massa seca, médias de dois porta-enxertos cultivados em ambiente protegido fertirrigados com diferentes doses	

de Nitrogênio, 200 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.....	106
31. Conteúdo de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na massa seca, médias de dois porta-enxertos cultivados em ambiente protegido fertirrigados com diferentes doses de Nitrogênio, 200 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.....	108
32. A). Limoeiro ‘Cravo’ com amarelecimento das folhas (seta branca) em comparação as plantas com folhas de coloração verde-escuro (seta preta); B). Folhas de limoeiro ‘Cravo’ e citrumeleiro ‘Swingle’ apresentando bordos queimados, sintoma de excesso de sais no substrato (seta vermelha). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.....	110
33. Altura da parte aérea ao longo dos 150 dias após a semeadura (DAS), médias de três porta-enxertos cítricos (A) e médias de dois recipientes (B), semeados em tubetes de 120cm ³ e bandejas com células de 120cm ³ , cultivados em ambiente protegido. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2008.....	111

RELAÇÃO DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

A	Altura
AD	Água disponível
AFD	Água facilmente disponível
AFF	Área foliar por folha
AFP	Área foliar por planta
AR	Água remanescente
AT	Água tamponante
B	Boro
BR	Rodovia Federal
Ca	Cálcio
CE	Condutividade elétrica
CPACT	Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperada
CTC	Capacidade de troca de cátions
Cu	Cobre
CVC	Clorose variegada dos citros
DAR	Dias após a repicagem
DAS	Dias após a semeadura
DPV-SAA	Departamento de Produção Vegetal – Secretaria da Agricultura e Abastecimento
Ds	Densidade seca
Du	Densidade úmida

EA	Espaço de aeração
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Fe	Ferro
FMA	Fungo micorrízicos arbusculares
HCl	Ácido clorídrico
K	Potássio
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
MSF	Massa seca de folha
MSH	Massa seca de haste
MSPA	Massa seca de parte aérea
MSR	Massa seca de raiz
MST	Massa seca total
N	Nitrogênio
NaClO	Hipoclorito de sódio
NaOH	Hidróxido de sódio
NF	Número de folhas
P	Fósforo
pH	Potencial hidrogeniônico
PT	Porosidade total
PTEUP	Percentual de tubetes nos quais emergiu apenas uma plântula
PVC	Poli (cloreto vinila)
S	Enxofre
TTSS	Teor total de sais solúveis
UFRGS	Universidade Federal do Rio do Grande do Sul
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

1 INTRODUÇÃO

No planejamento de um pomar de citros, deve-se atentar para um investimento com retorno a longo prazo, pois o potencial máximo de produção de uma árvore de citros, se expressa após seis a oito anos do plantio e o tempo de vida útil do pomar pode ser de até 20 anos, em função do manejo da cultura (Cabrera, 2004). Assim, a qualidade das mudas torna-se um ponto crucial para o sucesso do empreendimento, sendo que as características mais importantes das mudas cítricas são a origem da variedade-copa e do porta-enxerto (qualidade genético-sanitária), qualidade do sistema radicial, sistema de produção e legislação vigente (Souza & Schäfer, 2006).

Atualmente, a citricultura nacional vem apresentando vários problemas de ordem fitossanitária, muitas vezes relacionados à qualidade da muda, os quais afetam a produtividade e longevidade dos pomares. Dentre esses problemas, incluem-se a gomose (*Phytophthora* sp.), cancro cítrico (*Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*), clorose variegada dos citros - CVC (*Xillela fastidiosa*), declínio dos citros, morte súbita dos citros, 'greening', entre outros. Em muitos casos, mudas portadoras destas moléstias e pragas, ainda que sem sintomas, são livremente comercializadas, constituindo-se numa grande fonte de inóculo.

A muda com fidelidade genética, alto padrão fitotécnico e isenta de patógenos, permite ao citricultor potencializar o nível de resposta à tecnologias empregadas no pomar, auxiliando na posterior redução dos custos do sistema de produção, principalmente pela

redução na aplicação de agrotóxicos, pelo aumento da produtividade e pela boa qualidade dos frutos produzidos (Oliveira *et al.*, 2001).

Em alguns estados brasileiros, a produção de mudas de citros é realizada obrigatoriamente em ambiente protegido. No Rio Grande do Sul, para os viveiros de citros já registrados no DPV:SAA, as mudas de citros comercializadas a partir de 1 de janeiro de 2006, deveriam ser produzidas em ambientes protegidos de insetos vetores de doenças, seguindo uma série de exigências estabelecidas pela Comissão Estadual de Sementes e Mudas (Souza & Schäfer, 2006). No entanto, até o presente momento ainda prepondera a comercialização de mudas produzidas a céu aberto.

Então, há necessidade de modificações no sistema atual de produção de mudas cítricas a céu aberto, passando para o sistema de produção de mudas em ambiente protegido, conforme as exigências atuais, visando à melhoria na qualidade da muda.

No sistema de produção de mudas em ambiente protegido, os porta-enxertos são produzidos em bandejas ou tubetes. Após atingirem 10 a 15 cm de altura são transferidos para vasos (citropotes) ou sacos plásticos, com volume maior, em média 4 a 5 L, onde se desenvolve em duas fases. A primeira estende-se da repicagem até a enxertia, em que o porta-enxerto se desenvolve até o caule atingir o diâmetro de 0,8 cm a uma altura de 10 cm acima da superfície do substrato ponto em que é realizada a borbulhia em “T” invertido. A próxima fase engloba desde a enxertia até a muda pronta, com o desenvolvimento vegetativo do enxerto (Souza & Schäfer, 2006).

Neste novo sistema de produção de mudas, deve-se prestar a atenção ao padrão de qualidade dos substratos e das várias técnicas empregadas durante o processo de produção, para que as mudas atinjam os padrões de qualidade desejados

Quando se considera o custo de produção de mudas cítricas em ambiente protegido, o tempo de formação da muda é muito importante, pois, diminuindo o tempo de permanência da muda no viveiro, aumenta o número de ciclos de produção de mudas

durante a vida útil da estrutura física e aumenta a eficiência da utilização de mão-de-obra, reduzindo os gastos com defensivos agrícolas e fertilizantes por ciclo.

O alto custo das sementes e da estrutura do sistema de produção de mudas em ambiente protegido requer a obtenção de elevadas taxas de germinação e uniformidade de emergência das plântulas, sendo que a variabilidade na germinação acarreta posterior desuniformidade das plantas ao longo do processo de produção de mudas. Então, para a obtenção de porta-enxertos vigorosos, necessita-se utilizar sementes com qualidade genética-sanitária garantida e propiciar condições favoráveis à germinação e ao desenvolvimento das plântulas.

Neste sentido, faz-se necessário testar métodos de remoção do tegumento, que não causem nenhum tipo de dano ao embrião e que proporcionem uniformidade na germinação e na emergência de plântulas, bem como avaliar a influência do tegumento na germinação de sementes das diversas cultivares de porta-enxertos cítricos.

Segundo Cabrera (2004), o custo de produção da muda de laranjeira era de aproximadamente R\$ 2,00 (dois reais) ou U\$ 0,70 (setenta centavos de dólar), sendo que deste custo, 20 % é substrato e 14 % é adubação, totalizando 34 % do custo. Com o uso de substratos adequados e com adubação de base, é possível diminuir o custo com fertilização.

Então, “eficiência” passa a ser uma palavra chave no sistema de produção de mudas cítricas, passando pelo tempo de formação da muda, uniformidade das mudas, desbalanços nutricionais, custos de produção, rentabilidade e qualidade dos pomares implantados a partir de mudas produzidas por diferentes métodos.

Assim, um dos entraves no sistema de produção de mudas em ambiente protegido é a adubação, tanto pela otimização do sistema de produção com o uso da fertirrigação, que alia um sistema moderno de irrigação localizada à adubação, como sua interação com substratos.

Há carência de informação disponível sobre adubação em sistemas de produção de mudas envasadas, havendo muitas questões e dúvidas a respeito dos métodos de adubação (adubos de liberação lenta, fertirrigação, adubação sólida, adubações foliares), demanda nutricional específica para cada tipo de porta-enxerto empregado, diagnóstico de desordens nutricionais, interpretação de resultados de análise química de substratos e manejo quanto ao método de irrigação, capazes de orientar o melhor manejo nutricional e conseqüente melhor aproveitamento dos nutrientes aplicados.

O objetivo geral deste trabalho é adaptar e otimizar protocolos que venham a proporcionar uma redução no período de tempo necessário para a formação de porta-enxertos cítricos, reduzindo o custo e o tempo de produção de mudas cítricas em ambiente protegido.

O presente estudo tem como objetivo avaliar a influência de doses de macronutrientes e diferentes substratos sobre o desenvolvimento vegetativo inicial e conteúdo nutricional na massa seca dos tecidos de porta-enxertos cítricos; e também a evolução das características físicas e químicas dos substratos ao longo do período de produção das mudas cítricas, relacionando-as com o desenvolvimento vegetativo das plantas.

Este trabalho também objetivou avaliar a influência da escarificação de sementes que permitam acelerar a germinação, bem como, de diferentes recipientes no desenvolvimento vegetativo inicial de porta-enxertos em casa de vegetação sob sistema de subirrigação por capilaridade, buscando a diminuição de tempo de formação de mudas cítricas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sementes e semeadura de porta-enxertos cítricos na produção em ambiente protegido

Na propagação de plantas cítricas, utilizam-se as sementes para a produção de porta-enxertos. Uma das características exploradas nos porta-enxertos cítricos é a apomixia, processo pelo qual há a formação de embriões sem que tenha ocorrido fecundação (Frost & Soost, 1968). Neste caso, são produzidos o embrião zigótico e embriões oriundos de divisões mitóticas do nucelo, sem a intervenção de gametas, chamados embriões nucelares ou apomíticos. Estes embriões oriundos a partir da multiplicação de um conjunto de células do saco embrionário ou da nucela apresentam a mesma constituição genética do progenitor feminino, dando origem a uma planta idêntica à planta-mãe (Souza *et al.*, 2002).

O número de embriões existentes em cada semente varia muito entre as espécies de citros e nem sempre é constante nas variedades poliembriônicas, pois o tipo de polinização parece exercer influência sobre a embriogênese e sobre o número de sementes por fruto e nas proporções entre plântulas de origem zigótica e nucelares. Assim, a proporção de plântulas zigóticas e nucelares varia em função do genótipo e das condições ambientais (Souza *et al.*, 2002; Oliveira *et al.* 2003a).

Na produção comercial de mudas de citros, busca-se selecionar os embriões nucelares por serem geneticamente idênticos à planta-mãe e descartar os zigóticos por

comprometer a uniformidade das plantas e, por conseqüência, dos tratos culturais e a produtividade Oliveira *et al.* (2003a).

A obtenção de porta-enxertos vigorosos depende da qualidade das sementes utilizadas, que sofrem interferência do período e das condições de armazenamento, principalmente da temperatura do ambiente e do teor de água na semente (Martins *et al.*, 2007).

As sementes dos gêneros *Citrus* e *Poncirus* são constituídas por dois tegumentos. O interno, chamado de tégmen, é delgado e composto, predominantemente, por substâncias do endosperma e do nucelo. O externo, chamado de testa, é formado pela epiderme da parede do óvulo, sendo mais espesso e lenhoso, havendo presença de lignina em quantidade variável segundo a espécie (Frost & Soost, 1968).

Algumas variedades de porta-enxertos de citros têm apresentado problemas de uniformidade de germinação, possivelmente sendo conseqüência de algum tipo de dormência, devido aos tegumentos que envolvem as sementes, atuando como uma barreira física à embebição de água e difusão de gases, ou ainda, pela presença, no tegumento de algum inibidor de desenvolvimento do embrião (Oliveira *et al.*, 2006 e Oliveira & Scivittaro, 2007).

Cerca de 60% do tempo demandado para produção de uma muda cítrica é gasto com a formação do porta-enxerto, sendo que somente o período de germinação pode durar a 60 dias, dependendo do porta-enxerto e das condições de temperatura e umidade dentro da casa de vegetação (Schäfer, 2004). Essa variabilidade na germinação acarreta uma posterior desuniformidade das plântulas ao longo do cultivo (Souza *et al.*, 2002).

A época de maturação dos frutos de variedades de porta-enxertos cítricos é variável, estendendo-se de março a setembro. O 'Trifoliata' [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf. x *Citrus sinensis* (L.) Osbeck.] possui época de maturação entre os meses de março a maio; já os citrangeiros são colhidos de maio a julho (Souza & Schäfer, 2006). A época mais

recomendada para semeadura destes é no início da primavera, devendo-se utilizar métodos adequados de armazenamento que mantenham a viabilidade das sementes durante este período.

As sementes de 'Trifoliata' e seus híbridos são mais sensíveis ao armazenamento do que as sementes dos demais porta-enxertos utilizados na produção de mudas de citros, como os limoeiros 'Cravo' (*Citrus limonia* (L.) Osbeck) e a tangerineira 'Sunki' (*C. sunki* hort. ex. Tan.). Estes porta-enxertos possuem sementes menos recalcitrantes, com tolerância a baixas umidades das sementes para o armazenamento (Koller *et al.*, 1993). Normalmente, quando armazenados sob condições naturais apresentam uma perda significativa do poder germinativo em poucos dias (Oliveira *et al.*, 2003b). Alguns procedimentos podem auxiliar no armazenamento de sementes, visando aumentar o período de viabilidade das mesmas, como o tratamento físico com água quente, a secagem, o tratamento químico com fungicidas e a redução da temperatura do ambiente de estocagem (Koller *et al.*, 1993). Estes métodos baseiam-se na redução da atividade metabólica da semente e da velocidade de multiplicação dos microrganismos contaminantes.

Devido ao alto custo das sementes e da estrutura do sistema de produção de mudas em ambiente protegido, necessita-se obter altas taxas de germinação e uniformidade do desenvolvimento das plantas. O processo de germinação dos porta-enxertos de citros pode ser considerado lento, e principalmente quando se utiliza o Trifoliata [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] em condições de temperaturas amenas (Oliveira *et al.*, 2006).

O 'Trifoliata' é um porta-enxerto que se destaca pela sua maior tolerância ao frio, capacidade de induzir um menor porte da planta no pomar e qualidade da fruta. Além disso, é resistente à morte súbita dos citros e ao vírus da tristeza, muito embora seja suscetível ao viróide do Exocorte e à clorose de ferro em solos calcários e com pH igual ou superior à neutralidade (Schäfer *et al.*, 2001; Oliveira & Scivittaro, 2007).

O ‘Trifoliata’ tem desenvolvimento mais lento e, portanto, é necessário período mais longo para que as mudas atinjam os padrões mínimos de desenvolvimento no período de tempo estabelecido pela legislação, quando conduzido em recipientes e em ambiente protegido no sul do Brasil. Suas sementes são recalcitrantes, perdendo rapidamente a viabilidade durante o armazenamento, e seu tegumento é mais coriáceo do que o dos demais porta-enxertos de citros, dificultando a embebição e favorecendo a podridão de sementes durante a germinação (Oliveira *et al.*, 2003b; Oliveira *et al.*, 2006).

De acordo com Oliveira *et al.* (2003b), as sementes de ‘Trifoliata’ apresentaram perda da viabilidade após 30 dias de armazenamento em condições de temperatura e umidade não controladas. Os mesmos autores observaram que a realização de um pré-tratamento com a imersão das sementes em água a 52°C por 10 minutos não tem efeito significativo na porcentagem de germinação. Oliveira *et al.* (2003b) também notaram que o armazenamento em câmara fria (temperatura de 4°C e umidade relativa do ar de 70%) é o método mais eficiente na conservação das sementes de ‘Trifoliata’, independentemente do tempo de armazenamento, com uma porcentagem de germinação nove vezes maior do que quando armazenadas em geladeira (temperatura de 8°C e umidade relativa do ar de 60%). Convém salientar que os autores utilizaram sacos de papel manteiga, que permitiam as trocas de umidade da semente com o ambiente para armazenar as sementes.

A temperatura na época de semeadura dos porta-enxertos também é um fator relevante na sua germinação, ocorrendo em uma faixa de temperatura de 12 a 40°C. Já o seu desenvolvimento é otimizado em temperaturas de 26 a 28°C (Oliveira *et al.*, 2001). Os viveiristas pretendem de semear os porta-enxertos durante todo o ano, visando otimizar as instalações do ambiente protegido.

Em trabalho comparando as épocas de semeaduras, o porta-enxerto ‘Trifoliata’ apresentou emergência das plântulas mais rapidamente e maior porcentagem final de germinação quando a semeadura iniciou na primavera, na primeira semana de outubro, em

comparação à semeadura no inverno, na primeira semana de julho (Oliveira & Scivittaro, 2007). Para Rouse (1997), a melhor temperatura para germinação de sementes de 'Trifoliata' é de 25°C, sendo que as temperaturas mínimas e máximas limitantes para as espécies de *Citrus* e *Poncirus* são de 12,8°C e 40°C, respectivamente.

Diversos tratamentos são utilizados sobre o tegumento de sementes com a finalidade de aumentar a taxa de germinação e a uniformidade de emergência das plantas. Processos físicos, como a imersão em água a diferentes temperaturas, calor seco, calor úmido, frio seco ou radiação, são exemplos. Também, há processos químicos com soluções ácidas, enzimas ou solventes orgânicos, e substâncias estimuladoras de germinação, como nitrato de potássio ou reguladores de crescimento. Além destas técnicas, há a remoção manual do tegumento (Oliveira *et al.*, 2006).

Para Oliveira *et al.* (2006), a remoção manual do tegumento e a escarificação química das sementes aumentam a velocidade de emergência e o crescimento inicial de plantas do porta-enxerto Trifoliata. Para Oliveira & Scivittaro (2007), a taxa e velocidade de emergência de plântulas de 'Trifoliata' foi significativamente superior nas sementes em que o tegumento foi removido, embora esta prática exija mão-de-obra treinada para a execução, visando evitar danos aos embriões. A realização de um orifício com estilete na região do endosperma das sementes também favoreceu o processo germinativo. Os autores confirmam com estes resultados a ação do tegumento como inibidor físico do processo de germinação de sementes de 'Trifoliata', mas que o mecanismo envolvido ainda não foi elucidado.

2.2 Substratos utilizados na produção de mudas cítricas em ambiente protegido

No sistema de produção em ambiente protegido, o substrato possibilita o desenvolvimento do sistema radicial, servindo como suporte das plantas, fazendo-se

necessárias a irrigação e fertilizações freqüentes. Para tanto, é de fundamental importância o conhecimento de suas características físicas, químicas e biológicas (Fermino *et al.*, 2000; Röber, 2000; Schmitz *et al.*, 2002).

Existe uma grande variedade de substratos de origem mineral ou orgânica, natural ou sintética, com características diferentes do solo, não existindo um material ou uma mistura de materiais considerada ideal para todas as espécies cultivadas em recipientes (Schmitz *et al.*, 2002). As matérias primas mais utilizadas nos substratos comerciais, são: casca de pinus compostada, turfa, serragem, vermiculita, perlita, carvão moído, fibra de coco, casca de acácia, casca de arroz carbonizada, bagacilho de cana-de-açúcar e húmus (Oliveira *et al.*, 2001; Zanetti *et al.*, 2001a).

As principais características químicas avaliadas em substratos são pH, a capacidade de troca de cátions (CTC), a condutividade elétrica (CE) e/ou teor total de sais solúveis (TTSS) e a concentração de macro e micronutrientes. As características físicas mais importantes são: a densidade de volume, a porosidade total, o espaço de aeração, e a retenção de água a baixas tensões de umidade (Cavins *et al.*, 2000; Jabur & Martins *et al.*, 2002; Schäfer 2004; Bailey *et al.*, 2005a e 2005b; e Fochesato *et al.*, 2006). As características biológicas referem-se à ausência de pragas e moléstias, especialmente nematóides e gomose (*Phytophthora sp.*), bem como sementes ou propágulos de plantas daninhas e a presença de organismos benéficos, como o caso de micorrizas (Oliveira *et al.*, 2001).

Segundo as Normas e Padrões da Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Rio Grande do Sul, os substratos devem estar isentos dos fungos *Armillaria sp.*, *Phytophthora spp.*, *Rhizoctonia solani*, *Rosellinea sp.* e *Sclerotinia sp.* e dos nematóides *Meloidogyne spp.*, *Pratylenchus spp.* e *Tylenchulus semipenetrans*, devendo ser analisado em laboratório credenciado pela Entidade Certificadora e Fiscalizadora do Estado (Rio Grande do Sul, 2004).

O pH refere-se à reação de alcalinidade ou acidez do meio de cultivo e tem influência na disponibilidade de nutrientes e efeitos sobre os processos fisiológicos da planta. Em substratos com predominância de matéria orgânica, a faixa de pH mais indicada é a de 5,0 a 5,8. Quando for à base de mineral, é de 6,0 a 6,5. Em meios com pH abaixo de 5,0 podem aparecer sintomas de deficiência de N, K, Ca, Mg e B, enquanto que com pH acima de 6,5, há os problemas com a disponibilidade de P e micronutrientes (Fe, Mn, Zn, e Cu) (Kämpf, 2000). Bailey *et al.*(2005b) afirma que a faixa indicada de pH para substratos utilizados para cultivos em recipientes esta entre 5,5 a 6,0. Os autores também confirmam que valores de pH acima de 6,0 tendem a diminuir a disponibilidade de P e micronutrientes.

Segundo os critérios adotados pela União das Entidades Alemãs de Pesquisas Agrícolas para substratos, os valores de CTC tidos como referência são maiores que 12 $\text{cmol}_c \text{L}^{-1}$ (Souza & Schäfer, 2006). Este parâmetro reflete a capacidade efetiva de troca de cátions do solo ou substrato. Em outras palavras, é a capacidade do solo em reter cátions próximo ao valor do pH natural.

A condutividade elétrica (CE) é um indicativo da concentração de sais ionizados na solução e a partir da densidade do material e da temperatura do substrato é possível avaliar a concentração salina com base em uma solução de referência de KCl, expressa em teor total de sais solúveis (TTSS) em g de KCl L^{-1} de substrato. A salinidade de um substrato representa a fração de constituintes inorgânicos solúveis em água. Os íons dissolvidos na solução do substrato conduzem corrente elétrica na proporção direta da concentração presente. Assim, através da medida da condutividade elétrica têm-se uma indicação da concentração total de íons dissolvidos no substrato (Souza & Schäfer, 2006). De modo geral, na fase de sementeira deve-se utilizar substratos com valores iguais ou menores que 1,0 g L^{-1} de sais, recomendados para plantas sensíveis ao TTSS e na fase de viveiro,

recomenda-se substratos com níveis de 1,0 a 2,0 g L⁻¹ de TTSS, considerados para plantas tolerantes a salinidade (Souza & Schäfer, 2006).

As propriedades físicas de um substrato são primariamente mais importantes do que as propriedades químicas, já que as primeiras não podem ser facilmente modificadas (Zanetti *et al.*, 2001a). As características físicas de maior importância para determinar o manejo dos substratos são granulometria, densidade, porosidade e capacidade de retenção de água. A definição da granulometria do substrato, ou proporções entre macro e microporosidade e, conseqüentemente, relações entre ar e água, permite sua manipulação, e, portanto, sua melhor adaptação às situações de cultivo, pois possibilita diferentes proporções entre macro e microporosidade e, por conseguinte, diferentes relações entre ar e água (Fermino *et al.*, 2000).

A densidade expressa a relação entre a massa e o volume do substrato e, em geral, a densidade seca é utilizada como parâmetro de avaliação, pois a densidade úmida (com a umidade original do substrato) depende muito do teor de água presente no mesmo. Normalmente os valores de referência de densidade seca para substratos são de 350 a 500 kg m⁻³ (Conover, 1967). No entanto, Schmitz *et al.* (2002) salientou que os valores recomendados por esses autores referem-se a cultivos em vasos plásticos, não havendo maiores inconvenientes para a utilização de substratos com baixos valores de densidade, no cultivo em bandejas multicelulares, pois nessas a baixa densidade não compromete a estabilidade do recipiente e facilita o manuseio, por proporcionar maior leveza. Segundo Kämpf (2000), valores adequados para vasos de até 15 cm de altura, devem ter densidade seca entre 200 a 400 kg m⁻³,

Os conceitos de espaço de aeração e água disponível estão alicerçados na curva de retenção de água. O espaço de aeração é caracterizado como volume de macroporos preenchidos com ar, em condições de saturação hídrica e após livre drenagem. Nas mesmas condições, a água disponível se refere aos microporos preenchidos com água

(entre 10 e 100 cm de coluna de água). O conhecimento da curva de retenção de um determinado substrato permite ao produtor programar o manejo mais adequado da irrigação, na medida em que ele pode determinar a quantidade de água a ser aplicada para uma espécie vegetal específica, cultivada num determinado recipiente (Fermino *et al.*, 2000).

Deve-se ressaltar que, o conhecimento das propriedades físicas dos substratos não deve ser utilizado de maneira isolada para a determinação do manejo de irrigação de porta-enxertos e mudas cítricas em recipientes. A capacidade, altura, formato e material de composição do recipiente também exercem influência na relação ar:água dos substratos (Bailey *et al.*, 2005a; Zanetti *et al.*, 2001b).

Os substratos recomendados para a produção de porta-enxertos cítricos na sementeira devem apresentar granulometria mais fina, quando comparados àqueles recomendados para a produção de mudas (Zanetti *et al.*, 2001a). A granulometria fina é uma importante característica para os substratos recomendados para a produção de porta-enxertos em recipientes do tipo tubete, (0,05 a 0,12 dm³), pois evita a formação de grandes espaços de ar dentro dos mesmos e que dificultariam o melhor desenvolvimento das raízes neste tipo de recipiente de menor volume. Por outro lado, partículas de menor diâmetro são responsáveis pela formação de poros menores (microporos e ultramicroporos), que são ocupados por água. Portanto, os substratos recomendados para a produção de porta-enxertos devem apresentar menor volume de espaço de aeração e maior volume de água disponível, quando comparados àqueles recomendados para mudas.

Um substrato tido como referência deve ter uma relação poro:sólidos equilibrada que propicie trocas gasosas. Assim, este deve conter aproximadamente 15% de sólidos e 85% de poros, (Kämpf, 2000). O volume de substrato ocupado pelo espaço de aeração deve estar numa faixa de 20 a 30 %, segundo DeBoodt & Verdonck (1972).

O somatório da água facilmente disponível e da água tamponante representa o volume de água disponível às plantas. Os valores de referência para estes parâmetros são de 20 a 30 % e próximo a 5 %, respectivamente (DeBoodt & Verdonck, 1972). Já a água remanescente, aquela que não está disponível às plantas, influencia algumas propriedades do substrato, como a condutividade elétrica, capacidade térmica e condutividade hidráulica e seu valor de referência também está na faixa de 20 a 30 % (DeBoodt & Verdonck, 1972).

A ‘capacidade de vaso’ indica o volume máximo de água retido pelo recipiente após a drenagem natural e depende do substrato e da altura do recipiente (Kämpf, 2000). Segundo este conceito, pode-se determinar o conteúdo máximo de água a aplicar em cada irrigação. Substratos que apresentem valores de água disponível abaixo do recomendado apresentam limitações quanto ao suprimento adequado de água de fácil absorção às plantas, sinalizando que as irrigações devem ser curtas e com intervalos menores entre cada rega. O substrato deve reter água suficiente para a planta absorver sem gastar muita energia, mas ao mesmo tempo não deve reter água em demasia para evitar o encharcamento (Schäfer, 2004).

Trabalhando com diferentes substratos para produção de mudas cítricas, Zanetti *et al.* (2001a) observaram uma variação no espaço de aeração de 7 a 14 % para os substratos recomendados para a produção de porta-enxertos e 10 a 40 % para os substratos recomendados para a produção de mudas. E encontraram valores de capacidade de retenção de água da ordem de 59 a 72 % e 28 a 60 % para os substratos utilizados para porta-enxertos e mudas, respectivamente. Foi constatado que os substratos que apresentam menor granulometria apresentam maior capacidade de retenção de água. Porém, nem toda a água retida no substrato está disponível às plantas e a capacidade de retenção hídrica dos substratos foi avaliada como água disponível e água remanescente. Quanto ao volume de água disponível, observaram-se valores muito próximos para porta-enxertos, de 26 a 29 %, e de 7 a 26 % para os substratos recomendados para recipientes maiores. Para água

remanescente, observou-se a variação de 32 a 44 % e 21 a 35 % para os substratos utilizados para porta-enxertos e mudas, respectivamente (Zanetti *et al.*, 2001a).

Devido ao alto custo de produção, o manejo de irrigação em viveiro telado deve objetivar um fornecimento uniforme de água às plantas, evitando alterações bruscas na dotação hídrica dos substratos durante o desenvolvimento da cultura. O criterioso ajuste da quantidade de água aplicada somente é possível ajustando-se as taxas de vazão à capacidade de retenção de água, conhecida com base nas informações da caracterização física dos substratos.

Os substratos disponíveis no mercado hortícola apresentam formulações e características distintas e os valores de referência para suas características físicas encontrados na literatura também diferem, contribuindo dessa forma com diferentes teores de umidade para análise destes parâmetros. Também deve-se considerar que há uma condição ideal para diferentes situações (tipo de planta, clima, recipiente, sistema de produção e sistema de irrigação), permitindo o desenvolvimento da muda em menor intervalo de tempo (Fermino *et al.*, 2000; Schäfer, 2004; Fochesato *et al.*, 2006).

Segundo Oliveira *et al.* (2001), cada substrato exige um manejo diferente, desde a fertilização até a irrigação, em função de propriedades específicas. Por isso, é muito importante usar sempre um mesmo substrato, o qual, obrigatoriamente, tem que apresentar lotes uniformes.

Zanetti *et al.* (2001b) trabalharam com dois substratos à base de fibra de côco, sendo um dos materiais fibroso e outro granulado e fibroso. As mudas cítricas cultivadas no substrato fibroso apresentaram um menor valor de água disponível do que o substrato misto, devido à maior granulometria do primeiro, o que proporciona maior drenagem da água fornecida. Assim, deve-se optar pela utilização de menor lâmina e maior frequência de irrigação para o substrato fibroso e maior lâmina com menor frequência de irrigação para o substrato misto.

2.3 Influência do recipiente utilizado na produção de mudas frutíferas em ambiente protegido

Outras variáveis importantes a serem levadas em consideração são o tamanho e o formato dos recipientes utilizados para formação de mudas frutíferas, pois implicam na quantidade de substrato a ser utilizada, na disponibilidade de nutrientes e água para as plantas, aeração, arquitetura radicial e outras variáveis ligadas à estrutura e mão-de-obra disponível no viveiro (Schäfer, 2004; Bailey *et al.*, 2005a). Os volumes maiores promovem melhor arquitetura do sistema radicial, uma maior drenagem e maior aeração (Gomes *et al.*, 2003 e Bailey *et al.*, 2005a).

Alguns viveiristas têm utilizado bandejas e outros, tubetes, na fase de sementeira em ambiente protegido, ambos mostrando bons resultados. Porém, a utilização de recipientes coletivos, como no caso de bandejas de isopor, permite aos produtores o melhor aproveitamento da área destinada à produção de mudas, além de maior facilidade no manuseio e menor custo, em relação aos recipientes individuais, como os tubetes.

Na fase de sementeira, quando se utiliza recipientes com menor volume, emprega-se o método de irrigação por microaspersão e no caso específico do cultivo de porta-enxertos cítricos em tubetes ou bandejas, o molhamento da parte aérea da planta pode facilitar o estabelecimento de doenças fúngicas e bacterianas que são disseminadas pela água (Schäfer, 2004). O sistema “floating”, sistema que se baseia na subirrigação por capilaridade, pode ser classificado como um sistema de fluxo e refluxo (Rodrigues, 2002). Schäfer (2004) mostrou que este sistema foi eficiente na fase de sementeira para a produção de porta-enxertos cítricos. As plantas produzidas no sistema “floating” apresentaram ganhos de até 64% e 66,7% para altura de plantas e área foliar, respectivamente. Além de melhorias no aspecto fitossanitário das plantas e possibilitar a aplicação de fertilizantes via água de irrigação e, principalmente, uma economia significativa de água.

O uso de bandeja de isopor pode facilitar o processo, dispensando o uso de mesas, facilitando o manejo do sistema. Então, deve-se preferir sistemas de irrigação que impeçam o contato da parte aérea com a água, uniformizando a aplicação e diminuindo as perdas de água.

Alterações no volume e formato do recipiente podem alterar a porosidade total do substrato, que influencia a retenção de água e a aeração, determinando o crescimento diferenciado das plantas. Além disso, o reduzido volume dos recipientes impõe restrições ao desenvolvimento radicial das mudas. Se mantidas por excessivo tempo nos mesmos, apresentarão deformações nas raízes, o que resultará, após o plantio, em diminuição na velocidade de desenvolvimento radicial e da parte aérea das plantas (Leal *et al.*, 2005).

Alguns autores têm observado o efeito de diferentes recipientes no desenvolvimento vegetativo e conteúdo nutricional no processo de produção de mudas frutíferas (Oliveira & Scivittaro, 1993; Schäfer, 2004; Serrano *et al.*, 2004; Leal *et al.*, 2005).

Na propagação de maracujazeiro em bandejas de isopor, as bandejas com 72 células em comparação com bandejas de 128 células, propiciaram maior percentagem de germinação, devido, provavelmente, ao volume de substrato envolvendo a semente em cada célula, o que proporciona melhores condições à germinação e ao desenvolvimento vegetativo, independente do substrato utilizado (Oliveira & Scivittaro, 1993).

Segundo os conceitos de capacidade de vasos, a altura do substrato, ou seja, altura do recipiente é fundamental na determinação de água retida após a irrigação. Quanto maior a altura do recipiente, maior será a capacidade de aeração e menor a capacidade de retenção de água (Schäfer, 2004). Este autor testou o efeito de tubetes com capacidade de 50, 120 e 280 cm³ no desenvolvimento vegetativo de porta-enxertos cítricos, na fase de semeadura até o transplante e, posteriormente, da repicagem até o ponto de enxertia. Os porta-enxertos mostraram um comportamento diferenciado, quanto ao efeito do volume de

recipiente. O limoeiro ‘Cravo’ apresentou um incremento na ordem de 78 % do menor para o maior volume, enquanto para o ‘Trifoliata’ o incremento foi de 37 %. Já o citrangeiro ‘C13’ atingiu maior crescimento, quando cultivado no tubete de 120 cm³. No viveiro, o comportamento dos três porta-enxertos foi similar para o volume de tubete, pois, as diferenças em altura encontradas na fase de sementeira não se mantiveram na fase seguinte e as plantas cultivadas em tubetes de menor volume aceleraram seu crescimento, igualando-se às demais (Schäfer, 2004).

A capacidade, altura, formato e material de composição do recipiente também exercem influência na relação ar:água dos substratos. Em geral, quanto maior a altura do recipiente utilizado, menor a capacidade de água disponível, independente do material utilizado, como consequência da ação da força da gravidade (Bailey *et al.*, 2005a).

Há necessidade de que o desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicial da planta ocorram de forma equilibrada e harmoniosa. Tal equilíbrio é fundamental para minimizar o problema de estresse e suas consequências. Há possibilidade de que, nas diferentes fases de formação das mudas, ocorram fatores desencadeadores do estresse, como poda das raízes, tratos culturais inadequados e limitada capacidade de desenvolvimento do sistema radicial (Baldassari *et al.*, 2003). Plantas com sistema radicial escasso ou, pouco desenvolvido ou ainda, com deformações são afetadas por restrições do seu crescimento radicial em maior profundidade do solo, quando plantadas a campo, e apresentam menor resistência sob condições de estresse hídrico, seja pelo excesso ou deficiência (Baldassari *et al.*, 2003). Nesses casos, há um desequilíbrio entre o sistema radicial e a parte aérea da planta, onde o sistema radicial não tem condições de atender plenamente as exigências da parte aérea.

Os porta-enxertos geralmente são semeados em tubetes de 12 cm de altura, limitando o crescimento das raízes. Quando o sistema radicial pivotante encontra a parte final do tubete, algumas anomalias morfológicas são desencadeadas e, freqüentemente,

observadas nos viveiros (Baldassari *et al.*, 2003), como: (i) entumescimento na região apical, onde, com o passar do tempo, são emitidas várias ramificações do sistema radicial pivotante, sendo que, em alguns casos, quando ocorre maior tempo de permanência do porta-enxerto no interior dos tubetes, observa-se a produção de clorofila nessa região de entumescimento; (ii) quando os porta-enxertos são repicados para sacos plásticos com capacidade para 5 L de substrato, em média, a partir desse momento, o sistema radicial retoma o seu crescimento, concomitantemente ao da parte aérea. Nesta fase, no sistema radicial, verifica-se a presença de subdivisões (raízes secundárias) no ponto de entumescimento da raiz pivotante, formado quando ainda ocupava os tubetes. Essas raízes continuam se desenvolvendo, ficando, portanto, mantidas as subdivisões; (iii) com o desenvolvimento dos porta-enxertos, independente da variedade, a subdivisão do sistema radicial pivotante irá se acentuando na medida em que as raízes forem adquirindo maior diâmetro. O processo de subdivisões ocorrido se mantém nas diversas etapas de desenvolvimento das plantas. No momento do plantio, corta-se o fundo do saco plástico com o objetivo de retirar as raízes enveladas, o que promove, posteriormente, nova subdivisão do sistema radicial pivotante já subdividido, de onde advirão novas subdivisões, quando são plantadas à campo (Baldassari *et al.*, 2003).

O ideal seria que a raiz pivotante das mudas de citros produzidas em recipientes com substrato fosse retilínea e sem divisões, ao menos até a profundidade do saco plástico onde são formadas, após o transplante dos porta-enxertos.

2.4 Fertirrigação na produção de mudas cítricas em ambiente protegido

Após o cultivo em tubetes, os porta-enxertos são repicados para recipientes maiores, o que possibilita um bom desenvolvimento radicial e, conseqüentemente, um bom desenvolvimento das mudas. Em casa de vegetação telada ocorre um grande crescimento das plantas em um curto espaço de tempo e em um espaço reduzido para o

desenvolvimento das raízes (Carvalho & Laranjeira, 1994). Por isso o fornecimento de nutrientes em doses adequadas e balanceadas é fundamental para estimular o crescimento máximo das mesmas.

Segundo Oliveira *et al.* (2001), antes da repicagem dos porta-enxertos para o recipiente definitivo, recomenda-se que seja realizada a análise de fertilidade do substrato, seguida de correção química. Esta é essencial para maximizar o desenvolvimento das plantas. Normalmente, é necessário acrescentar nitrogênio, fósforo e cálcio ao substrato. O fósforo deve ser adicionado antes da semeadura, enquanto que os demais nutrientes podem ser aplicados em cobertura, por meio de formulações de liberação lenta ou, semanalmente, via fertirrigação.

Pesquisas têm mostrado que os nutrientes interferem no crescimento das plantas, mas é necessário estabelecer as doses adequadas, pois os desbalanços nutricionais podem acarretar prejuízos às mudas, alterando sua morfologia. A aplicação de fertilizantes em excesso pode causar a salinização do substrato, sendo este um problema enfrentado com certa frequência na produção de plantas em recipientes, causando necrose de folhas, desidratação, redução do crescimento e até a morte das plantas. Este efeito pode ser explicado pela elevação da pressão osmótica do meio de cultivo, causando danos às raízes e prejudicando a absorção de nutrientes, principalmente daqueles pouco móveis, cujo contato com as raízes ocorre por difusão, com reflexos sobre o desenvolvimento da parte aérea (Bernardi *et al.*, 2000a; e Oliveira *et al.*, 2001).

A partir disso, alguns estudos foram desenvolvidos para quantificar doses adequadas de nutrientes a serem aplicados no desenvolvimento de mudas cítricas em ambiente protegido, (Carvalho, 1994; Carvalho & Souza, 1996; Bernardi *et al.*, 2000a e 2000b; Decarlos Neto *et al.*, 2002; Boaventura *et al.*, 2004; Esposti & Siqueira, *et al.*, 2004; Scivittaro *et al.*, 2004). Existem diversas interpretações de concentrações de nutrientes em análise foliar, para a maioria dos nutrientes, o que pode indicar relações

ótimas de nutrientes nas plantas (Malavolta & Violante Netto, 1989; Bernardi *et al.*, 2000b; Boaventura *et al.*, 2004; Schäfer 2004; e Fochesato, *et al.*, 2006). Fatores como variedade, combinação copa e porta-enxerto, idade e posição das folhas nos ramos e as interações entre os nutrientes podem interferir nos teores foliares dos citros (Malavolta & Violante Netto, 1989).

As interações entre os nutrientes em plantas cítricas afetam os teores foliares de nutrientes. Altos níveis de nitrogênio resultam em altos teores de nitrogênio no substrato e baixos de potássio nas folhas, porém o aumento dos níveis de potássio resulta em aumento dos teores foliares deste elemento, mas não interfere nos teores de nitrogênio. Os teores de fósforo nas folhas dependem do suprimento deste e também do suprimento de nitrogênio, pois estes dois elementos estão inversamente relacionados e o nitrogênio tem efeito pronunciado sobre o fósforo. O potássio e o cálcio competem fortemente pelos mesmos sítios de absorção e o excesso de um leva à redução na absorção do outro. Esta competição também ocorre entre potássio e magnésio, porém em menor intensidade (Bernardi *et al.*, 2000b).

Como o objetivo do sistema de produção de mudas em ambiente protegido é a obtenção de mudas saudáveis e vigorosas, em um menor intervalo de tempo, e com menores custos, estas interações passam a ser fundamentais, já que neste sistema são requeridas fertilizações adicionais para promover o rápido desenvolvimento das plantas.

Schäfer (2004) realizou um experimento testando quatro concentrações (0, 200, 500 e 1000 mgL⁻¹) de um adubo formulado a partir das relações adequadas de nutrientes relatadas em quadros de análise foliar, sob fertirrigação contínua. Os principais resultados demonstraram um crescimento diferenciado nos porta-enxertos cítricos estudados, aumentando com as doses estudadas, mas os níveis de sais adicionados não foram suficientes, pois as diferenças não foram significativas e os níveis de salinidade encontrados nos substratos sempre foram muito baixos. Também foi encontrado na análise

de nutrientes na massa seca foliar, antagonismo entre a absorção de K e de Ca e Mg. Esses resultados remetem a uma nova demanda de pesquisa, devendo-se aumentar as doses de adubos adicionados via água de irrigação e, concomitantemente, a uma redução da dose de K para com isso aumentar a absorção de Ca e Mg.

A capacidade de absorção de nutrientes por mudas cítricas cultivadas no campo é maior que quando cultivadas em substratos. As doses ideais de nutrientes para o desenvolvimento de mudas produzidas em ambiente protegido podem estar relacionadas à diferença no tamanho dos recipientes e perdas de nutrientes por lixiviação ou volatilização. As perdas de nutrientes são maiores nas plantas produzidas em recipientes e estão associadas ao manejo da irrigação. A perda total de nutrientes por lixiviação é inversamente proporcional ao volume de água perdido por evapotranspiração das mudas, potencializando o acúmulo de sais no substrato (Bernardi *et al.*, 2000a; Boaventura *et al.*, 2004).

Em muitas ocasiões, as adubações são baseadas nas dosagens de nutrientes recomendadas para viveiros a campo, pela falta de recomendações de adubação para produção de mudas em ambiente protegido, na literatura. Assim, faz-se necessário estabelecer as concentrações adequadas de cada nutriente para tornar a produção economicamente viável e maximizar o crescimento das mudas (Bernardi *et al.* 2000a).

Os substratos comerciais utilizados na produção de mudas de citros são ditos aditivados, por possuírem uma adubação de arranque, mas requerem uma adubação complementar via fertirrigação para otimização do desenvolvimento das plantas (Carvalho & Souza, 1996; Oliveira *et al.*, 2001; Esposti & Siqueira *et al.*, 2004).

A formulação dos adubos e a frequência de adubação variam em função da variedade e da composição do substrato. Para uma adubação equilibrada, recomenda-se o monitoramento do estado nutricional das plantas por meio de análise foliar e do substrato antes da distribuição nos recipientes, procedendo-se as correções, via água de irrigação, de

acordo com a necessidade de nutrientes e da fase de desenvolvimento das mudas (Oliveira *et al.*, 2001).

Em relação ao nitrogênio, pouco utilizado na composição dos substratos, resultados de pesquisa apresentam respostas positivas no desenvolvimento de porta-enxertos cítricos produzidos em bandejas ou tubetes e em recipientes definitivos (citrovasos) com a utilização de diferentes fontes de nitrogênio, aplicados via água de irrigação ou em cobertura (Carvalho & Souza, 1996; Esposti, *et al.*, 2004; Scivittaro *et al.*, 2004).

O nitrogênio é um dos nutrientes requeridos em maior quantidade pelos porta-enxertos de citros, participando dos principais processos metabólicos da planta (Scivittaro *et al.*, 2004). Porém, existem estudos mostrando que doses elevadas de nitrogênio podem ser prejudiciais ao desenvolvimento radicial de porta-enxertos cítricos (Carvalho & Souza, 1996 e Scivittaro *et al.*, 2004).

Doses elevadas de nitrogênio também alteram a relação entre raízes e parte aérea (Carvalho & Souza, 1996 e Bernardi *et al.* 2000a). O espaço disponível para as raízes nos recipientes é limitado e o sistema radicial não pode acompanhar o crescimento da parte aérea, favorecido pela melhor nutrição dos órgãos onde se realizam atividades metabólicas nas quais, o nitrogênio exerce maior importância, como a fotossíntese (Carvalho & Souza, 1996).

O crescimento das raízes e da parte aérea das plantas cítricas é alternado, as raízes e a parte aérea competem por água, nutrientes, carbono e pelas reservas de nitrogênio. Esta situação é evidenciada após a enxertia, quando se faz o forçamento da borbulha do enxerto e sua brotação de folhas restitui a parte aérea da planta. Nesse momento a variedade-copa tem prioridade e seu crescimento ocorre em detrimento ao crescimento das raízes. O enxerto pode necessitar até três surtos vegetativos de crescimento, mas o ideal é que seja um, sendo que interrupções no crescimento podem atrasar a formação da muda (Araújo & Souza, 1994; Bernardi *et al.*, 2000a).

A irrigação localizada por gotejo, vaso a vaso, é vantajosa para a produção de mudas saudáveis, por evitar a umidade excessiva no tronco, ramos e folhas e a lavagem de defensivos, além de possibilitar a adição de fertilizantes solúveis. Neste sistema, a solução nutritiva é aplicada diretamente na zona ativa das raízes, onde a água está sendo removida, e as perdas por lixiviação são menores. Também convém lembrar a flexibilidade na escolha da época de distribuição de fertilizantes em relação à exigência da cultura baseada nos estágios de desenvolvimento e fisiológico das mesmas e a possibilidade de maior parcelamento das adubações, aumentando a eficiência na utilização dos adubos pelas plantas (Papadopoulos, 1999; Villas Bôas *et al.*, 2002a e 2002b).

As desvantagens desse sistema referem-se ao maior custo e ao encharcamento de alguns recipientes, devido ao consumo diferenciado de água pelas plantas em diferentes fases de desenvolvimento e em função da espécie de porta-enxerto, e pela possibilidade de salinização do substrato, quando o manejo da adubação via água de irrigação não seja adequado, necessitando de monitoramento constante do pH e da condutividade elétrica (CE) e/ou teor total de sais solúveis (TTSS) (Papadopoulos, 1999; Villas Bôas *et al.*, 2002 a).

A fertirrigação pode ser estabelecida em função de uma solução nutritiva levando em consideração a tolerância das espécies a sais. Para plantas ornamentais, Kämpf (2000) cita que existem três grupos de plantas quanto à sensibilidade aos sais: plantas muito sensíveis, cuja adubação não pode exceder ao nível total de 1,0 g de sais por litro de substrato, plantas tolerantes à salinidade, que aceitam concentrações entre 1,0 – 2,0 g de sais por litro de substrato, e plantas muito exigentes em nutrientes, que necessitam de adubos em doses de até 3,0 g de sais por litro de substrato. Para plantas cítricas, essa classificação não foi elaborada ainda.

Atualmente, disponibiliza-se de testes rápidos e simples no monitoramento do status nutricional das plantas cultivadas. O teste PourThru, por exemplo, visa monitorar o

pH e a CE de substratos, medindo-os a partir da coleta de lixiviados no vasos de cultivo (Cavins, *et al.*, 2001). O método consiste em uma irrigação (aguardando por uma hora) e da aplicação de 100 ml de água destilada em cada vaso, coletando-se o lixiviado e, imediatamente, fazendo-se leitura de pH e CE (Cavins, *et al.*, 2001).

Schäfer (2004) avaliou a efetividade do teste 'Pour Thru' no monitoramento do pH e da salinidade de três variedades de porta-enxertos cítricos cultivados em substrato, com plantas sem adubação e plantas fertilizadas por meio de adubação líquida, provocando mudanças de pH e do teor total de sais solúveis (TTSS). O autor comparou os resultados com os obtidos via análise do substrato em laboratório, onde foram realizadas leituras de pH em água (1:2,5), segundo metodologia de Tedesco *et al.* (1995), e de TTSS (teor total de sais solúveis).

A leitura do pH e da CE, pelo método 'Pour Thru', mostrou resultados semelhantes para os diferentes porta-enxertos avaliados, indicando que o mesmo pode ser empregado independentemente do porta-enxerto em cultivo. A possibilidade de uso do método 'Pour Thru' permite rapidez e confiabilidade no monitoramento do pH e salinidade, sem necessidade de destruição de plantas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Cinco experimentos foram conduzidos em casas de vegetação da Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), situada na Rodovia BR 290 (Km 146), em Eldorado do Sul, RS.

3.1 Desenvolvimento inicial de porta-enxertos cítricos em função da escarificação química das sementes

Comparou-se a realização ou não de escarificação química das sementes de quatro porta-enxertos cítricos antes de sua semeadura, sendo eles: o ‘Trifoliata’ [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.]; o citrangeiro FEPAGRO ‘C37’ [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf. x *Citrus sinensis* (L.) Osbeck.]; o citrumeleiro ‘Swingle’ [*P. trifoliata* x (L.) Raf. x *C. paradisi* Macf.]; e a tangerineira ‘Sunki’ (*C. sunki* hort. ex. Tan.).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 4, com três blocos e cada parcela constituída por 20 tubetes.

Foram utilizadas sementes coletadas das plantas cultivadas na coleção de citros da EEA/UFRGS. A metodologia adotada para a extração das sementes é descrita por Souza & Schäfer (2006). Estas sementes permaneceram em geladeira (4 a 6°C) por um período aproximado de cinco meses, dentro de sacos plásticos, com fungicida Captan, até o momento da semeadura. Anteriormente à semeadura, foi retirada uma amostra de 30 sementes para mensurar o comprimento e o diâmetro das sementes.

O tratamento de escarificação química realizado nas sementes constituiu-se da imersão de 50 g de sementes, sob agitação por 45 minutos, em solução contendo 0,5 L de hipoclorito de sódio (NaClO) a 12%, 3 mL de ácido clorídrico (HCl) e 20 g de hidróxido de sódio comercial (NaOH), dissolvidos em 1 L de água, com posterior lavagem em água corrente e remoção do tegumento, esfregando-se as sementes umas sobre as outras, no interior de um tecido umedecido (Oliveira et al., 2006).

A semeadura foi realizada em meados de agosto de 2007, em tubetes cônicos de polietileno preto (volume de 120 cm³), vazados na parte basal, fixados em bancadas metálicas a um metro da superfície. Foram semeadas três sementes por tubete, à profundidade de 1 a 2 cm, conforme o tamanho destas. Aos 60 dias após a semeadura, foi realizado um desbaste nas plântulas, deixando-se apenas uma plântula nos tubetes. Foi utilizado o substrato Plantmax Hortaliças HT (fabricante Eucatex[®] - segundo informações do fabricante, este substrato é composto de cascas processadas e enriquecidas, vermiculita expandida e turfa processada e enriquecida).

As irrigações foram realizadas por um sistema de subirrigação por capilaridade, o qual constituiu da imersão de 60 a 70% do comprimento dos tubetes, a partir da base, em água, por um período de uma hora, duas vezes ao dia. Uma solução nutritiva que continha uma concentração de 2,0 g L⁻¹ e uma relação entre os nutrientes de: N = 1; P = 0,14; K = 0,34; Ca = 1,41; e Mg = 0,13, foi adicionada à água de irrigação a partir dos 60 dias após a semeadura (DAS). Os adubos empregados foram o nitrato de cálcio, o cloreto de cálcio, Fitofos K (40% de P₂O₅ e 20% de K₂O), sulfato de magnésio, uréia e nitrato de potássio, todos fertilizantes totalmente solúveis e utilizados para fertirrigação.

Foram avaliadas a taxa e a velocidade de emergência das sementes, pela determinação do percentual de tubetes nos quais emergiu ao menos uma plântula (PTEUP).

O desenvolvimento vegetativo dos porta-enxertos foi avaliado através de medições do diâmetro do caule no nível do colo, em mm; comprimento da parte aérea, medida do

colo até o ápice da planta, em cm; área foliar por planta (AFP), em cm^2 , e área foliar por folha (AFF), em cm^2 , medida através da passagem das folhas por um medidor de área foliar de marca LI-Cor, modelo LI - 3100; e o número de folhas por planta (NFP). O acúmulo de massa seca das raízes (MSR), da parte aérea (MSPA) e total (raiz + parte aérea - MST) por planta, em g, foi obtido pela secagem em estufa, com temperatura de 65°C , até peso constante. Não foi avaliado o desenvolvimento vegetativo dos porta-enxertos citrumeleiro 'Swingle' e tangerineira 'Sunki' 150 dias após a semeadura, devido à baixa taxa de germinação de suas sementes, quando submetidas à escarificação química para retirada do tegumento, não permitindo a comparação entre as plantas oriundas ou não de sementes escarificadas.

As médias foram submetidas à análise de variância e comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 5 % de significância. Os dados referentes à emergência dos porta-enxertos foram transformados para arc sen raiz quadrada de $x/100$. A análise de regressão polinomial foi utilizada para a variável comprimento da parte aérea dos porta-enxertos medida aos 60, 90, 120 e 150 DAS.

3.2 Desempenho de porta-enxertos cítricos cultivados em tubetes sob diferentes substratos

O experimento foi executado no período de junho a dezembro de 2006. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas $4 \times 4 \times 2$, com três repetições e cada subparcela constituída por 20 tubetes, sendo que na parcela principal foram testadas quatro doses de solução nutritiva (0; 0,25; 0,5; e $1,0 \text{ g L}^{-1}$ de adubo), aplicada via água de irrigação, em sistema de fertirrigação contínua. Nas sub-parcelas foram testados quatro porta-enxertos cítricos: 'Trifoliata' (*Poncirus trifoliata* [L.] Raf.); o citrangeiro 'Troyer' (*P. trifoliata* [L.] Raf. x *Citrus sinensis* [L.] Osbeck.), a tangerineira 'Sunki' (*C. sunki* hort. ex Tan.), e o citrumeleiro

'Swingle' (*P. trifoliata* [L.] Raf. x *C. paradisi* Macf.). Também foram avaliados dois substratos, o substrato Plantmax Hortaliças HT - Comercial 1 - (fabricante Eucatex[®] - composto de cascas processadas e enriquecidas, vermiculita expandida e turfa processada e enriquecida) e com as seguintes características químicas: P, K, S, Zn, Cu, B, Mn extraíveis (mg kg^{-1}) e Al, Ca e Mg trocáveis ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$): 202; 1750; 94; 4,5; 0,2; 0,5; 30; 0,3; 46; e 16, respectivamente, e o substrato Turfa Fértil[®] FG6 - Comercial 2 - (fabricante Florestal S.A.[®] - composto de turfa preta) e com as seguintes características químicas: P, K, S, Zn, Cu, B, Mn extraíveis (mg kg^{-1}) e Al, Ca e Mg trocáveis ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$): 144; 411; 82; 0,5; 0,2; 0,5; 7; 0,2; 69; e 15, respectivamente.

Foram utilizadas sementes armazenadas, coletadas de plantas cultivadas na coleção de citros da EEA/UFRGS e do Centro de Pesquisa em Fruticultura de Taquari (FEPAGRO). A metodologia adotada para a extração das sementes é descrita por Souza & Schäfer (2006). Estas sementes permaneceram em geladeira (4 a 6°C), dentro de sacos plásticos, com fungicida Captan, até o momento da semeadura.

A semeadura foi realizada em tubetes cônicos de polietileno preto (volume de 120 cm^3), vazados na parte basal, fixados em bancadas metálicas a um metro da superfície. Foram colocadas de duas a três sementes por tubete, à profundidade de 1 a 2 cm, conforme o tamanho destas.

As irrigações foram feitas mediante um sistema de subirrigação por capilaridade (Schäfer, 2004). Este constituiu da imersão de 60 a 70 % do comprimento dos tubetes dispostos em suportes sob bandeja metálica, a partir da base, em solução em água, por um período de uma hora, duas vezes ao dia (Figura 1). O sistema era acionado por um timer eletrônico as 9:00 horas e às 17:00 horas

A solução nutritiva com macronutrientes foi elaborada com base nas relações ótimas de nutrientes encontradas nas folhas de plantas cítricas, conforme o apontado na bibliografia (Bernardi *et al.*, 2000b; Olic *et al.*, 2001) e a relação entre os macronutrientes

adicionados na fertirrigação, considerando o valor de N como sendo 1 foi de: P = 0,14; K = 0,34; Ca = 1,41; e Mg = 0,13. Os adubos empregados foram o nitrato de cálcio, o cloreto de cálcio, Fitofos K (40% de P_2O_5 e 20% de K_2O), sulfato de magnésio, uréia e nitrato de potássio, todos fertilizantes totalmente solúveis e utilizados para fertirrigação.



FIGURA 1. A) Sistema de subirrigação por capilaridade utilizado para fertirrigação de porta-enxertos cítricos: B) Temporizadores para acionar o funcionamento do sistema: C) Eletrobombas responsáveis pelo enchimento e retirada da água das bandejas EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2005.

O pH da solução de irrigação foi monitorado no início e no final de cada reposição da solução nutritiva, mantendo-o na faixa de 5,5 a 6,0. A solução nutritiva foi adicionada à água de irrigação quando ao menos 10% das plântulas, de cada cultivar, emergiram. A solução nutritiva foi totalmente trocada a cada 15 dias para diminuir efeitos negativos na planta, resultantes de desbalanços nutricionais.

Foram determinados, aos 180 dias após a semeadura (DAS), os parâmetros de desenvolvimento vegetativo, através de avaliações do diâmetro do caule no nível do colo,

em mm; comprimento da parte aérea, medida do colo até o ápice do caule, em cm; a área foliar por plântula em cm^2 , medida através da passagem das folhas por um medidor de área foliar de marca LI-Cor, modelo LI - 3100; o número de folhas por planta; e a massa seca da raiz, parte aérea e total (raiz + parte aérea), em g, obtida pela secagem em estufa, com temperatura de 65°C , até peso constante.

As características químicas dos substratos, antes do cultivo, foram determinadas no Laboratório de Análises de Solos e Tecidos do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS, segundo metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995), para os teores de macronutrientes e micronutrientes.

Os teores de macronutrientes na parte aérea (folhas + caule) dos porta-enxertos foram determinados no Laboratório de Análises de Solos e Tecidos do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS, segundo metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995). Para o cálculo de acúmulo de nutrientes, foram considerados os dados de produção de massa seca e de concentração de nutrientes na parte aérea.

A caracterização física dos substratos foi realizada no Laboratório de Análises de Substratos do Departamento de Horticultura e Silvicultura, utilizando-se três repetições, segundo metodologia descrita por De Boodt & Verdonck (1972), adotada por Bellé & Kämpf (1994), determinando-se: valor de pH; teor total de sais solúveis (TTSS), segundo metodologia proposta por Röber & Schaller (1985) densidade de volume (seca e úmida). porosidade total (PT); espaço de aeração (EA); água facilmente disponível (AFD); água tamponante (AT); e água remanescente (AR).

As médias foram submetidas à análise de variância e comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância. As variáveis estudadas para os porta-enxertos cítricos em função das diferentes doses de solução nutritiva foram submetidas à análise de regressão polinomial.

3.3 Uso de fertirrigação na produção de porta-enxertos cítricos em ambiente protegido após a repicagem

Este experimento teve início a partir da repicagem dos porta-enxertos para sacos de polietileno pretos de 4 L, em novembro de 2005 e se estendeu até fevereiro de 2007.

Foram utilizados porta-enxertos em casa de vegetação produzidos em tubetes cônicos (volume de 120 cm³), com substrato Plantmax Hortaliças HT. Estes foram padronizados pela altura, em torno de 10 cm, e pelo desenvolvimento radicial completo.

Foram avaliadas quatro concentrações de solução nutritiva em duas cultivares de porta-enxertos cítricos, sob delineamento experimental de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com três blocos, sendo cada parcela constituída por 20 plantas. Neste experimento foi utilizado o substrato comercial Turfa Fértil[®] F12 (fabricante Florestal S.A.[®] – composto de turfa preta).

Na parcela principal, testou-se quatro doses de solução nutritiva (Tabela 1) e os sub-tratamentos foram constituídos por dois porta-enxertos: ‘Trifoliata’ (*Poncirus trifoliata* [L.] Raf.) e citrangeiro FEPAGRO ‘C13’ (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck x *Poncirus trifoliata*). A solução nutritiva adicionada na fertirrigação contínua teve a seguinte relação entre os macronutrientes, considerando o valor de N como 1,0; P = 0,14; K = 0,34 Ca = 1,41; e Mg = 0,13. A aplicação de fertilizantes teve início aos 50 dias após a repicagem (DAR), com o fornecimento de 1/4 da dose até os 90 DAR. A partir desta data, até os 120 DAR, utilizou-se 1/2 da dose total, e a partir dos 120 DAR, passou-se a aplicar a dose total de solução nutritiva (0; 2,0; 4,0; e 8,0 g L⁻¹).

Os adubos empregados foram o nitrato de cálcio, o cloreto de cálcio, Fitofos K (40% de P₂O₅ e 20% de K₂O), sulfato de magnésio, uréia e nitrato de potássio, todos fertilizantes totalmente solúveis e utilizados para fertirrigação. Como fonte de micronutrientes foi aplicada, via pulverização, uma solução comercial completa (S = 11,0

%, B = 3,5 %, Cu = 0,10 %, Fe = 0,20 %, Mn = 1,0 %, Mo = 0,10 % e Zn = 6,0%), a cada 15 dias, em todos os tratamentos.

A irrigação adotada foi o gotejamento com vazão de 4 L h⁻¹, aplicada por um motor de ½ CV em PVC, acionado por “timer” eletrônico. A pressão foi controlada por manômetro, onde o sistema tem um dispensador para eliminar a água que ficar nos canos após a irrigação e uma mangueira de retorno, para homogeneizar a solução nutritiva nos tanques. A quantidade de água, aplicada nas plantas, foi determinada a partir da evapotranspiração calculada. A partir desses resultados foi calculado o volume médio de água a ser fornecido na irrigação. E foi dividida ao longo do dia a fim de evitar perdas de água no sistema, mas nunca ultrapassando a 50 % da capacidade de vaso em cada aplicação (em geral 2 a 4 aplicações diárias). Ainda para contabilizar perdas de água no sistema, foram instalados sistemas de coleta de água em 4 vasos.

TABELA 1. Doses de adubo na solução nutritiva (g L⁻¹), conforme os dias após a repicagem, adotadas na parcela principal dos tratamentos de adubação EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2005.

Dias após a repicagem	Dose 1	Dose 2	Dose 3	Dose 4
	g de adubo L ⁻¹ de solução nutritiva			
0-50	0	0	0	0
51-90	0	0,5	1,0	2,0
91-120	0	1,0	2,0	4,0
121 em diante	0	2,0	4,0	8,0

O vigor das plantas foi avaliado através da determinação do diâmetro da haste ao nível do colo (mm), o comprimento da parte aérea, medida do colo até o ápice (cm), pelo número de folhas por planta (NF); pela área foliar por folha (AFF) e por planta (AF), em cm²; medida através da passagem das folhas por um medidor de área foliar de marca LICor, modelo LI – 3100, em cm²; e pela massa seca da raiz e da parte aérea e total (raiz +

parte aérea), em g, obtida pela secagem em estufa, com temperatura de 65°C, até peso constante.

As características químicas do substrato foram determinadas no Laboratório de Análises de Solos e Tecidos do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS, segundo metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995), para os teores de macronutrientes e micronutrientes.

Os teores de macronutrientes nos tecidos vegetais (folhas, caule e raízes) foram determinados no Laboratório de Análises de Solos e Tecidos do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS, segundo metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995). Para o cálculo do acúmulo de nutrientes, foram considerados os dados de produção de massa seca da raiz, da haste e das folhas e da concentração de nutrientes na parte aérea.

A caracterização física dos substratos foi realizada no Laboratório de Análises Substratos para Plantas do Departamento de Horticultura e Silvicultura, utilizando-se três repetições, segundo metodologia descrita por De Boodt & Verdonck, 1972, adotada por Bellé & Kämpf (1994), determinando-se: valor de pH; teor total de sais solúveis (TTSS), segundo metodologia proposta por Röber & Schaller, 1985; densidade de volume (seca e úmida); porosidade total (PT); espaço de aeração (EA); água facilmente disponível (AFD); água tamponante (AT); e água remanescente (AR).

A análise estatística compreendeu a análise de variância e as médias foram submetidas ao teste de Duncan ao nível de 5% de significância. As variáveis estudadas para os porta-enxertos cítricos em função das diferentes doses de solução nutritiva foram submetidas à análise de regressão polinomial.

3.4 Adubação nitrogenada em porta-enxertos de citros após a repicagem

O experimento foi executado no período de abril até novembro de 2007. Os porta-enxertos utilizados foram produzidos em tubetes cônicos (volume de 120 cm³), com

substrato Plantmax Hortalças HT, mantidos em casa de vegetação. Estes foram padronizados pela altura, em torno de 15 cm, e pelo desenvolvimento radicial completo, e então repicados para citropotes com volume de 4 L. A partir deste momento foi iniciado o experimento.

Neste experimento foram avaliados dois porta-enxertos cítricos, o citrumeleiro ‘Swingle’ (*Poncirus trifoliata* [L.] x *Citrus paradisi* Macf.) e o Limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* (L.) Osbeck), e quatro doses de nitrogênio (0; 2,0; 4,0; e 8,0 g planta⁻¹) sob delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial, com três blocos, totalizando oito tratamentos e cada unidade experimental constituída por cinco plantas.

Foi utilizado um substrato composto de cascas processadas, e enriquecidas com vermiculita expandida, turfa processada e corretivo da acidez, apresentando pH (em água) = 5,8 (+/-0,5), e CE 1,7 mS cm⁻¹(+/-0,3), segundo especificações do fabricante. O mesmo apresentava as seguintes características químicas: P, K, S, Zn, Cu, B, Mn extraíveis (mg kg⁻¹) e Al, Ca e Mg trocáveis (cmol_c kg⁻¹): 385; 2763; 7,3; 7,7; 0,5; 0,8; 19; 0,5; 28; e 19, respectivamente.

A dose total de nitrogênio, correspondente a cada tratamento, foi dividida em 15 aplicações semanais em cobertura, sendo a primeira realizada 40 dias após a repicagem dos porta-enxertos. Nas primeiras três aplicações, foi utilizada 50% da dose total de nitrogênio prevista. O fertilizante foi aplicado na forma de uma solução diluída de uréia em água, com um volume de 50 mL de solução em cada vaso, por aplicação. Adicionalmente, aplicou-se via foliar de forma homogênea para todos os tratamentos, uma solução comercial completa de micronutrientes (S= 11,0 %, B=3,5 %, Cu=0,10 %, Fe = 0,20 %, Mn = 1,0 %, Mo=0,10 % e Zn=6,0%). A pulverização foi feita quinzenalmente.

A irrigação foi feita diariamente, mediante gotejamento, em torno de duas a três vezes ao dia, com duração de cinco a dez minutos cada. Os maiores períodos foram utilizados em condições de alta temperatura (verão) e os menores períodos em baixa

temperatura (inverno) no interior da casa de vegetação. Cada gotejador apresentou uma vazão de 1,65 L h⁻¹. O acionamento do sistema de irrigação pela motobomba (modelo FES2 com potência de 1 CV) foi realizado por um temporizador digital com um controlador de pressão.

Aos 200 dias após a repicagem (DAR), foi avaliado o vigor dos porta-enxertos, determinando-se o diâmetro da haste no nível do colo (D), em mm; o número de folhas por planta (NF); a área foliar por folha (AFF) e por planta (AF), em cm², medida através da passagem das folhas por um medidor de área foliar de marca LI-Cor, modelo LI – 3100, em cm²; a massa seca da raiz, da parte aérea e total (raiz + parte aérea), em g, obtida pela secagem em estufa, com temperatura de 65°C, até peso constante.

As características químicas do substrato, após o cultivo, foram determinadas no Laboratório de Análises de Solos e Tecidos do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS, segundo metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995), para os teores de macronutrientes e micronutrientes.

Os teores de macronutrientes nos tecidos vegetais (folhas, caule e raízes) foram determinados no Laboratório de Análises de Solos e Tecidos do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS, segundo metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995). Para o cálculo do acúmulo de nutrientes, foram considerados os dados de produção de massa seca da raiz, da haste e das folhas e da concentração de nutrientes na parte aérea.

As médias foram submetidas à análise de variância e comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância. As variáveis estudadas para os porta-enxertos cítricos em função das diferentes doses nitrogênio foram submetidas à análise de regressão polinomial, assim como a variável diâmetro do caule no nível no colo medida aos 40, 70, 140, 170 e 200 DAR.

3.5 Desenvolvimento vegetativo de porta-enxertos cítricos produzidos em diferentes recipientes

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, testando-se dois tipos de recipientes na parcela principal e três porta-enxertos na subparcela. Utilizou-se 20 plantas por subparcela e três repetições.

Os recipientes testados foram: bandejas de poliestireno (isopor) contendo 72 células, em formato de troncos de pirâmides invertidas com altura de 120 mm, 50 mm de lado e 9 mm de abertura na parte inferior e com volume útil de 120 cm³; e tubetes cônicos de polietileno preto, com 140 mm de altura, 12 mm de abertura na parte superior, volume de 120 cm³ e com estrias longitudinais internas e eqüidistantes. Ambos os recipientes possuíam aberturas na parte basal de maneira a permitir a drenagem e poda natural das raízes.

Os três porta-enxertos cítricos testados foram: 'Trifoliata' (*Poncirus trifoliata* [L.] Raf.); citrangeiro FEPAGRO 'C 37' (*Poncirus trifoliata* [L.] Raf. x *Citrus sinensis* [L.] Osbeck.) e a tangerineira 'Sunki' (*C. sunki* hort. ex Tan.). Foi utilizado o substrato Plantmax Hortaliças HT - Eucatex[®], que segundo informações no rótulo do produto é composto de cascas processadas e enriquecidas, e com vermiculita expandida, turfa processada, corretivo da acidez, superfosfato simples e nitrato de potássio, apresentando pH (em água) de 5,8 (+/-0,5), densidade de 480 kg m⁻³ e CE 1,5 mS cm⁻¹ (+/-0,3).

Foram utilizadas sementes coletadas de plantas cultivadas na coleção de citros da EEA/UFRGS. A metodologia adotada para a extração destas é a descrita por Souza & Schäfer (2004). Estas sementes permaneceram em geladeira (4 a 6°C), dentro de sacos plásticos, com fungicida Captan, até o momento da semeadura.

A semeadura foi realizada nos tubetes e bandejas, fixados em bancadas metálicas a um metro da superfície. Foram colocadas três sementes por tubete ou célula, à profundidade de 1 a 2 cm, conforme o tamanho destas.

As irrigações foram realizadas por um sistema de subirrigação por capilaridade com a imersão de $2/3$ de seu comprimento, a partir da base dos tubetes e nas bandejas estas permaneciam na superfície, com aproximadamente um cm de sua base imersas na água por um período de uma hora, duas vezes ao dia. Uma solução nutritiva com concentração de $4,0 \text{ g L}^{-1}$ com uma relação entre os nutrientes de $N = 1$; $P = 0,14$; $K = 0,34$; $Ca = 1,41$; e $Mg = 0,13$, foi adicionada quinzenalmente à água de irrigação a partir dos 60 dias após a semeadura (DAS). Os adubos empregados foram o nitrato de cálcio, o cloreto de cálcio, Fitofos K (40% de P_2O_5 e 20% de K_2O), sulfato de magnésio, uréia e nitrato de potássio, todos fertilizantes totalmente solúveis e utilizados para fertirrigação. O pH da água de irrigação foi monitorado a cada reposição quinzenal da solução nutritiva, mantendo-o na faixa de 5,5 a 6,0.

Determinou-se o desenvolvimento vegetativo dos porta-enxertos através das seguintes avaliações: diâmetro do tronco, no nível do colo, em mm; comprimento da parte aérea, medida do colo até o ápice do tronco, em cm; a área foliar por plântula em cm^2 ; área foliar por folha, em cm^2 , medida através da passagem das folhas por um medidor de área foliar de marca LI-Cor, modelo LI - 3100; o número de folhas por planta; massa seca da raiz, da parte aérea e total (raiz + parte aérea), em g, obtido pela secagem em estufa, com temperatura de 65°C , até peso constante.

As médias foram submetidas à análise de variância e comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância. A análise de regressão polinomial foi utilizada para a variável comprimento da parte aérea dos porta-enxertos medida aos 60, 90, 120 e 150 DAS.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Desenvolvimento inicial de porta-enxertos cítricos em função da escarificação química das sementes

Houve interação significativa entre a escarificação química das sementes e os diferentes porta-enxertos, para o parâmetro percentagem de emergência de plântulas (Tabela 2). A escarificação química acelerou a germinação das sementes do citrangeiro FEPAGRO ‘C 37’ e do ‘Trifoliata’. Ao contrário, a tangerineira ‘Sunki’ e o ‘Citrameleiro Swingle’ foram prejudicados pela escarificação química, germinando em menor quantidade e velocidade.

Em ausência de escarificação, o porta-enxerto FEPAGRO ‘C 37’ apresentou uma taxa de germinação pequena nos primeiros 30 DAS, atingindo o valor máximo aos 45 DAS (Tabela 2). Já, com a escarificação, houve uma aceleração significativa na germinação deste porta-enxerto, atingindo um valor próximo da germinação máxima aos 30 DAS, com acréscimo na germinação de apenas 6% após esta data.

As sementes de ‘Trifoliata’, em ausência de escarificação química, ainda não haviam emergido aos 30 DAS, chegando a apenas 43,3% de germinação aos 45 DAS (Tabela 2). Com o tratamento de sementes, à semelhança do ocorrido para o citrangeiro FEPAGRO ‘C 37’, foi possível acelerar e aumentar a taxa de germinação das sementes deste porta-enxerto, que apresentou 38,3%, 56,7% e 60,1% de germinação aos 15, 30 e 45 DAS, respectivamente.

TABELA 2. Porcentagem de tubetes com ao menos uma plântula emergida de diferentes porta-enxertos cítricos submetidos (CEQ) ou não (SEQ) à escarificação química das sementes antes da semeadura, aos 15, 30 e 45 dias após a semeadura (DAS). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.

Tubetes com ao menos uma plântula emergida (%)						
Épocas de avaliação						
	15 DAS		30 DAS		45 DAS	
Porta-enxertos	CEQ	SEQ	CEQ	SEQ	CEQ	SEQ
FEPAGRO	66,8aA ¹	6,7bB	92,0aA	23,8bB	97,8 aA	87,0aA
‘C 37’						
‘Trifoliata’	38,3aB	0,0bC	56,7aB	0,0bC	60,1aB	43,3bC
‘C. Sunki’	1,1bC	24,9aA	11,1bC	56,7aA	11,1bC	73,6aB
‘Swingle’	2,2aC	3,3aBC	11,6bC	20,9aB	15,0bC	51,7aC
C.V. (%)	36,8		23,3		10,9	

¹Médias seguidas por letras diferentes, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna dentro de cada época de avaliação, diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Por outro lado, a escarificação química foi prejudicial à germinação da tangerineira ‘Sunki’, ocorrendo uma redução drástica da emergência das plântulas, com a remoção do tegumento, que não ultrapassou os 11,1% de germinação. Com o tegumento intacto, a germinação final atingiu 73,6% aos 45 DAS (Tabela 2).

O citrumeleiro ‘Swingle’ apresentou baixa taxa de germinação independentemente da escarificação química das sementes, chegando ao máximo de 51,7% de germinação. Neste porta-enxerto, à semelhança do ocorrido para a tangerineira ‘Sunki’, a retirada do tegumento das sementes reduziu sua germinação, que não superou os 15% (Tabela 2).

A baixa taxa de emergência dos porta-enxertos ‘Swingle’ e ‘Sunki’ submetidos a escarificação química resultou em um número de plantas insuficientes, para a avaliação do desenvolvimento vegetativo destes em comparação às plantas de sementes não escarificadas.

Por sua vez, o comprimento médio das sementes de tangerineira ‘Sunki’ foi de 7,33 mm e o diâmetro médio, de 5,25 mm. Já, as sementes de ‘Trifoliata’ tiveram um comprimento médio de 10,65 mm e diâmetro médio de 7,18 mm, valores semelhantes aos apresentados pelo citrangeiro FEPAGRO ‘C 37’ e pelo citrumeleiro ‘Swingle’, com 12,55 mm e 12,00 mm de comprimento e 6,76 mm e 7,05 mm de diâmetro, respectivamente. Por

seu tamanho reduzido e, principalmente, tegumento mais delgado as sementes de tangerineira ‘Sunki’, estes podem ter sofrido dano pela escarificação química, prejudicando sua germinação. Porém, esta explicação não se aplica ao citrumeleiro ‘Swingle’, que também foi prejudicado pela escarificação, mas apresenta sementes de dimensões semelhantes ao ‘C 37’ e ‘Trifoliata’.

A época do ano em que a sementeira é realizada é um fator relevante na germinação de porta-enxertos de citros. Embora a germinação ocorra na faixa de temperatura de 12 °C a 40 °C, o desenvolvimento dos porta-enxertos é otimizado em temperaturas de 26 a 28 °C (Oliveira & Scivittaro, 2007). A implantação do presente estudo ocorreu em meados de agosto de 2007, tendo ocorrido temperaturas médias inferiores a 12 °C no decorrer do período de cultivo dos porta-enxertos (Figura 2), o que deve ter colaborado para a desuniformidade na velocidade de germinação.

Os resultados obtidos em relação à germinação dos porta-enxertos corroboraram com um trabalho realizado com diferentes porta-enxertos em ambiente protegido, onde os citrangeiros FEPAGRO ‘C 13’ e ‘C 37’ alcançaram maior velocidade de germinação, seguidos pelo limoeiro ‘Cravo’ e, por último, o ‘Trifoliata’, que atingiu um nível pouco superior a 70% de germinação (Schäfer, 2004). Para este autor, a temperatura e a cultivar foram os fatores que mais influenciaram na velocidade de germinação dos porta-enxertos cítricos, principalmente quando fatores como umidade são adequados. De acordo com o mesmo autor, as plantas começaram a emergir aproximadamente aos 21 dias após a sementeira (DAS), com um pico aos 48 dias. Verificou que, em geral, aos 48 DAS, aproximadamente 80% das sementes haviam emergido. Em média, os incrementos após essa data não superaram os 4%.

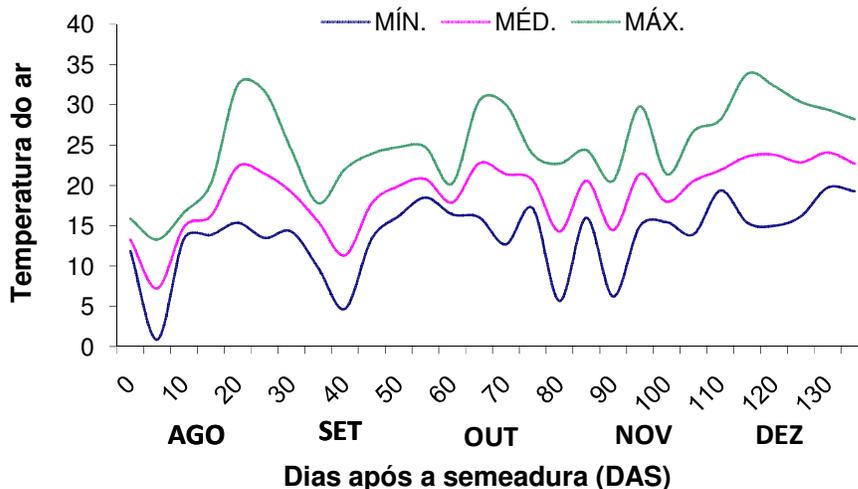


FIGURA 2. Variações nas temperaturas decendiais no período de agosto a dezembro de 2007, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Fonte: Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia/Faculdade de Agronomia/UFRGS, 2007.

Em um trabalho realizado por Oliveira *et al.* (2006), no interior de viveiro telado, usando sementes escarificadas e não escarificadas, semeadas em um período com temperatura média mínima de 20,5 °C e máxima de 30,4 °C, bem mais elevadas do que as do presente experimento, a emergência das plantas de ‘Trifoliata’ foi mais rápida, concentrando-se do 6^o ao 30^o dia após a semeadura e a percentagem final variou de 88,7 a 99,7 %, evidenciando a influência da temperatura na germinação de sementes.

Oliveira *et al.* (2006) também trabalharam com tratamentos químicos para remoção do tegumento, e concluíram que a escarificação com hipoclorito de sódio aumenta a velocidade de emergência do ‘Trifoliata’, o que vem a conciliar com o comportamento apresentado pelos porta-enxertos ‘Trifoliata’ e FEPAGRO ‘C 37’ neste estudo.

As sementes do ‘Trifoliata’ apresentam um comportamento recalcitrante, perdendo rapidamente a viabilidade durante o armazenamento, além de seu tegumento ser coriáceo, o que dificulta a embebição de água ou a difusão de gases, além de favorecer o aparecimento da podridão da semente durante a germinação, principalmente em temperaturas inferiores a 12 °C (Oliveira *et al.*, 2006).

Como o ‘Trifoliata’ é um porta-enxerto que apresenta dormência no período de inverno, mecanismo de defesa das plantas às condições adversas de ambiente, provavelmente suas sementes também têm alguma característica genética associada à defesa, manifestado por sua dormência. Assim, o citrangeiro FEPAGRO ‘C37’ que é oriundo do cruzamento entre *Poncirus trifoliata* e *Citrus sinensis*, pode ter herdado a característica do *P. trifoliata*. Por outro lado, o citrumeleiro ‘Swingle’ também é híbrido do *P. Trifoliata*, mas em cruzamento com *Citrus paradisi*. Neste caso, as sementes provavelmente herdaram mais características do último, pois foram prejudicadas pela escarificação.

Na Tabela 3 constam as características de desenvolvimento vegetativo dos porta-enxertos citrangeiro FEPAGRO ‘C 37’ e ‘Trifoliata’, passados 150 dias da semeadura, oriundos de sementes previamente submetidas ou não à escarificação química. Quanto à altura das plântulas, não houve diferença significativa entre os porta-enxertos. O FEPAGRO ‘C 37’ mostrou-se superior ao ‘Trifoliata’, quanto ao diâmetro ao nível do colo, área foliar por folha e por planta e acúmulo de massa seca da raiz. O ‘Trifoliata’, por sua vez, apresentou maior número de folhas. A massa seca da parte aérea não apresentou diferença significativa entre os porta-enxertos.

A diferença entre os porta-enxertos é comum de ser encontrada, podendo ser atribuída às diferentes características genéticas, que influenciam na capacidade de uso de luz e CO₂, afetando a absorção, o transporte e a interação dos nutrientes dentro da planta (Fochesato *et al.*, 2006). Schäfer (2004), aos 120 DAS, obteve parâmetros de desenvolvimento vegetativo diferenciados para os porta-enxertos ‘Trifoliata’ e citrangeiro FEPAGRO ‘C 37’. O ‘Trifoliata’ apresentou baixo índice de área foliar, devido às características intrínsecas da própria espécie, pois é normal este porta-enxerto apresentar folhas menores quando comparado a outros porta-enxertos cítricos (Schäfer, 2004).

As plantas oriundas de sementes tratadas quimicamente apresentaram-se significativamente superiores em relação às plantas oriundas de sementes com o tegumento intacto, em relação ao diâmetro no nível do colo e acúmulo de massa seca na raiz e total, como consequência de sua germinação antecipada. O diâmetro é um fator importante no desenvolvimento dos porta-enxertos, pois é uma das características que define o momento da enxertia (Oliveira *et al.*, 2001). As variáveis área foliar por folha e por planta, número de folhas por planta e massa seca da parte aérea não diferiram significativamente pela escarificação (Tabela 3).

Resultado semelhante foi observado por Oliveira *et al.* (2006), para as sementes de ‘Trifoliata’ submetidas à escarificação química, que resultaram, aos 65 dias após a semeadura (DAS), em plantas com diâmetro do caule, produção de massa seca das raízes e massa seca total significativamente maiores que as plantas oriundas de sementes com o tegumento intacto ou de sementes onde foi realizada a retirada manual do tegumento.

TABELA 3. Altura da parte aérea (A), diâmetro ao nível no colo (D), área foliar por folha (AFF), área foliar por planta (APF), número de folhas por planta (NFP), massa seca de raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca total (MST), médias dos porta-enxertos *Poncirus trifoliata* e citrangeiro FEPAGRO ‘C 37’ submetidos (CEQ) ou não (SEQ) à escarificação química das sementes antes da semeadura, cultivados em substrato, em ambiente protegido, 150 dias após a semeadura. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.

Porta-enxerto	A (cm)	D (mm)	AFF (cm ²)	APF (cm ²)	NFP	MSR (g)	MSPA (g)	MST (g)
FEPAGRO ‘C 37’	24,80	2,15a ¹	4,68a	46,84a	10,00b	0,22a	0,81	1,03
‘Trifoliata’	27,16	2,10b	2,61b	34,14b	13,00a	0,16b	0,71	0,85
Tratamento de sementes								
CEQ	26,49	2,29a	3,67	42,39	11,94	0,22a	0,69	1,06a
SEQ	25,47	1,95b	3,62	38,55	11,12	0,16b	0,84	0,82b
C.V. (%)	7,7	6,5	1,8	14,3	13,5	10,4	19,0	17,8

¹Médias seguidas por letras diferentes e minúsculas na mesma coluna, diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

O tratamento químico pode acelerar o processo de embebição e, portanto, acelerar o início da germinação. A consequência disso é a obtenção de plantas com maior diâmetro e, maior acúmulo de reservas em um menor período de tempo (Oliveira *et al.*, 2006). Além disso, o hipoclorito de sódio (NaClO), o ácido clorídrico (HCl) e o hidróxido de sódio (NaOH) podem auxiliar, protegendo as sementes contra as podridões.

A altura da parte aérea apresentou crescimento linear ao longo do tempo de cultivo, não apresentando interação entre porta-enxertos e a realização de escarificação química das sementes (Figura 3). Nota-se que os porta-enxertos atingiram os 10 cm de altura aos 90 dias após a semeadura (DAS), altura que já permite a repicagem para recipientes maiores (Oliveira *et al.*, 2001).

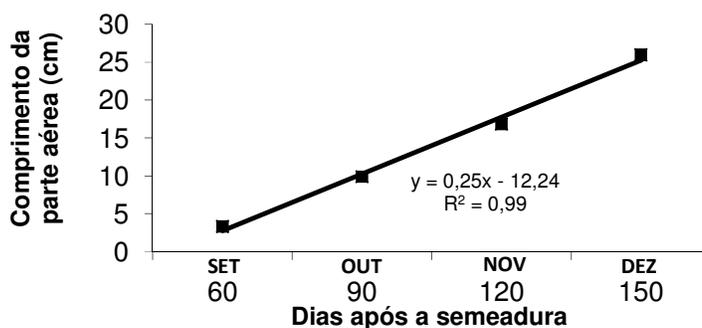


FIGURA 3. Comprimento da parte aérea, ao longo do tempo, em dias após a semeadura (DAS), médias de dois porta-enxertos e de dois tratamentos para remoção do tegumento, cultivados em substrato e em ambiente protegido. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2008.

O método de escarificação química adotado neste experimento é de fácil e rápida execução, além de apresentar baixo custo, quando comparado à remoção manual do tegumento, podendo ser utilizado em grande escala para o porta-enxerto 'Trifoliata' e para as demais espécies de porta-enxertos que venham a apresentar problemas de germinação. No entanto, faz-se necessário testar diferentes concentrações dos componentes da solução utilizada, bem como o tempo de imersão das sementes na solução, com a finalidade de estudar a possível interação entre estes fatores e as diferentes espécies de porta-enxertos.

4.2 Desempenho de porta-enxertos cítricos cultivados em tubetes sob diferentes substratos

4.2.1 Desenvolvimento vegetativo e acúmulo de massa seca

Não houve interação entre os fatores porta-enxerto X substratos e doses de fertilizantes X substratos. O desenvolvimento vegetativo inicial dos porta-enxertos mostrou-se significativamente diferente, independentemente dos substratos e das doses de fertilizantes (Tabela 4).

Aos 180 dias após a semeadura, os porta-enxertos ‘Trifoliata’ e citrumeleiro ‘Swingle’ atingiram alturas próximas a 15 cm, superiores às do citrangeiro ‘Troyer’ e a tangerineira ‘Sunki’, que alcançaram alturas em torno de 10 cm (Tabela 4). O citrumeleiro ‘Swingle’ apresentou o maior diâmetro no nível do colo, seguido pelos porta-enxertos ‘Trifoliata’ e ‘Troyer’ e o menor desenvolvimento em diâmetro foi apresentado pela tangerineira ‘Sunki’ (Tabela 4).

TABELA 4. Altura (A), diâmetro no nível do colo (D), área foliar por planta (AFP), número de folhas por planta (NFP) e área foliar por folha (AFF), massa seca da raiz (MSR), da parte aérea (MSPA), e total (MST) de porta-enxertos cítricos aos 180 dias após a semeadura, médias de dois substratos e quatro doses de solução nutritiva EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006.

Porta-enxertos	A (cm)	D (mm)	NFP	AFP (cm ²)	AFF (cm ²)	MSR (g)	MSPA (g)	MST (g)
C. ‘Swingle’	14,73a ¹	3,30a	11,38a	36,85a	3,22a	0,45a	0,63a	1,10a
‘Trifoliata’	14,86a	2,60b	12,16 ^a	24,10b	2,00c	0,38b	0,44b	0,82b
C. ‘Troyer’	10,31b	2,50b	8,48b	20,46b	2,34bc	0,23 c	0,31c	0,54c
T ‘Sunki’	9,88b	2,24c	12,66a	34,70a	2,67b	0,19c	0,38b	0,58c
C.V. (%)	7,3	7,2	10,9	22,6	19,8	14,2	14,3	13,6

¹Médias seguidas por letras distintas, na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

O número de folhas por planta foi significativamente menor no citrangeiro 'Troyer', em relação aos demais, que não diferiram entre si (Tabela 4). O citrumeleiro 'Swingle' obteve a maior área foliar por planta, não diferindo significativamente da tangerineira 'Sunki' e ambos foram superiores às outras duas cultivares de porta-enxertos para este parâmetro (Tabela 4). O citrumeleiro também apresentou a maior área foliar por folha, seguido pela 'Sunki' e 'Troyer' (Tabela 4). O 'Trifoliata', apesar do número de folhas não diferiu do 'Swingle' e da 'Sunki', apresentou o menor índice de área foliar por folha, devido a características intrínsecas da própria espécie, pois é normal este porta-enxerto apresentar folhas pequenas quando comparado a outros porta-enxertos cítricos (Schäfer, 2004). O citrumeleiro 'Swingle' apresentou as maiores massas secas de raiz e da parte aérea e, conseqüentemente, a maior massa seca total, seguido pelo 'Trifoliata' e depois pelo citrangeiro 'Troyer' e tangerineira 'Sunki' (Tabela 4). Estes dois últimos não apresentaram diferenças significativas entre si, exceto para massa seca da parte aérea.

Os resultados encontrados estão de acordo com os de outros trabalhos sobre produção de porta-enxertos cítricos em ambiente protegido, onde é comum encontrar diferenças entre os porta-enxertos para as variáveis avaliadas. Schäfer (2004) obteve, aos 120 DAS, alturas superiores para o 'Trifoliata' e menores para os citrangeiros 'FEPAGRO 'C 37' e 'C 13'. Já o diâmetro apresentou valores inferiores aos observados neste trabalho. Também foram observadas diferenças em área foliar entre os porta-enxertos estudados, e o 'Trifoliata', que teve o menor índice área foliar, apesar de apresentar o maior número de folhas. Concordando com o autor, observou-se que a altura, o diâmetro e os índices de área foliar tiveram reflexo direto no acúmulo de massa seca dos porta-enxertos.

A aplicação da solução nutritiva proporcionou um efeito linear crescente na altura dos porta-enxertos, não diferindo entre estes (Figura 3A). Quanto ao diâmetro da haste, todos os porta-enxertos tiveram um efeito linear crescente das doses de solução nutritiva (Figura 4B), sendo que o citrumeleiro 'Swingle' atingiu o maior diâmetro (3,67 mm), o

'Trifoliata' e o 'Troyer' obtiveram diâmetros em torno dos 3,0 mm, enquanto a tangerineira 'Sunki' teve o menor diâmetro (2,33 mm).

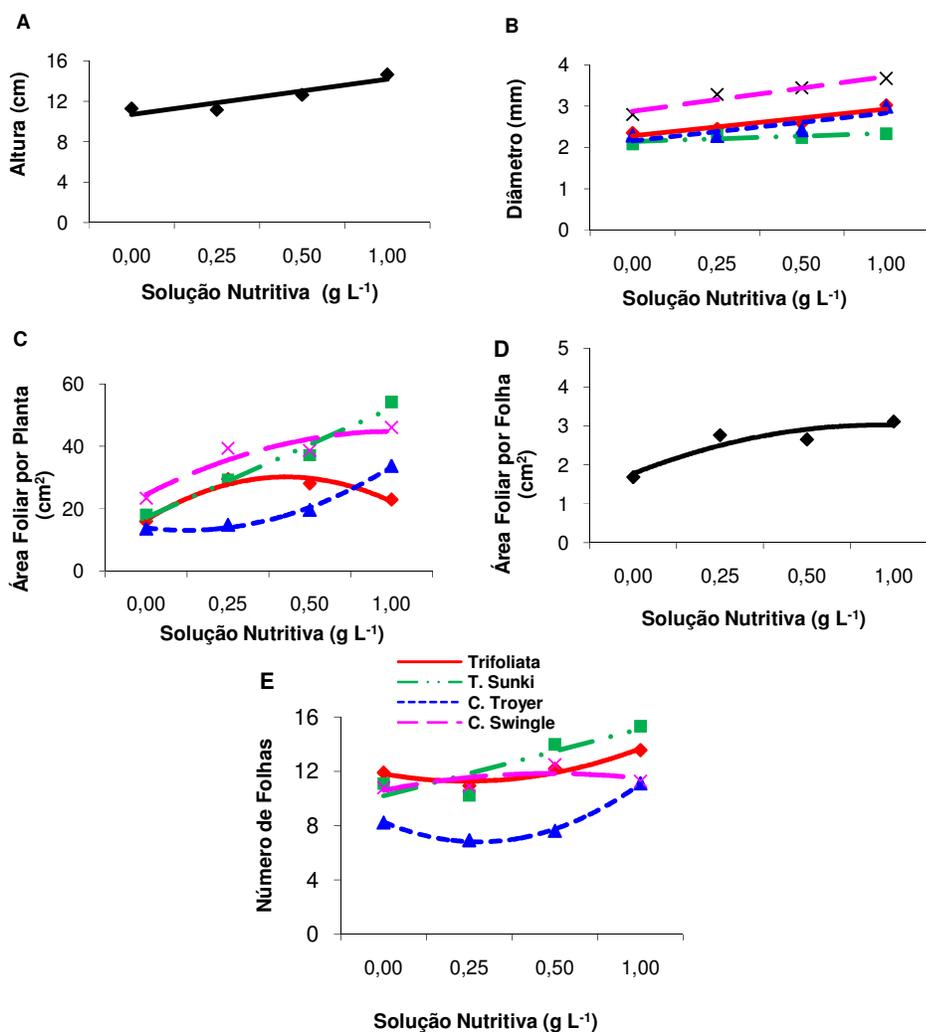


FIGURA 4. Características de crescimento vegetativo de porta-enxertos cítricos aos 180 dias após a semeadura, médias de dois substratos em função da aplicação de diferentes doses de uma solução nutritiva via água de irrigação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2006.

Nas tabelas 5 e 6 estão as equações de regressão polinomial das variáveis apresentadas nas figuras 3 e 4, respectivamente, mostrando o comportamento apresentado por quatro porta-enxertos cítricos cultivados em dois substratos em função da aplicação de quatro doses de fertilizantes.

TABELA 5. Equações de regressão mostrando a resposta de quatro porta-enxertos cítricos cultivados em dois substratos e submetidos a quatro doses de uma solução nutritiva via água de irrigação EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2006.

Variáveis	Porta-enxertos	Equações de Regressão	R ²
(A) Altura		$y=0,004x + 10,89$	0,95
(B) Diâmetro no nível do colo	'Trifoliata'	$y=0,0007x + 2,31$	0,97
	T. 'Sunki'	$y=0,002x + 2,13$	0,45
	C. 'Troyer'	$y=0,0007x + 2,19$	0,89
	C. 'Swingle'	$y=0,0008x + 2,96$	0,84
(C) Área foliar por planta	'Trifoliata'	$y=-0,00002x^2 + 0,05x + 17,85$	0,76
	T. 'Sunki'	$y= 0,04x + 20$	0,99
	C. 'Troyer'	$y=0,00002x^2 + 0,004x + 13,56$	0,99
	C. 'Swingle'	$y=-0,00003x^2 + 0,04x + 25,94$	0,82
(D) Área foliar por folha		$y= -0,000002 x^2 + 0,003x + 2,07$	0,76
(E) Número de folhas	'Trifoliata'	$y=0,00003x^2 - 0,001x + 11,64$	0,84
	T. 'Sunki'	$Y=0,005x + 10,53$	0,98
	C. 'Troyer'	$y=0,00009x^2 - 0,006x + 8,07$	0,98
	C. 'Swingle'	$y=-0,000005x^2 + 0,006x + 10,94$	0,76

Para a área foliar por planta houve interação significativa entre porta-enxertos e doses de solução nutritiva. O 'Trifoliata' e o citrumeleiro 'Swingle' mostraram um comportamento quadrático negativo, saturando a resposta na dose de 0,35 g L⁻¹ e na dose máxima, respectivamente (Figura 4C). O citrangeiro 'Troyer' apresentou um comportamento quadrático positivo com os valores máximos obtidos na dose máxima, e a tangerineira 'Sunki' sofreu um efeito linear crescente da aplicação de fertilizantes (Figura 4C). Já, a área foliar por folha, que não diferiu entre os porta-enxertos, apresentou um efeito quadrático crescente para todas as cultivares de porta-enxertos testadas com uma tendência de estabilização deste parâmetro na dose máxima de fertilizante aplicada (Figura 4D).

Quanto ao número de folhas por planta, o citrumeleiro 'Swingle' mostrou um efeito quadrático crescente até a dose de 0,5 g L⁻¹. O 'Trifoliata' e o citrangeiro 'Troyer' mostraram um efeito quadrático crescente, e apresentaram os maiores valores para estas variáveis na dose 1,0 g L⁻¹. Já a tangerineira 'Sunki' apresentou um comportamento linear crescente. (Figura 4E).

O acúmulo de massa seca na raiz (Figura 5A) e na parte aérea (Figura 5B) também sofreu interação significativa entre porta-enxertos e doses de solução nutritiva, uma vez que a tangerineira ‘Sunki’ e o citrumeleiro ‘Swingle’ apresentaram um efeito quadrático crescente para a massa seca da raiz, e os demais porta-enxertos apresentaram um comportamento linear crescente (Figura 5A). Ao passo que o ‘Trifoliata’ e a ‘Sunki’ apresentaram comportamento linear crescente para a massa seca da parte aérea, e as outras cultivares de porta-enxertos tiveram uma resposta quadrática crescente devido ao aumento da fertilização (Figura 5B). O acúmulo total de massa seca teve um comportamento linear crescente igual entre os porta-enxertos (Figura 5C).

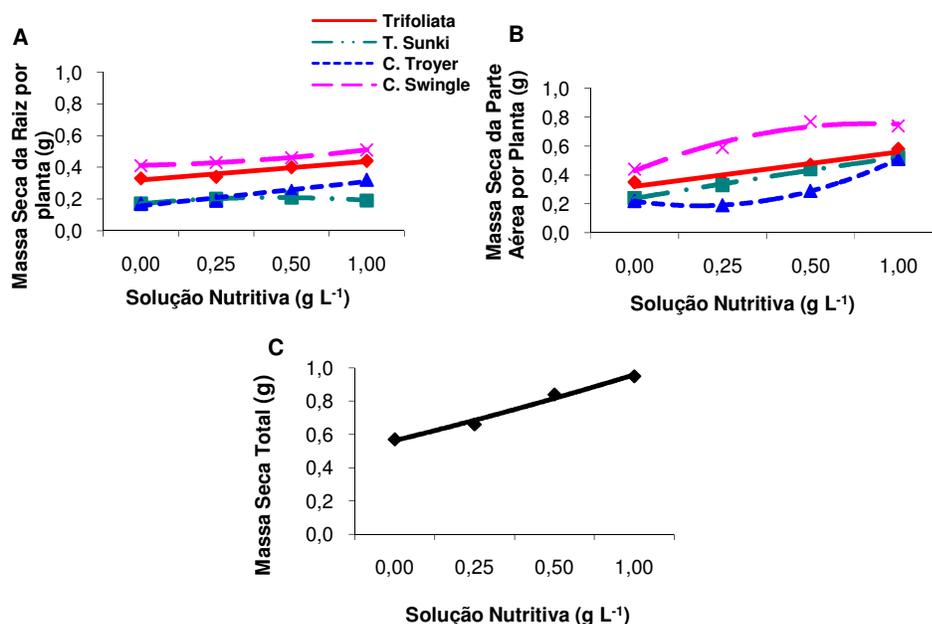


FIGURA 5. Acúmulo de massa seca de quatro porta-enxertos cítricos aos 180 dias após a semeadura, médias de dois substratos em função da aplicação de diferentes doses de uma solução nutritiva via água de irrigação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2006.

TABELA 6. Equações de regressão mostrando a resposta de quatro porta-enxertos cítricos cultivados em dois substratos e submetidos a quatro doses de uma solução nutritiva via água de irrigação EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2006.

Variáveis	Porta-enxertos	Equações de Regressão	R ²
(A) Massa seca da raiz	'Trifoliata'	$y=0,001x + 0,33$	0,94
	T. 'Sunki'	$y=-0,000001x^2 + 0,0001x + 0,19$	0,92
	C. 'Troyer'	$y=0,00016x + 0,16$	0,99
	C. 'Swingle'	$y=-0,0000005x^2 + 0,0006x + 0,35$	1,00
(B) Massa seca da parte aérea	'Trifoliata'	$y=0,00024x + 0,34$	0,97
	T. 'Sunki'	$y=-0,000002x^2 + 0,0005x + 0,24$	1,00
	C. 'Troyer'	$y=0,0000004x^2 - 0,00006x + 0,17$	0,99
	C. 'Swingle'	$y=-0,0000007x^2 + 0,001x + 0,44$	0,99
(C) Massa seca total		$y=-0,0000003x^2 + 0,0007x + 0,07$	0,76

Apesar das interações significativas e das pequenas diferenças estatísticas, pode-se verificar que, com exceção da tangerineira 'Sunki' (na massa seca das raízes) todos os porta-enxertos tiveram aumento de massa seca com crescimento das doses de solução nutritiva.

É comum observar efeitos depressivos de altas doses e/ou maior frequência de aplicações de fertilizantes via água de irrigação na produção de porta-enxertos de citros em casa de vegetação devido às altas concentrações de sais no meio de cultivo e, por conseguinte, a elevação da pressão osmótica causa danos as raízes, prejudicando a absorção de nutrientes e com reflexos na parte aérea dos porta-enxertos (Decarlos Neto *et al.*, 2002; Scivittaro *et al.*, 2004). Estes autores observaram respostas quadráticas para os parâmetros de desenvolvimento vegetativo de porta-enxertos cítricos em relação às doses de fertilizantes aplicadas. No presente estudo esta resposta não foi verificada no âmbito geral, indicando a necessidade de se testar doses maiores de solução nutritiva.

4.2.2 Características físicas e químicas do substrato

Quanto ao substrato, o Comercial 1 propiciou incrementos de 10% na altura final, cerca de 9% no diâmetro e mais de 20% no acúmulo de matéria seca em relação ao comercial 2 (Tabela 7). Já para o índice de área foliar não houve diferença significativa

entre os substratos (Tabela 7). O melhor desempenho do substrato 1 pode ser explicado pela maior concentração de nutrientes apresentada pelo mesmo desde o início e ao longo do cultivo (Figura 5). Mesmo com a diminuição no teor de sais no decorrer do cultivo, este apresentou maiores valores para este parâmetro, independentemente da dose de fertilizante aplicada, durante 180 dias de cultivo (Figura 5).

TABELA 7. Altura (A), diâmetro no nível do colo (D), área foliar por planta (AFP), número de folhas por planta (NFP) e área foliar por folha (AFF), massa seca da raiz (MSR), da parte aérea (MSPA), e total (MST) aos 180 dias após a semeadura, médias de quatro porta-enxertos cítricos e quatro doses de solução nutritiva via água de irrigação EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006.

Tratamento		A (cm)	D (mm)	NFP	AFP (cm ²)	AFF (cm ²)	MSR (g)	MSPA (g)	MST (g)
Substratos	Comercial 1	13,10a ¹	2,78a	11,44	30,13	2,60	0,36a	0,48a	0,84a
	Comercial 2	11,78b	2,54b	10,90	27,93	2,52	0,27b	0,40b	0,67b
C.V. (%)		10,3	6,9	13,5	33,4	26,7	19,8	20,0	19,0

¹Médias seguidas por letras distintas, na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

A diferença nos parâmetros de crescimento vegetativo em função de diferentes substratos na produção de porta-enxertos cítricos é citada por outros autores, como Jabur & Martins (2002), que testaram substratos à base de húmus e vermiculita média, e misturas dos dois materiais em diferentes proporções, para produção de limoeiro ‘Cravo’ e tangerineira ‘Cleópatra’ em tubetes de 50 cm³, sendo que para a massa seca de raiz e da parte aérea, a mistura dos dois materiais na proporção de 1:1, em v:v, proporcionou resultados superiores (0,19 e 0,42 g planta⁻¹, para MSR e MSPA, respectivamente), comparativamente aos materiais puros.

Schäfer (2004) testou dois substratos comerciais e uma mistura de turfa com casca de arroz carbonizada (proporção de 1:1, em v:v), visando a produção de porta-enxertos de citros em casa de vegetação na EEA/UFRGS. Aos 120 DAS os melhores resultados foram

observados no substrato que continha a maior concentração de nutrientes, a exemplo do presente estudo (Schäfer, 2004).

Os valores ideais de pH em substratos orgânicos devem estar na faixa de 5,4 a 6,2 (Bailey *et al.*, 2005b), ou entre 5,2 e 5,5 (Kämpf, 2000). Os dois substratos estudados neste trabalho apresentaram inicialmente valores abaixo destas duas recomendações. Durante o cultivo o substrato Comercial 2 passou a apresentar valores dentro da faixa recomendada por Kämpf (2000) e maiores que o substrato Comercial 1, que apresentou pH ligeiramente abaixo desta recomendação (Figura 6A).

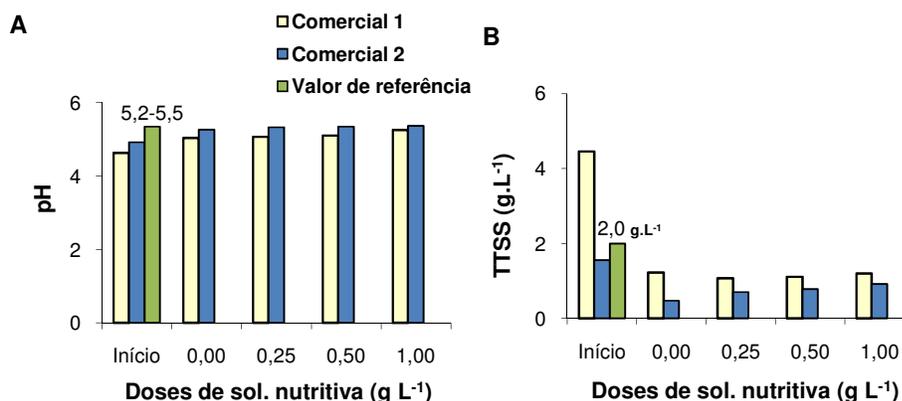


FIGURA 6. pH e teor total de sais solúveis (TTSS) de dois substratos no início e depois do cultivo de quatro porta-enxertos cítricos (180 dias após a semeadura) fertirrigados com quatro doses de solução nutritiva (0; 0,25; 0,5; e 1,0 g L⁻¹) em casa de vegetação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006.

Valores de salinidade do substrato mensurados com base em resultados de pesquisa para plantas ornamentais podem auxiliar na interpretação dos valores para plantas cítricas em recipientes e livres de solo. Na fase de sementeira recomenda-se utilizar substratos com TTSS de no máximo 2,0 g L⁻¹ para evitar problemas de excesso de sais no substrato no decorrer do cultivo (Kämpf, 2000). No momento da semeadura dos porta-enxertos cítricos, o substrato Comercial 2 apresentou um valor adequado, já o substrato Comercial 1 apresentou um valor elevado de sais. No final do cultivo, todos os valores,

independentemente da dose de solução nutritiva e do substrato, mantiveram-se constantes e abaixo do valor máximo de referência, apesar do substrato Comercial 1 ter sempre mantido um valor de TTSS maior que o substrato Comercial 2 (Figura 6B). A queda nos valores de TTSS dá-se possivelmente pela perda de nutrientes por lixiviação e/ou pela absorção de nutrientes pelas plantas e/ou por volatilização, mas no substrato comercial 1 ocorreu o maior desenvolvimento vegetativo dos porta-enxertos, porque a TTSS se manteve mais elevada proporcionando conseqüentemente a maior absorção nutricional pelos porta-enxertos.

Estes resultados corroboram com comportamento do TTSS apresentado por diferentes substratos utilizados para produção de porta-enxerto cítricos (Schäfer, 2004). O teor de sais nos substratos foi maior no início do cultivo, sendo que no final os valores foram mais baixos, devendo ter ocorrido lixiviação dos elementos constituintes e/ou absorção destes pelos porta-enxertos cítricos cultivados. Assim, indicando que apesar da diminuição no decorrer do cultivo, é conveniente a aplicação de maiores doses de fertilizantes via água de irrigação para a manutenção de um teor adequado de nutrientes disponíveis às plantas (Schäfer, 2004).

As principais características físicas dos substratos, antes e depois do cultivo, sob quatro doses de solução nutritiva aplicadas via água de irrigação por capilaridade, estão descritas na Figura 6. O valor médio de referência indicado nos gráficos refere-se às características ideais para um substrato de cultivo (De Boodt & Verdonck, 1972; Verdonck *et al.*, 1981; Kämpf, 2000).

Os valores adequados de densidade seca para recipientes de até 15 cm de altura devem situar-se entre 200 a 400 kg m⁻³. Os substratos Comercial 1 e 2 apresentaram valores dentro desta faixa adequada antes e durante o cultivo (Figura 7A).

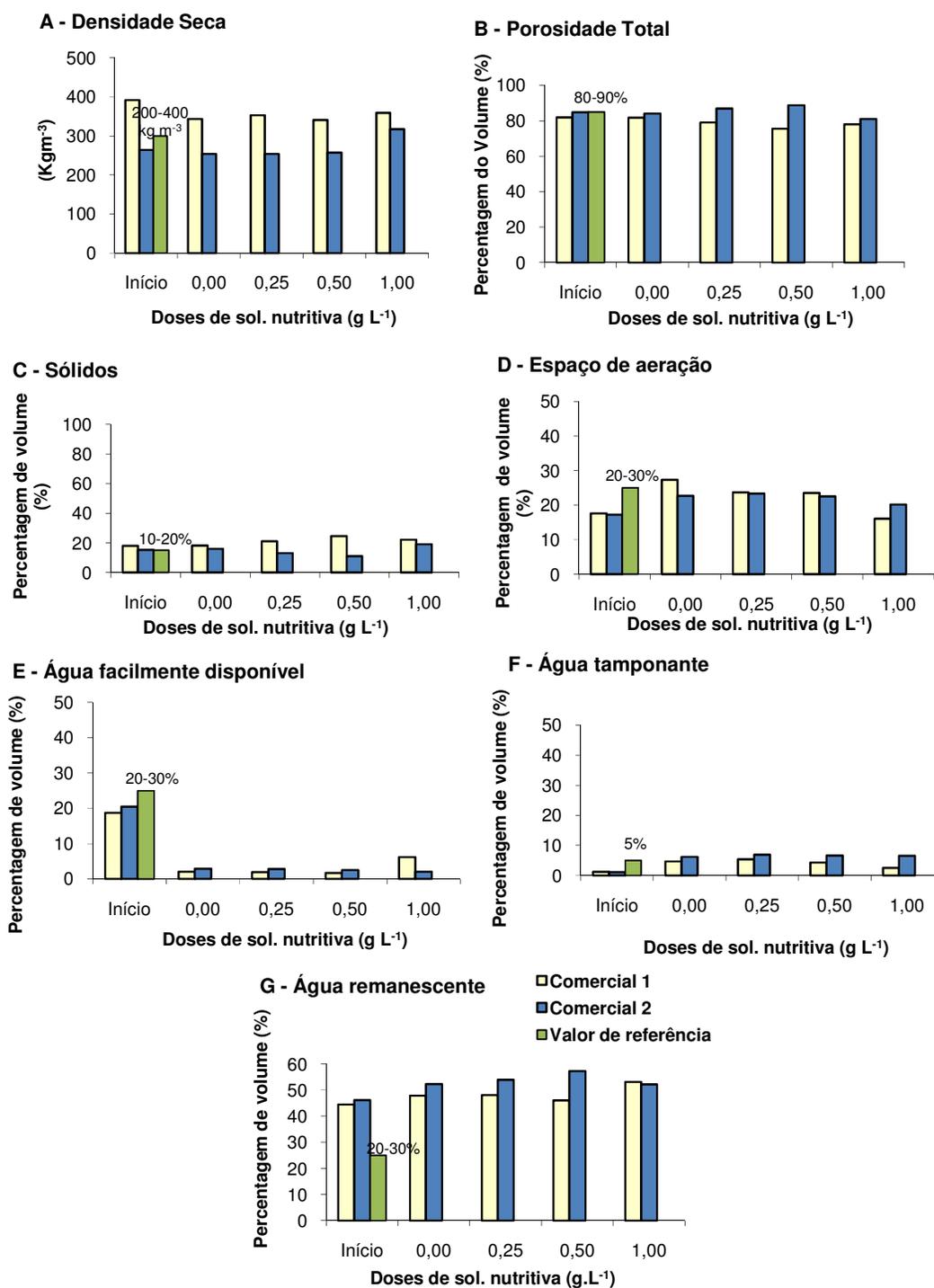


FIGURA 7. Características físicas de dois substratos no início e depois do cultivo de quatro porta-enxertos cítricos (180 dias após a semeadura) fertirrigados com quatro doses de solução nutritiva (0; 0,25; 0,5; e 1,0 g L⁻¹) em casa de vegetação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006.

O substrato deve ter uma relação poros:sólidos equilibrada, para que possam ocorrer trocas gasosas, sendo que a porção ocupada por sólidos deve estar em torno de

15% e o restante ocupado por poros. Antes e depois do cultivo ambos os substratos apresentaram valores de porosidade total (Figura 6B), próximos da faixa considerada ideal (80-90%) (Kämpf, 2000).

Em relação aos sólidos, o substrato Comercial 2 apresentou valores iniciais e finais, independente da aplicação de fertilizantes, muito próximos do valor considerado ideal (Figura 7C). Já o substrato Comercial 1 mostrou um valor antes e depois do cultivo um pouco acima dos 15%, e maior do que 20% quando foram aplicadas diferentes doses de fertilizantes durante o cultivo (Figura 7C).

Os macroporos condicionam o espaço de aeração do substrato, considerando-se ideal o substrato que tenha um espaço de aeração entre 20 a 30% (De Boodt & Verdonck, 1972). Inicialmente, os dois substratos apresentaram um espaço de aeração abaixo do valor ideal (pouco mais de 17%), mas no final do experimento os dois substratos apresentaram espaço de aeração próximo dos 25% (Figura 7D).

A água facilmente disponível somada à água tamponante representam o volume de água disponível às plantas. Um substrato deve reter água suficiente para a absorção pela planta, evitando o excesso de umidade para evitar a saturação. Assim, esta característica tem grande influência na dinâmica das irrigações. Os valores considerados ideais estão na faixa de 20 a 30% (De Boodt & Verdonck, 1972). Na Figura 6E pode-se notar que os valores de água facilmente disponível de ambos os substratos testados encontravam-se próximos do limite inferior do valor de referência no início do cultivo. Estes valores reduziram-se drasticamente no final do cultivo, independentemente do substrato ou do uso de fertirrigação durante o cultivo.

A água tamponante representa a água retida entre as pressões de 50 a 100 hPa na curva de retenção de água e tem seu valor ideal em torno de 5%. No Início do cultivo, os dois substratos apresentaram valores de água tamponante em torno de 1%. Estes valores

sofreram pequena variação ao longo do cultivo, sendo mais notável no substrato Comercial 2, aproximando-se da faixa ideal (Figura 7F).

A água remanescente, umidade que permanece no substrato a tensões maiores que 100 hPa, não está disponível às plantas, mas deve-se ter conhecimento dos seus valores em substratos devido a sua importante influência em outras propriedades, devendo perfazer entre 20 a 30% do volume em água (De Boodt & Verdonck, 1972). Esta característica apresentou valores maiores que o ideal no início do cultivo e seguiu incrementando ao longo do cultivo, principalmente no substrato Comercial 2 (Figura 7G).

Outros autores, trabalhando com diferentes substratos para produção de porta-enxertos cítricos, também encontraram o mesmo comportamento para o volume de água remanescente antes e no final do cultivo (Zanetti *et al.*, 2001a; e Schäfer, 2004).

Este comportamento dos substratos pode ser explicado pelo rearranjo de suas partículas, devido a sua acomodação ou degradação ao longo do cultivo, ocorrendo um aumento do volume de micro e ultramicroporos, diminuindo o tamanho das partículas e aumentando a retenção de água (Schäfer, 2004). Esta provável diminuição das partículas ocorrida no decorrer do cultivo dos porta-enxertos é notada, principalmente, pela significativa redução na água facilmente disponível, associada a um aumento da água tamponante e da água remanescente (Figura 7).

Em termos práticos, este fenômeno ocorrido nos substratos tem reflexos no manejo da irrigação, pois mesmo que o substrato retenha água, esta não está totalmente disponível às plantas. Assim, deve-se optar por irrigações com pequenas lâminas de água e com alta frequência de aplicação, visando evitar o encharcamento do substrato. Já a aplicação de nutrientes via água de irrigação no sistema de capilaridade não mostrou nenhum efeito sobre as características físicas do substrato no decorrer do cultivo.

A aplicação de fertilizantes via água de irrigação no sistema de subirrigação por capilaridade não influencia a dinâmica das características físicas do substratos durante o

cultivo dos porta-enxertos, pois os valores observados para cada substrato oscilam muito pouco em relação às diferentes doses de solução nutritiva (Figura 7).

4.2.3 Conteúdo de nutrientes na massa seca da parte aérea

No que tange aos valores relativos, houve diferença significativa nos teores de nitrogênio, fósforo e cálcio na massa seca da parte aérea total entre os diferentes porta-enxertos cítricos, enquanto os teores de potássio e magnésio não diferiram (Tabela 8). Os teores de nitrogênio encontrados na parte aérea foram semelhantes entre os porta-enxertos ‘Trifoliata’ e ‘Troyer’ e superiores ao do citrumeleiro ‘Swingle’ e à tangerineira ‘Sunki’, que não diferiram entre si. O fósforo apresentou maiores teores na massa seca da parte aérea do porta-enxerto ‘Troyer’, seguido pelo porta-enxerto ‘Sunki’ e ‘Trifoliata’, e com menor teor no citrumeleiro ‘Swingle’ (Tabela 8).

TABELA 8. Teores e conteúdo de macronutrientes na massa seca da parte aérea total de porta-enxertos cítricos, 180 dias após a semeadura em casa de vegetação, médias de dois substratos e quatro doses de solução nutritiva EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006.

Teor de nutrientes (%)					
Porta-enxerto	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
‘Trifoliata’	1,73a ¹	0,10bc	1,40	0,88c	0,24
C. ‘Troyer’	1,70a	0,12a	1,41	1,20b	0,24
T. ‘Sunki’	1,53b	0,11b	1,35	1,39a	0,22
C. ‘Swingle’	1,48b	0,09c	1,36	1,11b	0,23
C.V. (%)	14,6	21,0	9,1	19,9	19,2
Acúmulo de nutrientes (mg planta ⁻¹)					
‘Trifoliata’	3,97c	0,22c	3,07c	2,69c	0,53c
C. ‘Troyer’	2,93c	0,20c	2,61c	2,24c	0,43c
T. ‘Sunki’	6,23b	0,42b	4,60b	4,25b	0,80b
C. ‘Swingle’	9,75a	0,54a	8,45a	6,76a	1,37a
C.V. (%)	42,0	38,4	33,6	37,8	35,1

¹Médias seguidas por letras distintas, na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

A tangerineira ‘Sunki’ apresentou o maior teor de cálcio na parte aérea, seguida pelo citrangeiro ‘Troyer’ e pelo citrumeleiro ‘Swingle’, que apresentaram teores semelhantes entre si e maiores que o ‘Trifoliata’ (Tabela 8).

Ao avaliar-se o conteúdo de nutrientes nos tecidos da parte aérea, verificou-se que este foi maior no citrumeleiro ‘Swingle’, seguido pela tangerineira ‘Sunki’, enquanto o ‘Trifoliata’ e o citrangeiro ‘Troyer’ apresentaram o menor conteúdo e não diferiram entre si (Tabela 8). Esta diferença deve-se à maior formação de biomassa deste porta-enxerto e a área foliar e o número de folhas apresentado pela tangerineira ‘Sunki’ (Tabela 4).

Considerando os diferentes substratos, os teores de nitrogênio e cálcio foram superiores no Comercial 2 e os teores de potássio foram superiores no Comercial 1, enquanto os teores de fósforo foram semelhantes entre os substratos na parte aérea dos porta-enxertos (Tabela 9). Os teores de magnésio na massa seca da parte aérea não variaram em função dos porta-enxertos e nem em função dos substratos.

TABELA 9. Teores e conteúdo de macronutrientes na massa seca da parte aérea total de porta-enxertos cítricos, 180 dias após a semeadura em casa de vegetação, médias de quatro porta-enxertos e quatro doses de solução nutritiva EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006.

Teores de nutrientes (%)					
Substrato	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
Comercial 1	1,53b	0,10	1,41a	0,99b	0,23
Comercial 2	1,69a	0,11	1,34b	1,30a	0,23
C.V. (%)	7,8	4,5	10,0	6,1	9,0
Conteúdo de nutrientes (mg planta ⁻¹)					
Comercial 1	5,97	0,36	5,20a	3,66	0,83
Comercial 2	5,50	0,33	4,16b	4,21	0,73
C.V. (%)	16,0	17,3	16,3	15,4	18,9

¹Médias seguidas por letras distintas, na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

A resposta em conteúdo de nutrientes nos tecidos em função dos substratos foi diferenciada apenas em relação aos valores relativos de K, onde o substrato Comercial 1 propiciou maior conteúdo de K do que o Comercial 2 (Tabela 9).

Os teores de N na parte aérea das plantas apresentaram um efeito quadrático crescente para os porta-enxertos ‘Trifoliata’ e ‘Swingle’, saturando em diferentes doses, enquanto ‘Troyer’ e ‘Sunki’ apresentaram um efeito linear crescente, assim como o efeito proporcionado pelos dois substratos (Figuras 8A). O teor de N nos tecidos incrementou linearmente nos dois substratos, sendo que a inclinação da reta foi maior no substrato Comercial 2 (Figura 8B). Os teores de P na massa seca da parte aérea foram semelhantes entre os porta-enxertos, mostrando-se um efeito quadrático decrescente até as doses intermediárias, voltando a subir na dose de 1,0 g L⁻¹ (Figura 8C). Uma curva semelhante foi encontrada para os teores de P na massa seca da parte aérea nos dois substratos, porém existindo diferenças entre os mesmos, onde no Comercial 2 encontrou-se redução nas doses intermediárias e, no Comercial 1 houve redução até a dose de 0,25 g L⁻¹ e a partir da mesma se estabilizou (Figura 8D).

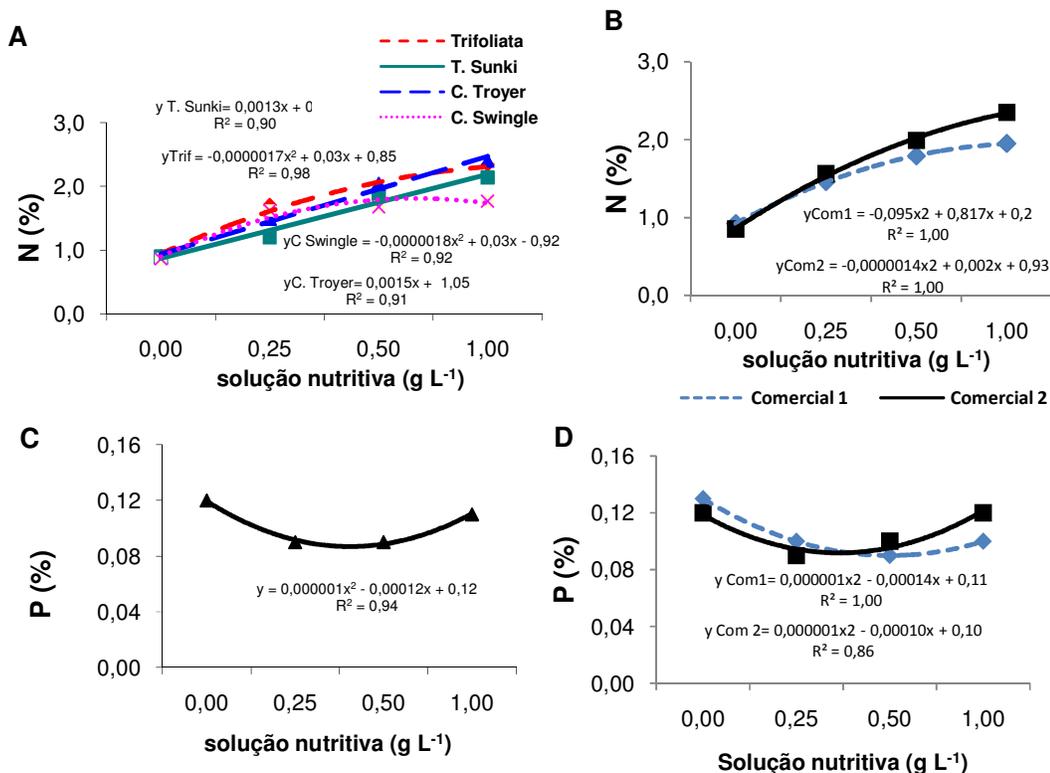


FIGURA 8. Teores de nitrogênio (N) e fósforo (P) na massa seca da parte aérea total de porta-enxertos cítricos aos 180 dias após a semeadura, médias de dois substratos (A e C) e médias de quatro porta-enxertos (B e D), em função da fertirrigação com quatro doses de solução nutritiva. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2006.

Levando-se em consideração o conteúdo de N dos porta-enxertos (Figura 9A), o citrumeleiro ‘Swingle’ apresentou um comportamento quadrático crescente até a dose de $0,50 \text{ g L}^{-1}$, a partir do qual estabilizou. A tangerineira ‘Sunki’ mostrou um efeito crescente, e mostra uma curva com inclinação superior à de comportamento também quadrático do ‘Trifoliata’ e linear do ‘Troyer’ (Figura 9A).

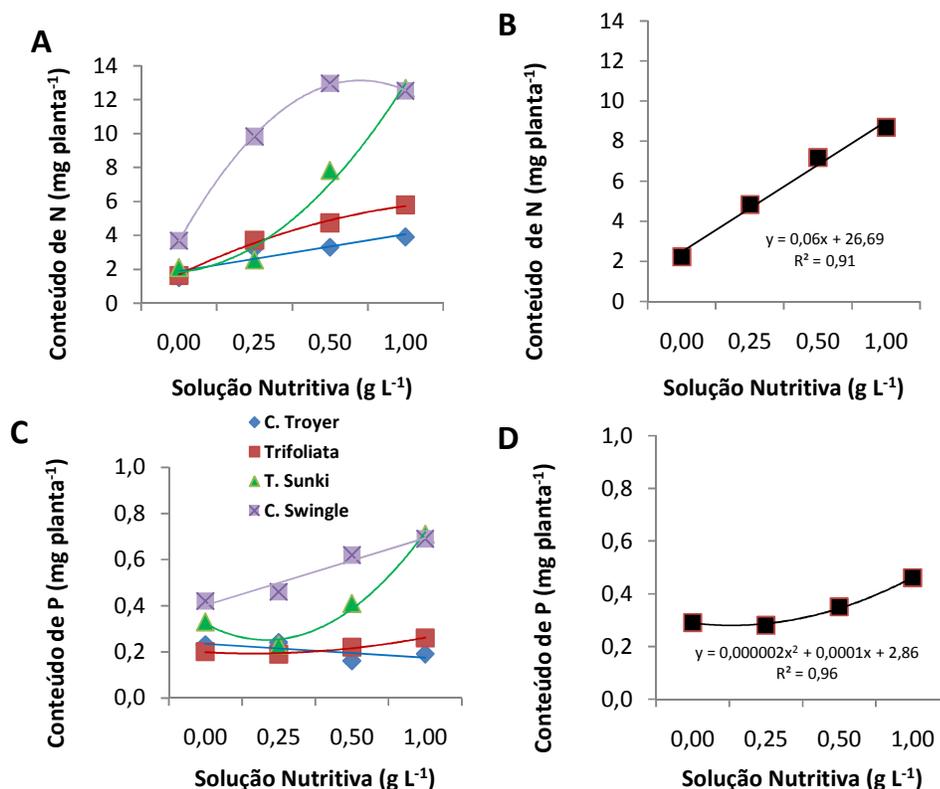


FIGURA 9. Conteúdo de nitrogênio (N) e fósforo (P) na massa seca da parte aérea total de porta-enxertos cítricos aos 180 dias após a semeadura, médias de dois substratos (A e C) e médias de quatro porta-enxertos (B e D), em função da fertirrigação com quatro doses de solução nutritiva. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2006.

Nas tabelas 10 e 11 estão as equações de regressão polinomial das variáveis apresentadas nas figuras 9 e 11, respectivamente, mostrando o comportamento apresentado por quatro porta-enxertos cítricos cultivados em dois substratos em função da aplicação de quatro doses de fertilizantes.

Não houve interação entre os substratos e as doses de solução nutritiva para o conteúdo de N na massa seca da parte aérea dos porta-enxertos, sendo que a adubação proporcionou um efeito linear positivo para os dois substratos (Figura 9B).

TABELA 10. Equações de regressão mostrando a resposta de quatro porta-enxertos cítricos cultivados em dois substratos em função da aplicação de quatro doses de solução nutritiva via água de irrigação EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2006.

Variáveis	Porta-enxertos	Equações de Regressão	R ²
(A) Acúmulo de Nitrogênio	'Trifoliata'	$y = -0,00004x^2 + 0,08x + 17,81$	0,99
	T. 'Sunki'	$y = 0,00002x^2 + 0,09x + 15,44$	0,95
	C. 'Troyer'	$y = 0,00003x^2 + 0,05x + 16,48$	0,89
	C. 'Swingle'	$y = -0,0002x^2 + 0,29x + 37,54$	1,00
(C) Acúmulo de Fósforo	'Trifoliata'	$y = 0,0000007x^2 + 0,00002x + 1,94$	0,91
	T. 'Sunki'	$y = 0,000006x^2 - 0,002x + 3,06$	0,95
	C. 'Troyer'	$y = 0,000001x^2 - 0,002x + 2,45$	0,57
	C. 'Swingle'	$y = 0,003x + 4,18$	0,91

No conteúdo de P, o 'Swingle' sofreu um efeito linear crescente da aplicação de fertilizantes, enquanto a tangerineira 'Sunki' mostrou um comportamento decrescente até a dose de 0,25 g L⁻¹, a partir do qual os valores se elevaram até a dose máxima. O 'Trifoliata' apresentou um comportamento quadrático crescente, enquanto o 'Troyer' mostrou um efeito linear depressivo da aplicação de fertilizantes no conteúdo de P na massa seca da parte aérea (Figura 9C). Os dois substratos apresentaram um comportamento quadrático crescente semelhante quanto ao acúmulo de P na massa seca da parte aérea, em relação às doses de solução nutritiva (Figura 9D).

Os porta-enxertos mostraram teores diferenciados de potássio em relação às diferentes doses de solução nutritiva, onde o citrangeiro 'Troyer' e a tangerineira 'Sunki' mostraram um efeito quadrático positivo, com os teores de K decaindo até a dose de 0,5 g L⁻¹, a partir do qual os valores elevaram-se. Já o citrumeleiro 'Swingle' e o 'Trifoliata' também apresentaram um efeito quadrático positivo, sendo que o primeiro apresentou os maiores teores de K e o segundo mostrou os menores valores na dose máxima (Figura 10A).

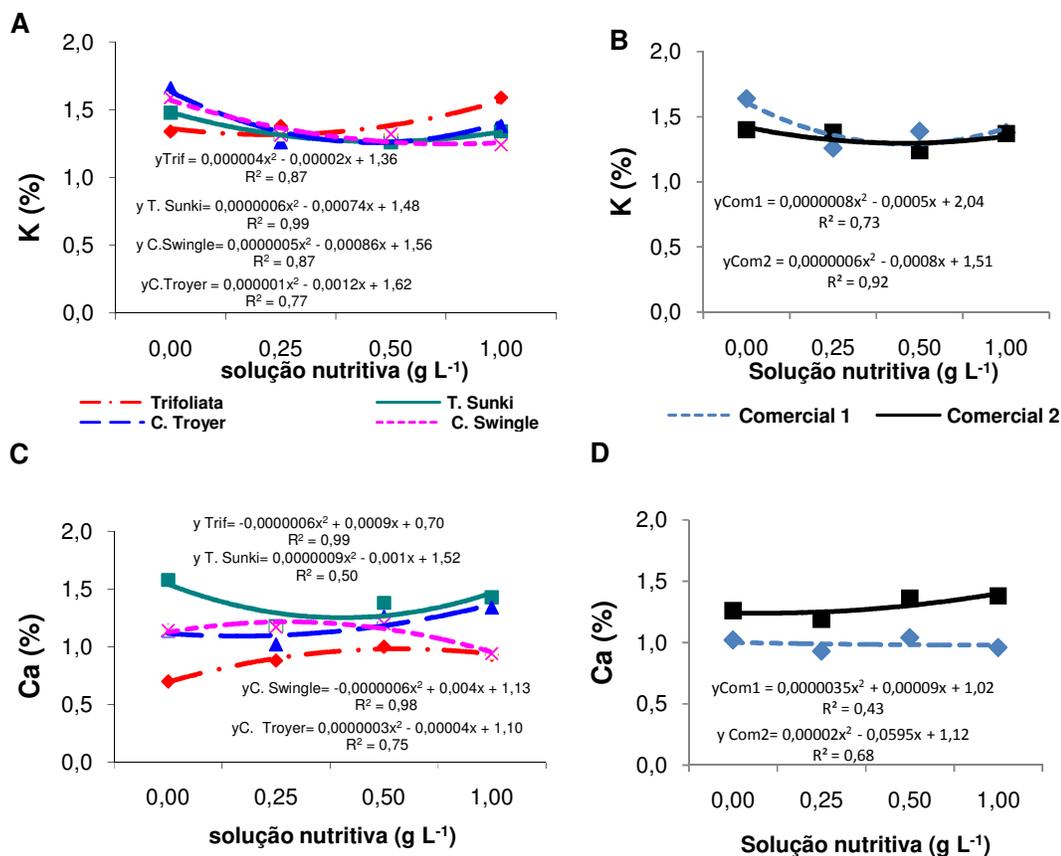


FIGURA 10. Teores de potássio (K) e cálcio (Ca) na massa seca da parte aérea total de porta-enxertos cítricos aos 180 dias após a sementeira, médias de dois substratos (A e C) e médias de quatro porta-enxertos (B e D), em função da fertirrigação com quatro doses de solução nutritiva. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2006.

Ambos os substratos apresentaram uma resposta quadrática depressiva até a dose de 0,50 g L⁻¹, a partir deste ponto os valores estabilizaram (Figura 10B).

Em relação à concentração de Ca nos tecidos da parte aérea, houve interação entre os porta-enxertos e as diferentes doses de solução nutritiva e entre os substratos e doses de solução nutritiva, sendo que os porta-enxertos tiveram comportamento distinto (Figura 10C). O ‘Trifoliata’ teve uma resposta quadrática crescente até a dose de 0,5 g L⁻¹, sendo que a partir deste os teores se estabilizaram. O ‘Swingle’ apresentou um comportamento quadrático crescente até a dose de 0,25 g L⁻¹ e depois os teores diminuíram. O ‘Troyer’ sofreu um efeito quadrático crescente, enquanto a ‘Sunki’ apontou um efeito quadrático decrescente até a dose de 0,33 g L⁻¹ e depois os teores de Ca voltaram a se elevar (Figura

10C). O substrato Comercial 1 praticamente não apresentou diferença na concentração de Ca na parte aérea, enquanto o substrato Comercial 2 apresentou teores de Ca superiores ao Comercial 1 e revelou uma resposta quadrática crescente até a dose máxima, em relação à aplicação de fertilizantes (Figura 10D).

As cultivares de porta-enxertos 'Swingle' e 'Sunki' mostraram um comportamento quadrático em relação ao conteúdo de K, Ca e Mg na massa seca da parte aérea. O primeiro teve um comportamento quadrático crescente até a dose de $0,5 \text{ g L}^{-1}$. A partir deste ponto, os valores diminuíram. O segundo teve um comportamento quadrático decrescente até a dose de $0,25 \text{ g L}^{-1}$, a partir do qual os valores elevaram-se até a dose máxima (Figuras 11A, 11C e 11E).

Já o 'Trifoliata' apresentou um comportamento quadrático crescente até a dose de $1,0 \text{ g.L}^{-1}$, no tocante ao acúmulo de K, e para Ca e Mg este porta-enxerto mostrou um comportamento quadrático crescente saturando na dose de $0,5 \text{ g L}^{-1}$. A partir destes pontos os valores diminuíram. O citrangeiro 'Troyer' sofreu um efeito crescente até a dose de $0,25 \text{ g L}^{-1}$, a partir do qual a acumulação de K, Ca e Mg diminuiu nos tecidos.

Em relação aos diferentes substratos, houve interação com as doses de solução nutritiva apenas para o acúmulo de K, sendo que ambos os substratos tiveram um efeito linear crescente, porém o Comercial 1 ostentou uma inclinação superior da reta em relação ao Comercial 2 (Figura 11B). No acúmulo de Ca e Mg, os substratos exibiram um efeito quadrático crescente até a dose de $0,5 \text{ g L}^{-1}$, a partir do qual os valores se estabilizaram (Figuras 11D e 11F).

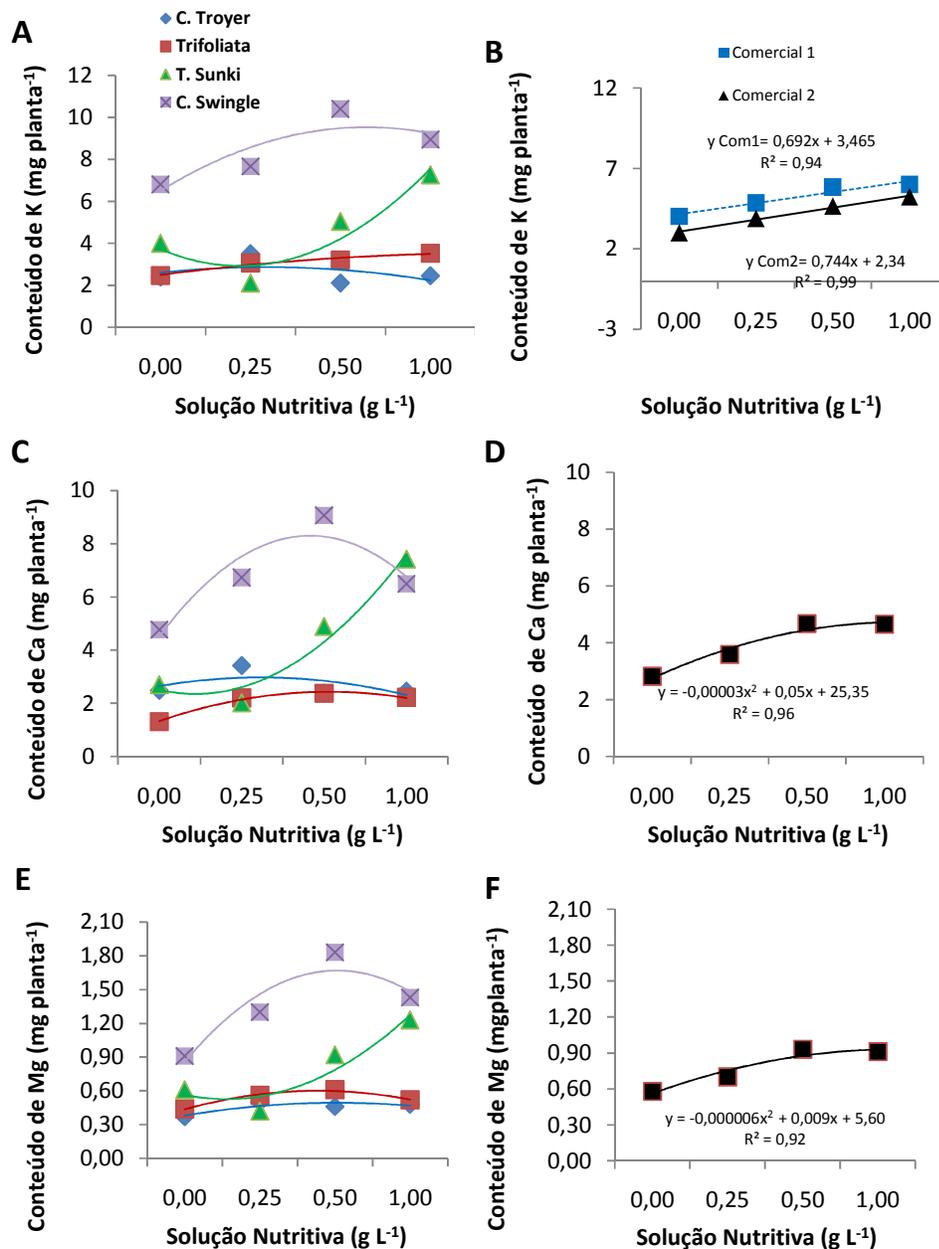


FIGURA 11. Conteúdo de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na massa seca da parte aérea total de porta-enxertos cítricos aos 180 dias após a semeadura, médias de dois substratos (A, C e E) e médias de quatro porta-enxertos (B, D e F), em função da fertirrigação com quatro doses de solução nutritiva. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2006.

TABELA 11. Equações de regressão mostrando a resposta de quatro porta-enxertos cítricos cultivados em dois substratos e submetidos a quatro doses de uma solução nutritiva via água de irrigação EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2006.

Variáveis	Porta-enxertos	Equações de Regressão	R ²
(A) Acúmulo de Potássio	'Trifoliata'	$y = -0,00001x^2 + 0,02x + 25,08$	0,97
	T. 'Sunki'	$y = 0,00006x^2 - 0,02x + 35,06$	0,78
	C. 'Troyer'	$y = -0,0004x^2 + 0,13x + 23,88$	0,51
	C. 'Swingle'	$y = -0,00008x^2 + 0,10x + 64,71$	0,80
(C) Acúmulo de Cálcio	'Trifoliata'	$y = -0,00003x^2 + 0,004x + 13,61$	0,96
	T. 'Sunki'	$y = 0,00003x^2 + 0,002x + 23,25$	0,90
	C. 'Troyer'	$y = -0,00003x^2 + 0,10x + 24,89$	0,50
	C. 'Swingle'	$y = -0,0001x^2 + 0,14x + 45,44$	0,93
(E) Acúmulo de Magnésio	'Trifoliata'	$y = -0,000005x^2 + 0,006x + 4,39$	1,00
	T. 'Sunki'	$y = 0,000005x^2 + 0,02x + 5,37$	0,81
	C. 'Troyer'	$y = -0,00005x^2 + 0,02x + 3,74$	0,52
	C. 'Swingle'	$y = -0,0002x^2 + 0,03x + 8,54$	0,93

Este efeito diferenciado dos substratos e dos porta-enxertos no conteúdo nutricional da massa seca na parte aérea total, na fase de sementeira, também foi demonstrado por outros autores como Carvalho *et al.* (2000) e Schäfer (2004). Carvalho *et al.* (2000) observaram diferenças entre os porta-enxertos limoeiro 'Cravo' e a tangerineira 'Cleópatra' na concentração de nutrientes na massa seca da parte aérea e no comportamento em relação às doses de nitrato de potássio, e sua ação sobre macronutrientes na massa seca. Segundo as recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS e SC (2004), considerando plantas cítricas adultas, os resultados apresentados pelos autores mostraram que os porta-enxertos apresentaram na parte aérea níveis excessivos para N, normal para P, K e Mg e insuficiente para Ca (Carvalho *et al.*, 2000).

Schäfer (2004) testou três porta-enxertos cítricos e três substratos com níveis de fertilização diferenciados. Apesar dos níveis altos de cálcio nos substratos, o conteúdo de cálcio foliar em todos os tratamentos foi considerado baixo, comportamento semelhante ao observado neste experimento.

Segundo as recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS e SC (2004), para valores de interpretação para análise de solos, os dois substratos apresentavam níveis de macronutrientes muito altos no início do experimento. Segundo os teores foliares para plantas adultas de citros, o nitrogênio, o fósforo e o cálcio encontrados na parte aérea dos porta-enxertos foram considerados insuficientes. Os teores de potássio e magnésio presentes podem ser considerados normais.

O substrato Comercial 2 apresenta em sua composição maior teor de Ca e maior CTC, o que pode explicar o fato deste substrato proporcionar maior teor de Ca na massa seca da parte aérea dos porta-enxertos (Tabela 9). O substrato Comercial 1, por sua vez, apresentou em sua composição maiores teores de P e K e um maior teor de sais. Por conseguinte, este substrato proporcionou um maior acúmulo de K na massa seca da parte aérea dos porta-enxertos (Figura 11B). Os teores de magnésio eram semelhantes entre os substratos no início do experimento e os teores deste nutriente nos tecidos não variaram em função da espécie estudada, dos substratos empregados e nem das diferentes doses de solução nutritiva aplicadas via água de irrigação.

Estes resultados evidenciam a necessidade de fertilização em cobertura na fase de formação dos porta-enxertos cítricos em sementeira, pois mesmo com a quantidade excessiva de P, K, Ca e Mg nos substratos utilizados no início do experimento, os teores destes nutrientes na massa seca da parte aérea das plantas 180 dias após a semeadura, são considerados baixos, ao comparar-se com outros trabalhos (Carvalho *et al.*, 2000; Schäfer, 2004), devido principalmente à absorção dos nutrientes pelas plantas, pois o sistema de irrigação por capilaridade utilizado no experimento minimiza as perdas dos nutrientes em lixiviação (Figura 1), uma vez que a água com solução nutritiva dentro das caixas d'água era trocada quinzenalmente. Nota-se na Figura 5, que os teores de sais no substrato aos 180 dias após a semeadura diminuíram em relação ao início do cultivo e mantiveram-se constantes, mesmo nas doses mais altas.

Uma das possíveis explicações para esse consumo acentuado de nutrientes é a irrigação por capilaridade, que proporciona uma umidade mais uniforme do substrato ao longo do recipiente e, portanto, proporciona maior disponibilidade de nutrientes, uma vez que a solução nutritiva era aplicada continuamente via água de irrigação.

A relação entre os macronutrientes adicionados na fertirrigação, considerando o valor de N como sendo 1,0 foi de: P = 0,14; K = 0,34; Ca = 1,41; e Mg = 0,13. A relação média de nutrientes contida na massa seca da parte aérea dos porta-enxertos, tomando como base os dados de acúmulo de nutrientes apresentados na Tabela 7 e considerando o N como 1,0 foi de: P = 0,06; K = 0,81; Ca = 0,70; e Mg = 0,14. Pode-se observar que comparando a relação de nutrientes empregada na solução nutritiva aplicada e a relação acumulada na massa seca da parte aérea das plantas, as proporções de P e Ca foram menores enquanto o K foi maior. Cabe ressaltar, como já citado anteriormente, que os substratos apresentavam altos teores de P e de K e baixos teores de Ca e Mg.

O N é o nutriente em segunda maior proporção na solução nutritiva, e o aumento da dose proporcionou aumento dos teores de N na parte aérea até a dose máxima e os maiores teores de P e K foram observados na ausência de fertilização dos porta-enxertos, independente da espécie estudada. Uma explicação pode ser o uso de nitrato de potássio neste trabalho, pois, devido à ocorrência de competição entre os ânions fosfato e nitrato no meio de cultivo, e conseqüentemente, o aumento no fornecimento de N via KNO_3 prejudica a absorção de P pelas raízes e diminuí seu acúmulo nos tecidos (Carvalho *et al.*, 2000).

Também o K e o Ca competem fortemente pelos mesmos sítios de adsorção e o excesso de um leva à deficiência do outro, mostrando efeito de inibição competitiva. O mesmo efeito ocorre com o Mg, onde altos teores de K induzem deficiência de Mg, porém o inverso não é tão intenso (Bernardi *et al.*, 2000b). Já o Ca, nutriente utilizado em maior quantidade na solução nutritiva, apresentou um efeito bem diferenciado entre os porta-

enxertos, mas os valores apresentados na parte aérea são considerados insuficientes, segundo as recomendações para plantas cítricas adultas da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS e SC (2004), enquanto, os teores de K na parte aérea são considerados normais. Isto se deve a um forte antagonismo entre K/Ca e Mg/Ca, ou seja, onde há altos teores de um dos elementos, ocorre a inibição na absorção do outro (Malavolta & Violante Neto, 1989). O teor de K em ambos os substratos foi considerado excessivo e muito maior que os teores de Ca e quando foi aplicada a solução nutritiva com maior proporção de Ca (1,41 de Ca e 0,34 de K), houve um efeito depressivo nos teores de K na parte aérea. Outra confirmação deste antagonismo K/Ca, presente neste estudo, é que o substrato que propiciou maior absorção de K nos tecidos apresentou o menor teor de Ca, e vice-versa (Tabela 9).

Outra hipótese para explicar os teores baixos de Ca nos tecidos dos porta-enxertos, além das interações antagônicas com K e Mg, é que as espécies cítricas são calcífilas, isto é, possuem altas exigências em Ca, assim podendo haver efeito de diluição, devido ao crescimento dos porta-enxertos, pois o maior crescimento em altura, diâmetro e acúmulo de massa seca dos porta-enxertos ocorreu, de forma geral, na dose mais alta de solução nutritiva (Figuras 4 e 5), portanto com maior conteúdo deste nutriente. Nota-se que os maiores teores de Ca na massa seca da parte aérea total foram encontrados na ausência de fertilização ou em doses mais baixas (Figura 10C). O mesmo comportamento foi verificado em relação ao K, outro nutriente muito requerido pelas espécies cítricas, que apresenta um efeito depressivo quadrático até determinado ponto, mas com as maiores concentrações encontradas nas doses baixas ou na ausência de fertilização.

Em um trabalho com porta-enxertos cítricos, Schäfer (2004) observou que a absorção de cálcio e de magnésio por plantas cultivadas em tubetes foi deficiente, mesmo que os níveis destes nutrientes no substrato antes do cultivo fossem considerados altos. Isto corrobora com as afirmações de que existe um antagonismo forte na absorção de potássio

com cálcio e magnésio, pois parece impossível ter ao mesmo tempo níveis altos desses nutrientes nas plantas.

Pelos resultados apresentados, fica visível a importância de saber com antecedência o conteúdo nutricional do substrato, bem como as interações entre os elementos minerais, para manejar a fertilização em cobertura necessária na produção de porta-enxertos cítricos na fase de sementeira. E que o N, o K e o Ca são os nutrientes exigidos em maior quantidade pelos porta-enxertos cítricos. Em geral, os teores de N e Ca nos substratos comerciais são considerados baixos e o comportamento mostrado pelos teores e pelo acúmulo de N e Ca na massa seca da parte aérea dos porta-enxertos evidencia uma grande demanda por estes dois nutrientes. O P, mesmo encontrado em altos teores no substrato, necessita de complementação em pequena quantidade, pois é muito suscetível à imobilização e sua absorção depende também da fonte de N utilizada nas adubações em cobertura. Em relação ao K, apesar da grande demanda por este nutriente, não é necessário adicioná-lo em grandes proporções nas formulações das soluções nutritivas, pois os substratos comerciais comumente apresentam elevados teores K na sua composição, uma vez que este compete fortemente com o Ca e com Mg, em baixos teores nos substratos. E por último, o Mg requer fertilização adicional, pois os porta-enxertos acumularam este nutriente em maior quantidade que o P.

4.3 Uso de fertirrigação na produção de porta-enxertos cítricos em ambiente protegido após a repicagem

4.3.1 Desenvolvimento vegetativo e acúmulo de massa seca

Encontrou-se diferenças significativas no desenvolvimento vegetativo entre os porta-enxertos (Figuras 12 e 13). O porta-enxerto FEPAGRO 'C 13' apresentou maior diâmetro no nível do colo, maior área foliar por planta e área foliar por folha, maior massa

seca da raiz, da haste, da folha e total em relação ao porta-enxerto 'Trifoliata' (Figuras 12 e 13).

Os resultados encontrados estão de acordo com outros trabalhos sobre produção de porta-enxertos cítricos em ambiente protegido, onde é comum encontrar diferenças entre os porta-enxertos para as variáveis avaliadas. Assim, podem-se atribuir que diferentes respostas entre espécies estão relacionadas com as características genéticas que influenciam na capacidade de uso de luz e CO₂, afetando a absorção, o transporte e a interação dos nutrientes dentro da planta (Esposti & Siqueira 2004; Schäfer 2004; Fochesato *et al.*, 2006).

Fochesato *et al.* (2006) trabalharam com diferentes porta-enxertos cítricos em ambiente protegido e testaram diferentes substratos com níveis de fertilidade variados. Para estes autores, aos 265 dias após a repicagem, o citrangeiro FEPAGRO 'C 13' apresentou maior altura (84,99 cm) e diâmetro final (8,95 mm) em relação ao 'Trifoliata', resultados estes superiores ao encontrados no presente experimento. O Trifoliata apresentou um valor intermediário no número de folhas por planta, mas resultou numa menor área foliar. Como consequência de suas características fenotípicas, o 'Trifoliata' apresenta folhas de menor tamanho, quando comparado com outros porta-enxertos cítricos. O mesmo foi verificado por Schäfer (2004), testando diferentes tamanhos de tubetes na fase de sementeira e de viveiro, onde o porta-enxerto FEPAGRO 'C 13' apresentou folhas maiores, em relação ao 'Trifoliata'.

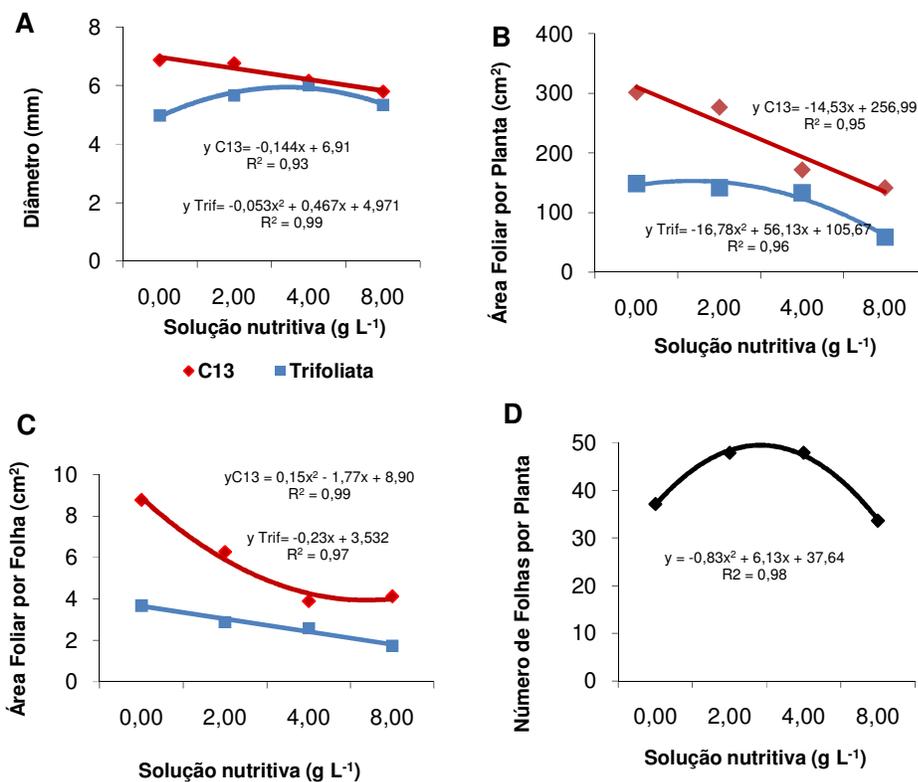


FIGURA 12. Características de desenvolvimento vegetativo de dois porta-enxertos cítricos, 483 dias após a repicagem, cultivados em substrato e em ambiente protegido fertirrigados com diferentes doses de solução nutritiva. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.

Ainda, segundo Fochesato *et al.* (2006) e concordando com este experimento, o porta-enxerto citrangeiro FEPAGRO ‘C 13’ apresentou acúmulo de massa seca nas raízes e na parte aérea superior ao ‘Trifoliata’. A menor massa seca apresentada pelo ‘Trifoliata’ é explicada por tratar-se de um porta-enxerto de que apresenta dormência como resposta às temperaturas amenas, reduzindo drasticamente sua atividade metabólica, e conseqüentemente reduz seu vigor (Oliveira *et al.*, 2001).

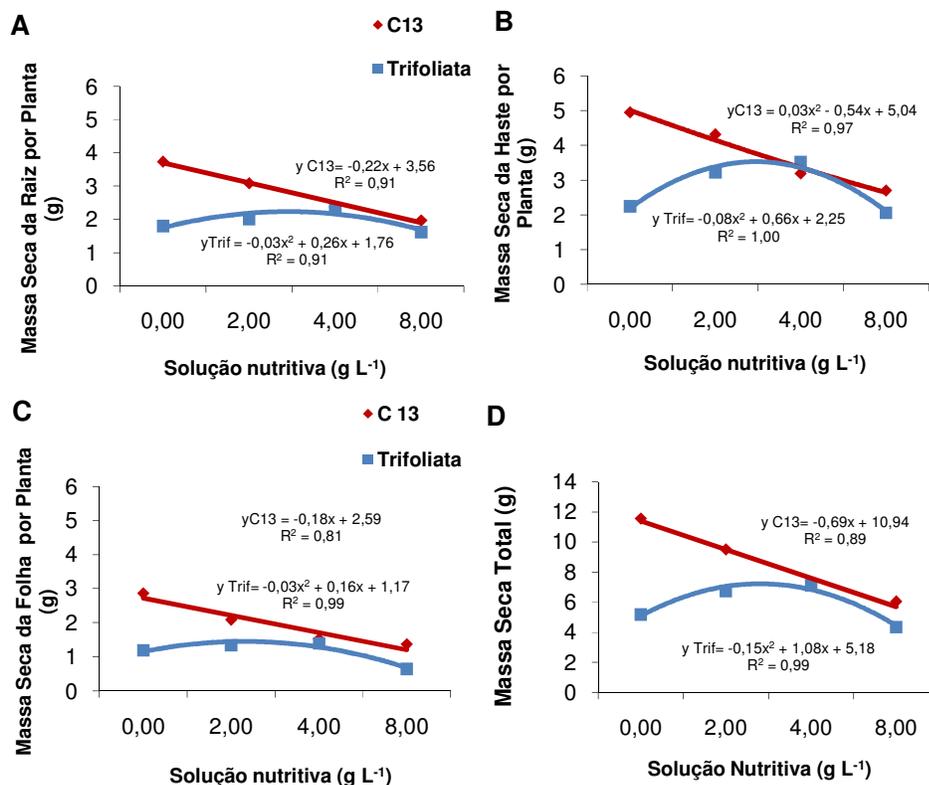


FIGURA 13. Massa seca de dois porta-enxertos cítricos, 483 dias após a repicagem, cultivados em substrato e em ambiente protegido fertirrigados com diferentes doses de solução nutritiva EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.

A análise de variância mostrou que houve interação significativa entre as diferentes doses de adubo e os dois porta-enxertos cítricos testados para o diâmetro da haste no nível do colo, para área foliar por planta e por folha e para o acúmulo de massa seca (Figuras 12 e 13). O citrangeiro FEPAGRO 'C 13' apresentou um efeito linear negativo do emprego de fertilizantes via água de irrigação, aos 483 DAR, para o diâmetro da haste ao nível do colo e para a área foliar por planta (Figuras 12A e 12B). Em relação à área foliar por folha, a resposta à adubação foi quadrática decrescente até a dose de 4,0 g L⁻¹ e a partir deste ponto os valores tenderam a se estabilizar (Figura 12C).

O porta-enxerto *Poncirus trifoliata* apresentou um comportamento quadrático, atingindo o maior diâmetro na dose de 4,0 g L⁻¹ de fertilizantes, decaindo a partir deste ponto. Quanto à área foliar por planta, os valores mantiveram-se estáveis até a dose de 4,0

g L^{-1} , a partir da qual diminuiram (Figuras 12A e 12B). A área foliar por folha sofreu um efeito depressivo da aplicação de fertilizantes (Figura 12C), enquanto a variável número de folhas por planta teve um comportamento quadrático crescente até $3,0 \text{ g L}^{-1}$, decaindo a partir deste ponto, independente do porta-enxerto (Figura 12D).

Para Esposti & Siqueira (2004), assim como neste trabalho, o tempo necessário para a produção dos porta-enxertos foi maior que o esperado, apesar de terem sido cultivados em condições favoráveis de umidade e sanidade e com adubação adequada até seus pontos ótimos de crescimento e desenvolvimento. O fator limitante à obtenção dos porta-enxertos em menor tempo foi a deficiência de luminosidade da casa de vegetação, assim como no presente trabalho, devido ao material da cobertura, telhas de polipropileno, que impedia a transmissividade da radiação solar para o interior da mesma, prejudicando, dessa forma, o crescimento e desenvolvimento dos porta-enxertos. Sabe-se que as folhas são os principais órgãos que captam a energia luminosa do sol e a utilizam para converter o dióxido de carbono da atmosfera, juntamente com a água fornecida pelo substrato, em carboidratos, os quais serão armazenados. Assim, a intensidade luminosa influencia diretamente a atividade fotossintética e, conseqüentemente, o crescimento das plantas (Minami, 1995).

Com a deficiência de luz no interior da casa de vegetação, as plantas estiolaram, demorando em alcançar o diâmetro mínimo para enxertia. As plantas necessitaram de uma poda da parte aérea em função do estiolamento, explicando assim, porque a variável altura da planta não foi apresentada, pois o citrangeiro FEPAGRO 'C 13' apresentou valores semelhantes aos do 'Trifoliata', mesmo sendo um porta-enxerto mais vigoroso.

Durante a condução do experimento, o teor de sais foi monitorado semanalmente pelo teste Pour Thru (Bailey *et al.*, 2005a), e as doses de $4,0$ e $8,0 \text{ g L}^{-1}$ de solução nutritiva apresentaram os maiores valores de sais no substrato. As altas concentrações de sais promovem a elevação da pressão osmótica no meio de cultivo, causando danos às raízes e prejudicando a absorção de nutrientes, com reflexos na parte aérea dos porta-enxertos

(Scivittaro *et al.*, 2004). Neste sentido, os resultados de crescimento dos porta-enxertos indicam que estas concentrações podem ter causado toxidez de algum elemento mineral, ou, ainda, o excesso de algum nutriente pode ter induzido a deficiência de outro, prejudicando o crescimento das plantas.

Em torno de 120 dias após a repicagem, visualizaram-se clorose internerval nas folhas mais novas, apenas do porta-enxerto *P. Trifoliata*, estes sintomas foram notados apenas nas plantas das linhas de fertirrigação com dose de 8,0 g L⁻¹ e, mais tarde, nas plantas fertirrigadas com a dose 4,0 g L⁻¹ (Figura 14). Estes sintomas foram identificados como sendo deficiência de Fe e foram corrigidos com a aplicação foliar quinzenal de ferro quelatizado. Nas demais doses não foram observadas plantas com este sintoma, que se manifestou no citrangeiro FEPAGRO 'C 13' em torno dos 180 dias após a repicagem, e em menor escala.

Uma das hipóteses para explicar a deficiência de Fe nos porta-enxertos é a disponibilidade de nutrientes no substrato em função do pH do mesmo. Para substratos constituídos de turfa, casca de pinus compostada e vermiculita a faixa recomendada para a maioria dos cultivos em recipientes está entre 5,5 e 6,0 (Bailey *et al.*, 2005b). Os valores de pH apresentados pelo substrato aos 130 e 215 dias após a repicagem (Tabelas 14 e 15) são superiores a 6,0 e denotam a possibilidade de diminuir a disponibilidade de Fe no substrato (Bailey *et al.*, 2005b). Porém, a deficiência de Fe no porta-enxerto 'Trifoliata' mostrou-se primeiro na dose de 8,0 g L⁻¹ de solução nutritiva, onde o substrato apresentou pH 6,42 aos 130 dias após a repicagem e posteriormente apareceu nas plantas adubadas com a dose de 4,0 g L⁻¹, que apresentou substrato com pH 6,53. Enquanto que o substrato coletado na ausência de fertilização e na dose de 2,0 g L⁻¹ mostraram valores de pH 6,67 e 6,65, respectivamente, e nestas plantas não foram observadas sintomas de deficiência de Fe (Tabela 14).

Outra hipótese esta baseada na ocorrência de antagonismo entre nutrientes nos substratos hortícolas, sendo que o excesso de cálcio induz deficiência de alguns nutrientes, como o ferro e o manganês (Minami, 1995). Como a solução nutritiva tinha em sua composição o cálcio como nutriente em maior quantidade, as maiores concentrações podem ter induzido a deficiência de ferro. Aliado aos fatos do pH alcalino influenciar negativamente a disponibilidade de Fe e positivamente a disponibilidade de Ca (Bailey *et al.*, 2005b) e as altas quantidades de Ca aplicadas no substrato nas doses mais elevadas de solução nutritiva, está a suscetibilidade do porta-enxerto *P. Trifoliata* à clorose de Fe em solos calcáreos e com pH que tendam a neutralidade (Oliveira & Scivittaro, 2007).

O ‘Trifoliata’, pela sua dormência no período de inverno e pela sua capacidade de induzir um menor porte da planta no pomar, é o porta-enxerto mais utilizado no Rio Grande do Sul. Porém seu limitado crescimento pode prejudicar o desenvolvimento deste, quando conduzido em ambiente protegido, pois este porta-enxerto apresenta dificuldade de atingir os padrões mínimos de desenvolvimento no período de tempo estabelecido pela legislação. Já os citrangeiros, apesar de híbridos oriundos do cruzamento entre ‘Trifoliata’ e laranjeira comum (*Poncirus trifoliata* [L.] Raf. x *Citrus sinensis* [L.] Osbeck.), possuem menor resistência ao frio, mas atingiram os padrões de desenvolvimento adequado em menor tempo, antecipando a comercialização da muda (Fochesato *et al.*, 2006).



FIGURA 14. Sintomas foliares de deficiência de ferro em *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. cultivado em substrato e em ambiente protegido fertirrigado com solução nutritiva contendo alta quantidade de Ca, aos 165 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2006.

As plantas cítricas não brotam ou crescem quando a temperatura permanece alguns dias abaixo de 12°C ou acima dos 39°C. Próximo a estas temperaturas, a taxa de fotossíntese é muito pequena ou até mesmo nula, sendo que a faixa de temperatura em que a fotossíntese é mais intensa situa-se entre 20 a 30°C (Koller, 2006).

As folhas e brotações são muito sensíveis a danos ocasionados pelo frio (queima). Quando as temperaturas ficam abaixo de 12°C, as plantas cítricas entram em repouso, paralisando as atividades vegetativas. Contudo, o tempo durante o qual elas permanecem em descanso vegetativo varia de uma espécie ou variedade para outra e quanto mais prolongado o tempo de repouso, menos sensível aos danos de frio ela será. Já quando as temperaturas passam dos 39°C, há inibição da fotossíntese, paralisando o crescimento das plantas, acelerando a evapotranspiração e acentuando o estresse por déficits hídricos (Koller, 2006).

Na Figura 15, pode-se notar que no local onde foi realizada a pesquisa, no decorrer do período do experimento, alguns dias as temperaturas estiveram abaixo dos 12°C, no inverno. Este regime de temperatura também pode ter contribuído para o desenvolvimento vegetativo dos porta-enxertos abaixo do esperado. Segundo Fochesato *et al.* (2006), em experimento também realizado na Estação Experimental da UFRGS, a temperatura média do ar no interior da casa vegetação apresentou alta correlação com a temperatura no ambiente externo, o mesmo ocorrendo com as temperaturas mínima e máxima. Ainda, segundo estes autores, os principais problemas relacionados à temperatura são constatados no verão, quando as temperaturas dentro da casa de vegetação são ainda superiores às temperaturas externas, podendo prejudicar o desenvolvimento vegetativo das plantas cítricas.

Os porta-enxertos permaneceram um longo período no viveiro devido à dificuldade de se obter um diâmetro apto à enxertia, em consequência da baixa luminosidade e das baixas e altas temperaturas no interior da casa de vegetação, sofrendo assim, com o

acúmulo de sais no substrato e demonstrando um efeito depressivo da aplicação de fertilizantes via água de irrigação. De qualquer maneira, este experimento evidenciou o cuidado que deve ser tomado com as soluções nutritivas que, se mal formuladas, podem gerar deficiências por antagonismo, como neste caso, a deficiência de ferro mostrada pelo porta-enxerto ‘Trifoliata’ e, em menor escala, pelo citrangeiro FEPAGRO ‘C 13’, quando se utilizou uma solução de macronutrientes completa, com alta concentração de Ca, na fertirrigação dos porta-enxertos.

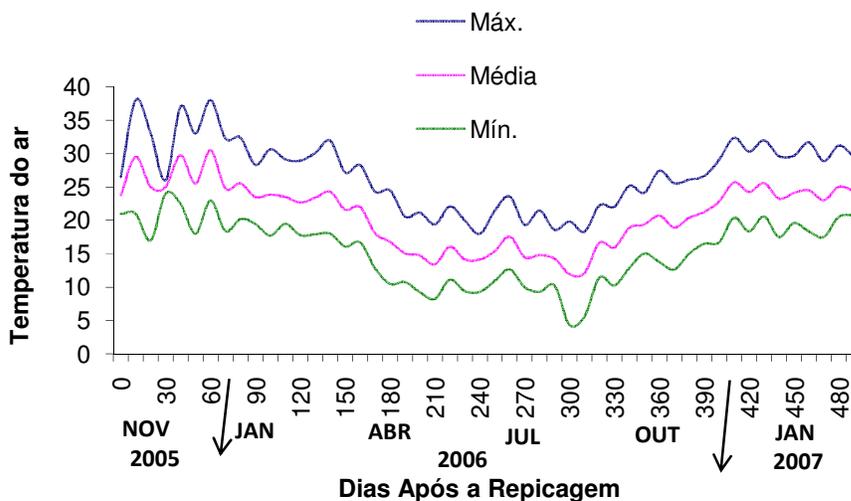


FIGURA 15. Variações das temperaturas decendiais do ar (°C) média, máxima e mínima, no período de novembro de 2005 a março de 2007 na EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. Fonte Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia/Faculdade de Agronomia/UFRGS, 2007.

4.3.2 Características físicas e químicas do substrato

As principais características físicas do substrato Turfa Fértil, antes e após a instalação dos experimentos (60, 130, 215 e 370 dias após a repicagem), sob quatro doses de solução nutritiva aplicadas via água de irrigação por gotejamento, e para dois porta-enxertos cítricos, estão descritas nas Tabelas 12, 13, 14, 15 e 16.

Os valores de densidade seca apresentados nas Tabelas 12 a 16 estão muito abaixo do valor de “referência” recomendado, que varia de 350 a 500 kg m⁻³ (Conover, 1967).

Mas segundo Verdonck *et al.* (1981), os substratos turfosos possuem um valor normal de densidade seca entre 45 a 200 kg m⁻³. Fochesato *et al.* (2006) trabalharam com três substratos comerciais utilizados na produção de mudas cítricas, entre eles o mesmo substrato utilizado neste experimento, e os valores de densidade seca observados pelos autores, avaliados antes da repicagem, no momento da enxertia e no final do experimento ficaram entre 197 a 280 kg m⁻³.

Os valores crescentes de densidade seca apresentados no decorrer do período do experimento (Tabelas 12 a 16) permitem observar a degradação e acomodação das partículas, fazendo com que diminua a massa do substrato e, por conseguinte, aumentando a densidade seca, e também aumentando a captação de água nos microporos, com conseqüente aumento da densidade úmida (Tabelas 12 a 16).

TABELA 12. Características físicas do substrato Turfa F 12 com adubação de base (Lote nº 0001 Amostra: 001S2) antes da repicagem de porta-enxertos cítricos (Laboratório de Substratos do Departamento de Horticultura e Silvicultura /UFRGS).

Características físicas	Unidades	Valores
Densidade úmida (Du)	(kg m ⁻³)	523
Densidade seca (Ds)	(kg m ⁻³)	202
Massa seca (Ms)	(%)	39,00
Teor Total de Sais Solúveis (TTSS)	(kg m ⁻³)	1,24
pH	(H ₂ O)	5,92
Porosidade total (Pt)	(%)	87,0
Espaço de aeração (Ea) (10)	(%)	34,0
Água facilmente disponível (AFD)	(%)	11,0
Água disponível (AD)	(%)	14,0
Água tamponante (AT)	(%)	3,0
Cra (10)¹	(%)	53,0
Cra (50)	(%)	42,0
Cra (100)	(%)	39,0
Condutividade Elétrica (1:10)	(dS m ⁻¹)	4,4

¹Cra (10) = Capacidade de retenção de água a pressão de sucção de 10 cm

Cra (50) = Capacidade de retenção de água a pressão de sucção de 50 cm

Cra (100) = Capacidade de retenção de água a pressão de sucção de 100 cm

Assim, como o observado no presente trabalho, Fochesato *et al.* (2006) citam que um substrato composto de casca de pinus compostada e vermiculita apresentou maior degradação e/ou partículas muito finas e que, em números absolutos, resultou na diminuição da massa seca pela lixiviação e acomodação destas partículas, permitindo maior acúmulo de água. Para este mesmo substrato, os autores observaram um aumento da densidade seca em decorrência da acomodação de suas partículas ao longo do experimento, com uma maior formação de microporos, pela “degradação” das partículas do substrato.

Também para Fochesato *et al.* (2006), a densidade úmida de três substratos apresentou um aumento significativo na fase de enxertia, isto se deve à degradação e acomodação de suas partículas. Os mesmos substratos apresentaram um aumento no volume de água remanescente na tensão de 100 hPa, em decorrência da formação de poros menores.

TABELA 13. Características físicas do substrato Turfa F 12, 60 dias após a repicagem de porta-enxertos cítricos e fertirrigados com quatro doses de solução nutritiva (Laboratório de Substratos do Departamento de Horticultura e Silvicultura /UFRGS).

Porta-enxertos		Trifoliata				FEPAGRO 'C 13'			
		Doses de sol. nutritiva (g L ⁻¹)				Doses de sol. nutritiva (g L ⁻¹)			
Características	Un.	0	2	4	8	0	2	4	8
Du	(g dm ⁻³)	676,4	779,7	698,9	718,7	746,1	749,1	697,5	695,3
Ds	(g dm ⁻³)	192,6	217,2	205,0	200,3	213,4	215,2	207,2	206,5
Ms	(%)	28,47	27,85	29,33	27,86	28,60	28,78	29,71	29,69
TTSS	(g L ⁻¹)	0,44	0,72	1,06	1,55	0,29	0,71	1,12	1,16
pH	(H ₂ O)	6,40	6,28	6,33	5,44	6,63	6,30	5,92	5,55
PT	(% de vol.)	86,54	93,11	88,45	85,32	91,50	90,57	89,56	79,78
Sol.	(% de vol.)	13,46	6,89	11,55	14,68	8,50	9,43	10,44	20,22
EA (10)	(% de vol.)	30,99	31,82	32,54	28,63	31,76	30,25	34,73	26,64
AFD	(% de vol.)	9,80	9,43	9,57	8,72	9,76	10,13	9,22	6,84
AT	(% de vol.)	4,24	4,50	4,23	3,99	4,54	4,75	4,57	3,79
AR	(% de vol.)	41,52	47,36	42,11	43,97	45,44	45,44	41,03	42,50
CE (1:10)	(dS m ⁻¹)	1,16	1,63	2,69	3,84	0,69	1,68	2,86	2,96

D = densidade (**u** = úmida; **s** = seca); **Ms** = massa seca (sólidos); **TTSS** = teor total de sais solúveis (como KCl); **PT** = porosidade total; **Sol.** = sólidos; **EA** = espaço de aeração; **AFD** = água facilmente disponível; **AT** = água tamponante; **AR** = água remanescente; **CE** = condutividade elétrica

O substrato deve ter uma relação poros:sólidos equilibrada, para que possam ocorrer trocas gasosas, sendo que parte de sólidos deve estar em torno de 15% e o resto deve ser poros (Kämpf, 2000). O substrato Turfa Fértil apresentou um valor inicial de porosidade de 85% dentro de uma faixa dita ideal (Tabela 12). Depois do cultivo o substrato apresentou valores próximos da faixa ideal, independentemente da dose de solução nutritiva e do porta-enxerto (Tabelas 12 a 15).

TABELA 14. Características físicas do substrato Turfa F 12, 130 dias após a repicagem de porta-enxertos cítricos e fertirrigados com quatro doses de solução nutritiva (Laboratório de Substratos do Departamento de Horticultura e Silvicultura /UFRGS).

Porta- enxerto		Trifoliata				FEPAGRO 'C 13'			
		Doses de sol. nutritiva (g L ⁻¹)				Doses de sol. nutritiva (g L ⁻¹)			
Características	Un.	0	2	4	8	0	2	4	8
Du	(g dm ⁻³)	653,8	687,6	657,2	719,0	709,7	705,9	694,4	675,1
Ds	(g dm ⁻³)	184,7	199,3	189,1	208,4	193,3	197,7	199,7	196,9
Ms	(%)	28,27	28,98	28,77	28,98	27,24	28,01	28,76	29,17
TTSS	(g L ⁻¹)	0,24	0,40	0,54	0,60	0,24	0,41	0,38	0,61
pH	(H ₂ O)	6,67	6,65	6,42	6,53	6,76	6,48	6,53	6,36
PT	(% de vol.)	87,20	85,74	88,00	87,54	85,53	86,83	83,98	85,21
Sol.	(% de vol.)	12,80	14,26	12,00	12,46	14,47	13,17	16,02	14,79
EA (10)	(% de vol.)	32,26	27,53	33,25	26,51	28,54	30,50	25,37	26,70
AFD	(% de vol.)	10,05	10,84	9,96	9,24	8,90	8,75	9,26	10,24
AT	(% de vol.)	3,99	4,31	3,86	4,63	3,91	4,10	4,65	4,50
AR	(% de vol.)	40,90	43,06	40,94	47,17	44,18	43,48	44,69	43,78
CE (1:10)	(dS m ⁻¹)	0,64	1,04	1,47	1,49	0,60	1,04	0,97	1,60

D = densidade (**u** = úmida; **s** = seca); **Ms** = massa seca (sólidos); **TTSS** = teor total de sais solúveis (como KCl); **PT** = porosidade total; **Sol.** = sólidos; **EA** = espaço de aeração; **AFD** = água facilmente disponível; **AT** = água tamponante; **AR** = água remanescente; **CE** = condutividade elétrica

O volume ocupado pela porosidade total representa o espaço condicionado pelos macro e microporos, enquanto o espaço restante corresponde ao volume de sólidos, que acompanha a dinâmica da porosidade total. Nota-se nas Tabelas 12 a 16, que a Turfa apresentou valores iniciais e finais, independente da aplicação de fertilizantes e de porta-enxertos utilizados, muito próximos do valor considerado ideal, mostrando que mesmo sob

cultivo com a adição de nutrientes, a principal característica de um substrato comercial, que é sua estabilidade, é mantida ao longo do cultivo.

TABELA 15. Características físicas do substrato Turfa F 12, 215 dias após a repicagem de porta-enxertos cítricos e fertirrigados com quatro doses de solução nutritiva (Laboratório de Substratos do Departamento de Horticultura e Silvicultura /UFRGS).

Porta- enxerto		Trifoliata				FEPAGRO 'C 13'			
		Doses de sol. nutritiva (g L ⁻¹)				Doses de sol. nutritiva (g L ⁻¹)			
Características	Un.	0	2	4	8	0	2	4	8
Du	(g dm ⁻³)	662,1	656,1	663,9	685,7	707,5	678,1	678,4	660,9
Ds	(g dm ⁻³)	211,62	230,0	206,7	228,4	228,3	219,2	218,2	205,3
Ms	(%)	31,96	35,06	31,14	33,31	32,27	32,33	32,17	31,06
TTSS	(g L ⁻¹)	0,32	0,78	1,45	3,29	0,32	0,94	1,57	2,52
pH	(H ₂ O)	6,60	6,45	6,31	6,15	6,70	6,31	6,25	6,19
PT	(% de vol.)	90,82	86,78	86,29	93,38	94,40	86,73	87,27	89,92
Sol.	(% de vol.)	9,18	13,22	13,71	6,62	5,60	13,27	12,73	10,08
EA (10)	(% de vol.)	34,03	29,66	27,80	31,20	32,04	29,17	31,20	34,20
AFD	(% de vol.)	11,03	11,17	11,32	11,87	12,04	11,60	10,48	9,97
AT	(% de vol.)	4,11	3,66	3,98	5,53	4,53	3,88	4,95	2,89
AR	(% de vol.)	41,64	42,30	43,19	44,66	45,79	42,07	40,65	42,86
CE (1:10)	(dS m ⁻¹)	0,85	2,12	3,87	8,53	0,80	2,45	4,10	6,76

D = densidade (**u** = úmida; **s** = seca); **Ms** = massa seca (sólidos); **TTSS** = teor total de sais solúveis (como KCl); **PT** = porosidade total; **Sol.** = sólidos; **EA** = espaço de aeração; **AFD** = água facilmente disponível; **AT** = água tamponante; **AR** = água remanescente; **CE** = condutividade elétrica

TABELA 16. Características físicas do substrato Turfa F 12, 370 dias após a repicagem de porta-enxertos cítricos e fertirrigados com quatro doses de solução nutritiva (Laboratório de Substratos do Departamento de Horticultura e Silvicultura /UFRGS).

Porta- enxerto		Trifoliata				FEPAGRO 'C 13'			
		Doses de sol. nutritiva (g L ⁻¹)				Doses de sol. nutritiva (g L ⁻¹)			
Características	Un.	0	2	4	8	0	2	4	8
Du	(g dm ⁻³)	715,97	750,2	742,6	643,0	735,6	759,8	676,8	586,9
Ds	(g dm ⁻³)	211,14	215,1	211,7	202,1	212,9	209,4	208,6	199,1
MS	(%)	29,49	28,68	28,51	31,44	28,94	27,57	30,83	33,92
TTSS	(g L ⁻¹)	0,39	1,01	2,36	4,28	0,35	1,24	2,25	2,77
pH	(H ₂ O)	6,45	6,09	5,93	4,98	6,54	6,21	5,56	5,51
PT	(% de vol.)	87,05	87,48	88,66	84,37	92,83	86,31	84,34	82,10
Sol.	(% de vol.)	12,95	12,52	11,34	15,63	7,17	13,69	15,66	17,90
EA (10)	(% de vol.)	28,95	27,17	27,30	31,41	31,99	23,35	28,62	29,29
AFD	(% de vol.)	9,02	9,29	10,44	8,34	10,50	10,01	9,27	9,65
AT	(% de vol.)	4,33	5,18	4,37	3,41	4,54	4,86	4,11	3,55
AR	(% de vol.)	44,74	45,84	46,55	41,19	45,81	48,09	42,34	39,61
CE (1:10)	(dS m ⁻¹)	0,96	2,40	5,65	11,83	0,84	2,90	5,37	7,18

D = densidade (**u** = úmida; **s** = seca); **Ms** = massa seca (sólidos); **TTSS** = teor total de sais solúveis (como KCl); **PT** = porosidade total; **Sol.** = sólidos; **EA** = espaço de aeração; **AFD** = água facilmente disponível; **AT** = água tamponante; **AR** = água remanescente; **CE** = condutividade elétrica

O espaço de aeração é o espaço correspondente à água liberada entre 0 e 10 hPa da curva de retenção, ou ainda, volume ocupado pelos macroporos. O ideal é que um substrato tenha um espaço de aeração entre 20 a 30%, segundo De Boodt & Verdonck (1972). Inicialmente, o substrato apresentou um espaço de aeração um pouco acima do valor ideal (34%). Porém no decorrer do cultivo o substrato apresentou valores um pouco menores que o inicial próximo aos 30%, independente do porta-enxerto e das diferentes doses de solução nutritiva aplicadas via água de irrigação (Tabelas 13 a 16).

A água facilmente disponível mais a água tamponante representam o volume de água disponível às plantas. Um substrato deve reter água suficiente para a absorção pela planta, evitando o excesso de umidade para evitar o encharcamento. Assim, esta característica tem grande influência na dinâmica das irrigações. Os valores considerados ideais para De Boodt & Verdonck (1972) estão na faixa de 20 a 30%, dependendo do substrato. Na Tabela 12 pode-se notar que o valor de água facilmente disponível da Turfa encontrava-se bem abaixo do valor “padrão”. Estes valores diminuíram um pouco no decorrer do cultivo, independente do uso de fertirrigação durante o cultivo (Tabelas 12 a 16).

A água remanescente, umidade que permanece no substrato a tensões maiores que 100 hPa, não está disponível às plantas, mas deve-se ter conhecimento dos seus valores em substratos devido a sua importante influência no manejo da irrigação. O valor referência, para De Boodt & Verdonck (1972), varia de 20 a 30%, dependendo do substrato. Esta característica apresentou valores maiores que o padrão no início do cultivo e teve um incremento no seu volume ao longo do cultivo (Tabelas 12 a 16).

Fochesato *et al.* (2006) também encontraram valores abaixo da faixa de referência para água disponível nos três substratos avaliados, tanto no início, como no final do cultivo, variando de 8 a 17%. Já, para água remanescente, todos os substratos ficaram acima do valor de referência em todas as fases avaliadas, ou seja, entre 34 a 43%.

Entretanto, Verdonck *et al.* (1981) consideram os substratos com valores entre 40 a 50% de água remanescente como os melhores.

Os valores ideais de pH em substratos orgânicos devem estar na faixa de 5,4 a 6,2 para Bailey *et al.* (2005a e 2005b). Já para Kämpf (2000), estes valores devem estar entre 5,2 e 5,5. O pH antes do cultivo dos porta-enxertos tinha valor de 5,92 (Tabela 12), aumentando no decorrer do cultivo para valores maiores que a faixa considerada “ideal” (Tabelas 12 a 16). Este aumento nos valores de pH pode ser em decorrência do alto pH da água utilizada na irrigação, ou ainda, devido aos fertilizantes utilizados na fertirrigação. Cabe ressaltar que os valores do pH aos 60 DAR diminuam com o aumento da dose de solução, mas aos 130 e 215 DAR independentemente do porta-enxerto e da dose de solução, os valores de pH encontravam-se na faixa de 6,5. No entanto. Aos 370 DAR os valores de pH estavam novamente decrescendo de acordo com a dose de solução nutritiva aplicada (Tabelas 12 a 16).

A salinidade (expressa em TTSS) da turfa na fase inicial do experimento pode ser considerada normal, segundo os padrões estabelecidos por Röber & Schaller (1985), ou seja, entre 1,0 e 2,0 g L⁻¹ de TTSS (Tabela 12). Nas avaliações seguintes, houve um forte decréscimo da salinidade no substrato, provavelmente pela diminuição dos nutrientes presentes nos substratos (Tabelas 13 e 14).

Cabe ressaltar que nas doses de 4 e 8 g L⁻¹ de solução nutritiva, aos 60 DAR, a salinidade manteve-se dentro do padrão, enquanto na dose de 2,0 g L⁻¹ e na ausência de aplicação de fertilizantes, os valores estiveram abaixo do padrão (Tabela 13). Já aos 130 DAR, independente da dose de solução nutritiva aplicada na fertirrigação, os valores de TTSS estavam bem abaixo do padrão (Tabela 14). Este decréscimo inicial pode ser explicado pela absorção dos mesmos pelas mudas cítricas e pelas perdas por lixiviação.

Posteriormente, houve um aumento no teor de sais no substrato conforme a dose de solução nutritiva aplicada via água de irrigação, no decorrer do experimento (Tabelas 15 e

16). As doses de 4 e 8 g L⁻¹ de solução nutritiva, aos 215 e 370 DAR, a salinidade manteve-se um pouco acima do valor padrão, enquanto na dose de 2,0 g L⁻¹ os valores estiveram dentro da faixa ideal. Na ausência de aplicação de fertilizantes, os valores estiveram abaixo do padrão (Tabelas 15 e 16).

Vale lembrar que neste experimento os porta-enxertos permaneceram um longo período de tempo em recipientes sob fertirrigação contínua, notando-se nas tabelas 15 e 16, 215 e 370 dias após a repicagem, respectivamente, que os valores de TTSS encontrado no substrato nas doses de 4 e 8 g L⁻¹ de solução nutritiva são considerados elevados para a fase de viveiro, onde se recomendam substratos com níveis de 1,0 a 2,0 g L⁻¹ de TTSS, utilizados para plantas tolerantes à salinidade (Souza & Schäfer, 2006). Assim, os efeitos físicos dos fertilizantes nas raízes manifestaram-se pela elevada pressão osmótica da solução nutritiva, prejudicando a absorção de nutrientes pelas raízes. Dessa forma os incrementos em TTSS devidos à aplicação de fertilizantes não resultou em incremento no crescimento das plantas.

A fertirrigação através do sistema de irrigação por gotejamento tem grande potencial de acúmulo de sais no substrato, por condicionar o crescimento do sistema radicular na chamada “zona do bulbo molhado” (Boaventura *et al.*, 2004). Estes autores também advertem para a tendência de acúmulo de sais no substrato nas épocas mais quentes do ano, quando aumentam as perdas de água por evaporação e as perdas de nutrientes por lixiviação diminuem, tendendo conseqüentemente a se acumular no substrato.

Como já relatado neste trabalho, ficou claro que a acomodação e degradação das partículas do substrato no decorrer do cultivo provocam um aumento da massa do substrato, aumentando a densidade úmida e seca. Como conseqüência, há um incremento na quantidade de micro e ultramicroporos, responsáveis pela retenção de água. Mas convém lembrar que os valores mencionados nas tabelas (12 a 15) mostram um decréscimo

na água facilmente disponível e um aumento na água remanescente, esta última não disponível às plantas, justamente a que ocupa os espaços de micro e ultramicroporos. Em relação ao manejo da irrigação, isto significa uma tendência de se trabalhar com menores lâminas d'água e maior frequência de irrigação.

A aplicação de fertilizantes via água influenciou apenas as características químicas do substrato, permitindo concluir que o sistema de gotejamento é propício para fertilização em cobertura necessária na produção de porta-enxertos cítricos.

4.3.3 Conteúdo nutricional na massa seca dos tecidos

Os teores de N nas folhas e na haste não apresentaram diferenças entre os porta-enxertos estudados, assim como os teores de P na massa seca dos tecidos (Figura 16). Para o N, as doses de fertilizantes exerceram um efeito quadrático crescente até a dose de 4,0 g L⁻¹, enquanto que para o P, o efeito da aplicação dos fertilizantes mostrou um efeito quadrático decrescente até a dose de 3,0 g L⁻¹, voltando a crescer novamente até a dose máxima. Já, os teores de N na massa seca das raízes foram inferiores no citrangeiro FEPAGRO 'C 13' em relação ao *Poncirus trifoliata* e apresentaram um comportamento quadrático linear crescente, respectivamente (Figura 16).

O conteúdo de N, P, K e Mg na massa seca das folhas e de Ca na massa seca dos tecidos foi diferenciado entre os dois porta-enxertos, e acompanhou o comportamento em relação aos parâmetros de crescimento vegetativo, com o citrangeiro FEPAGRO 'C 13' mostrando valores de acúmulo de nutrientes na massa seca superiores em relação ao 'Trifoliata', devido ao maior vigor apresentado pelo primeiro porta-enxerto (Figuras 17, 19 e 21).

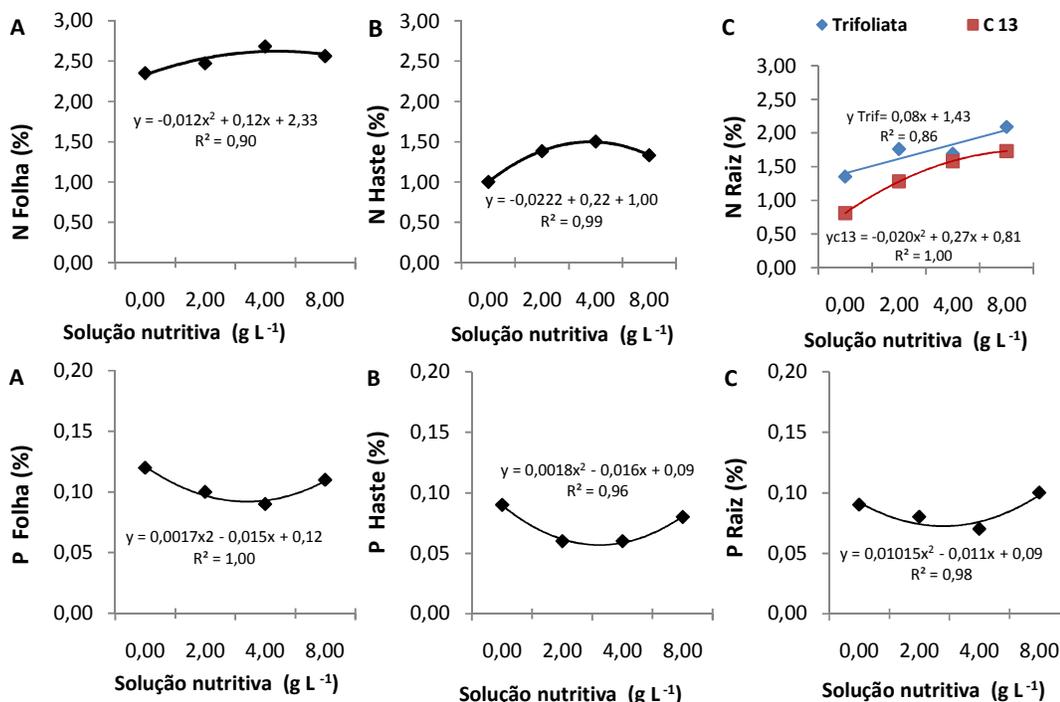


FIGURA 16. Teores de nitrogênio (N) e fósforo (P) na massa seca, médias dos porta-enxertos cultivados em substrato e fertirrigados com diferentes doses de solução nutritiva, 483 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.

Uma resposta quadrática decrescente em relação à aplicação de solução nutritiva foi observada no conteúdo de nutrientes na massa seca nas folhas do citrangeiro FEPAGRO 'C 13' (Figuras 17, 19 e 21), sendo que em relação ao diâmetro do caule no nível do colo e acúmulo de massa seca nos tecidos, a resposta à aplicação de fertilizantes foi depressiva (Figuras 12 e 13). A mesma tendência ocorreu em relação ao 'Trifoliata', que mostrou um comportamento quadrático crescente, com maior acumulação de nutrientes na massa seca da folha na dose de 4,0 g L⁻¹, como o observado em relação aos parâmetros de desenvolvimento vegetativo.

O conteúdo de N na haste e nas raízes apresentou um efeito quadrático crescente até doses intermediárias e após decresceu até a dose máxima, diferente do conteúdo de P nos mesmos tecidos, que revelou uma resposta quadrática decrescente até a dose de 4,0 g L⁻¹ e depois os valores estabilizam até a dose de 8,0 g L⁻¹ (Figura 17).

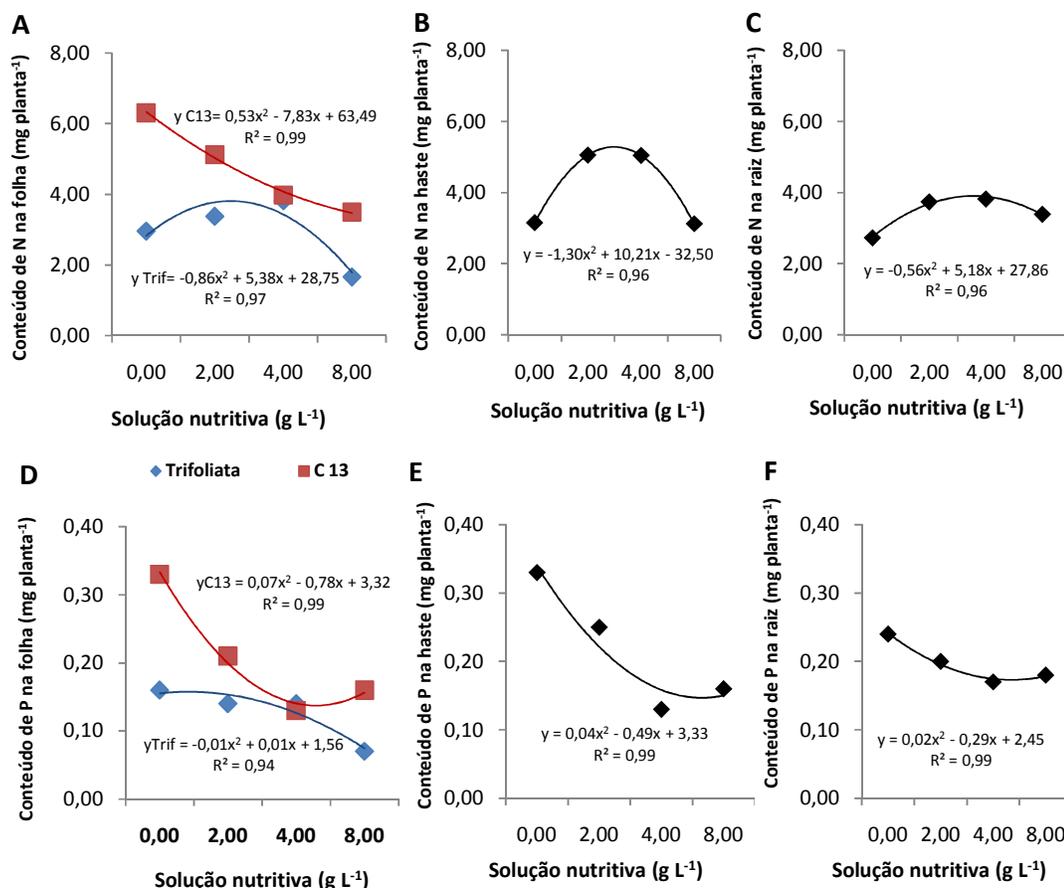


FIGURA 17. Conteúdo de nitrogênio (N) e fósforo (P) na massa seca, médias dos porta-enxertos cultivados em substrato e fertirrigados com diferentes doses de solução nutritiva, 483 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.

Alguns autores, como Bernardi *et al.* (2000b) e Carvalho *et al.* (2000) citam uma predominância do N sobre o P. Deste modo, o fornecimento excessivo de N limita a absorção de P nos tecidos, possivelmente pela menor produção de massa seca da parte aérea. Carvalho *et al.* (2000) relatam que nitrato de potássio como fonte de N, como neste trabalho, pode incidir numa competição entre os ânions fosfato e nitrato no meio de cultivo e, conseqüentemente, o aumento no fornecimento de N via KNO₃ prejudica a absorção de P pelas raízes. Em outro trabalho, comparando a fonte de N utilizada, nitrato de cálcio e uréia, este último propiciou maior acúmulo de P nos tecidos do limoeiro ‘Cravo’ (Scivittaro *et al.*, 2004).

A interação entre as doses de solução nutritiva e os porta-enxertos foi evidenciada para os teores de K na massa seca dos tecidos (Figura 18). O citrangeiro FEPAGRO ‘C 13’ apresentou os maiores teores nas folhas, haste e raízes, com um efeito diferenciado entre os tecidos, em relação às doses de adubo aplicadas (Figura 18). Nas folhas, o citrangeiro FEPAGRO ‘C 13’ mostrou um efeito quadrático depressivo até a dose de 4,0 g L⁻¹, em contraponto aos teores mostrados pelas raízes, que mostraram um comportamento quadrático crescente, saturando no mesmo ponto. Os teores de K na massa seca dos tecidos do ‘Trifoliata’ tiveram uma baixa amplitude de valores em relação à aplicação de diferentes doses de solução nutritiva, com os teores mais elevados encontrados na dose máxima (Figura 18).

O conteúdo de K nas folhas foi superior para o citrangeiro FEPAGRO ‘C 13’ em relação ao ‘Trifoliata’, uma vez que o primeiro demonstrou uma resposta quadrática decrescente até a dose máxima, e o segundo, revelou um efeito quadrático negativo saturando na dose de 4,0 g L⁻¹ (Figura 19A). O acúmulo de K na haste e nas raízes não apresentou efeito da interação entre os porta-enxertos e as doses de fertilizante. Na haste a resposta observada foi quadrática decrescente até a dose máxima, enquanto que nas raízes o efeito foi quadrático crescente até a dose de 4,0 g L⁻¹ e depois os valores decaíram (Figuras 19B e 19C).

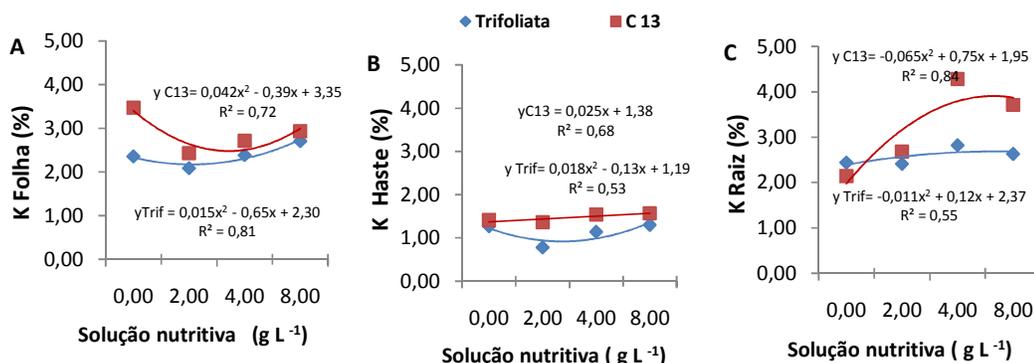


FIGURA 18. Teores de potássio (K) na massa seca, médias dos porta-enxertos cultivados em substrato e fertirrigados com diferentes doses de solução nutritiva, 483 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.

O P e K estão presentes no substrato em altos teores, segundo as interpretações para solos da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS e SC (2004). Porém, esta concentração não se confirmou na massa seca dos tecidos para o P, que mesmo aplicado via fertirrigação apresentou baixos níveis nos mesmos. Este fato pode ser explicado em parte porque o P atinge a superfície radicial por difusão e por isso possui pouca mobilidade no substrato, sendo suscetível à imobilização e às perdas por lixiviação (Taiz & Zeiger, 2004). O mesmo comportamento ocorre com o K, mas os teores deste nutriente nas folhas foram considerados altos até mesmo para padrões determinados para plantas adultas.

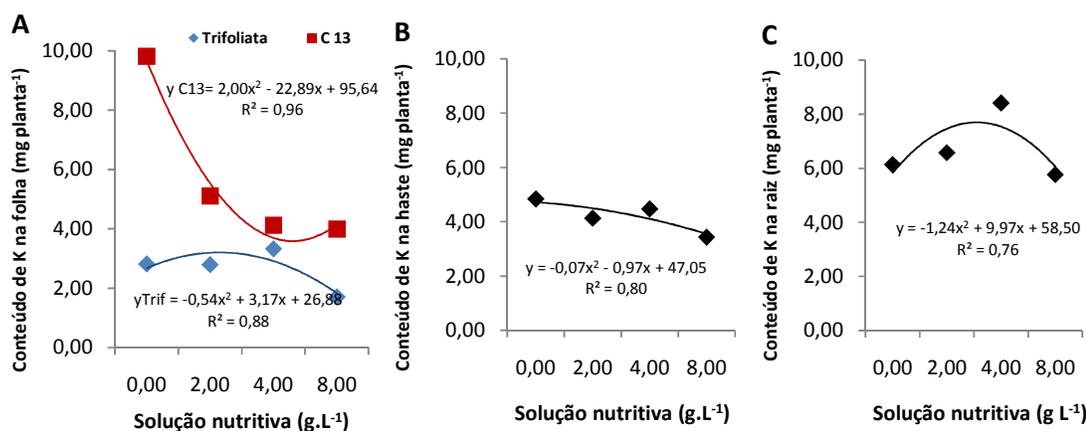


FIGURA 19. Conteúdo de potássio (K) na massa seca de porta-enxertos cultivados em substrato e fertirrigados com diferentes doses de solução nutritiva, 483 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.

Concordando com hipótese de ter ocorrido lixiviação do P e K, Boaventura *et al.* (2004) estudaram o balanço de nutrientes na produção de mudas cítricas em substrato constituído de casca de pinus compostada e vermiculita, com pH corrigido para 6,0 e enriquecido com superfosfato simples, atingindo P-resina = 100 mg dm⁻³, antes do cultivo. Os autores utilizaram uma solução completa formada por macro e micronutrientes na fertirrigação em cobertura e observaram que as perdas de N, P e K por lixiviação foram respectivamente de 8, 12 e 16% do total aplicado destes nutrientes durante o cultivo das mudas cítricas. Os autores confirmam ainda a imobilização de P no substrato

Em relação aos teores de Ca, nutriente exigido em grande quantidade pelas espécies cítricas e utilizado em maior concentração na solução nutritiva aplicada, o efeito da fertirrigação sobre os teores foi linear crescente até a dose máxima, nas folhas e na haste (Figuras 20A e 20B). E nas raízes foi revelado um comportamento quadrático crescente, saturando no ponto máximo (Figura 20C).

Para o Mg, o efeito da interação entre as doses de fertilizantes e os porta-enxertos manifestou-se apenas na massa seca das folhas, com os maiores teores encontrados no citrangeiro FEPAGRO 'C 13', que por sua vez apresentou um comportamento quadrático decrescente até a dose de adubo de dose de 4,0 g L⁻¹, com estabilização dos valores neste ponto. O 'Trifoliata' mostrou um efeito quadrático crescente até a dose máxima. Os teores de Mg na haste e nas raízes mostraram um efeito quadrático semelhante para ambos os porta-enxertos (Figura 20).

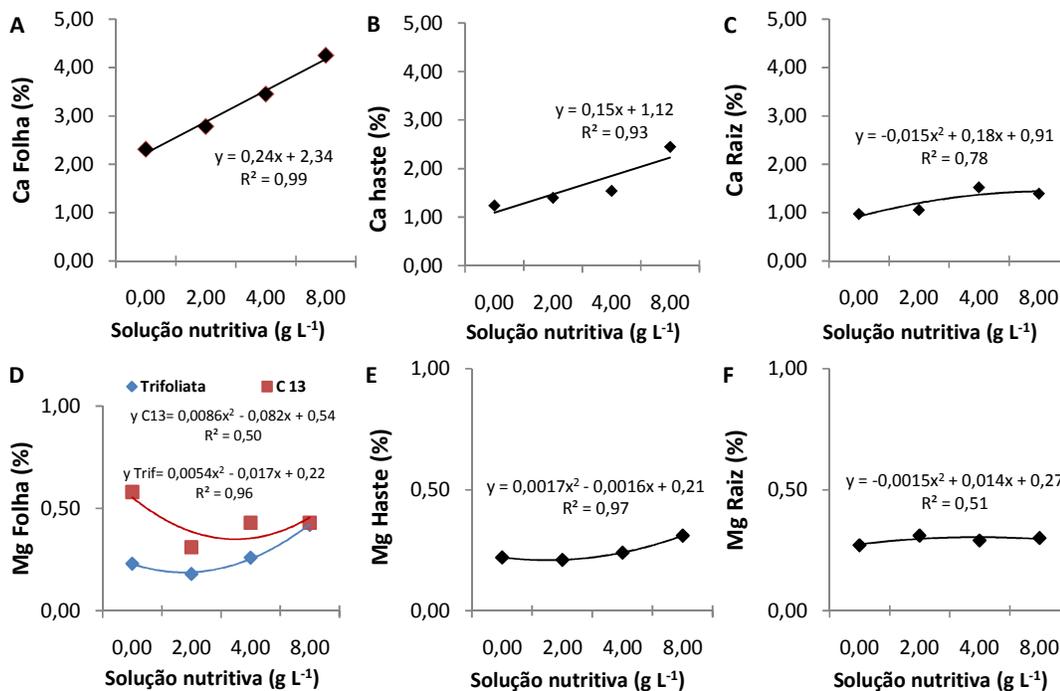


FIGURA 20. Teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na massa seca, médias dos porta-enxertos cultivados em substrato e fertirrigados com diferentes doses de solução nutritiva, 483 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.

Levando em consideração o conteúdo de Ca na massa dos tecidos, o citrangeiro ‘FEPAGRO C 13’ revelou uma resposta quadrática decrescente até a dose de 4,0 g L⁻¹. Depois os valores voltaram a se elevar. No ‘Trifoliata’, na massa seca das folhas e das raízes, demonstrou um efeito quadrático crescente até a dose de 4,0 g L⁻¹, vindo diminuir o valor com a dose de 8,0 g L⁻¹. Já na haste, o efeito foi quadrático crescente estabilizando os valores na dose de 8,0 g L⁻¹ (Figura 21).

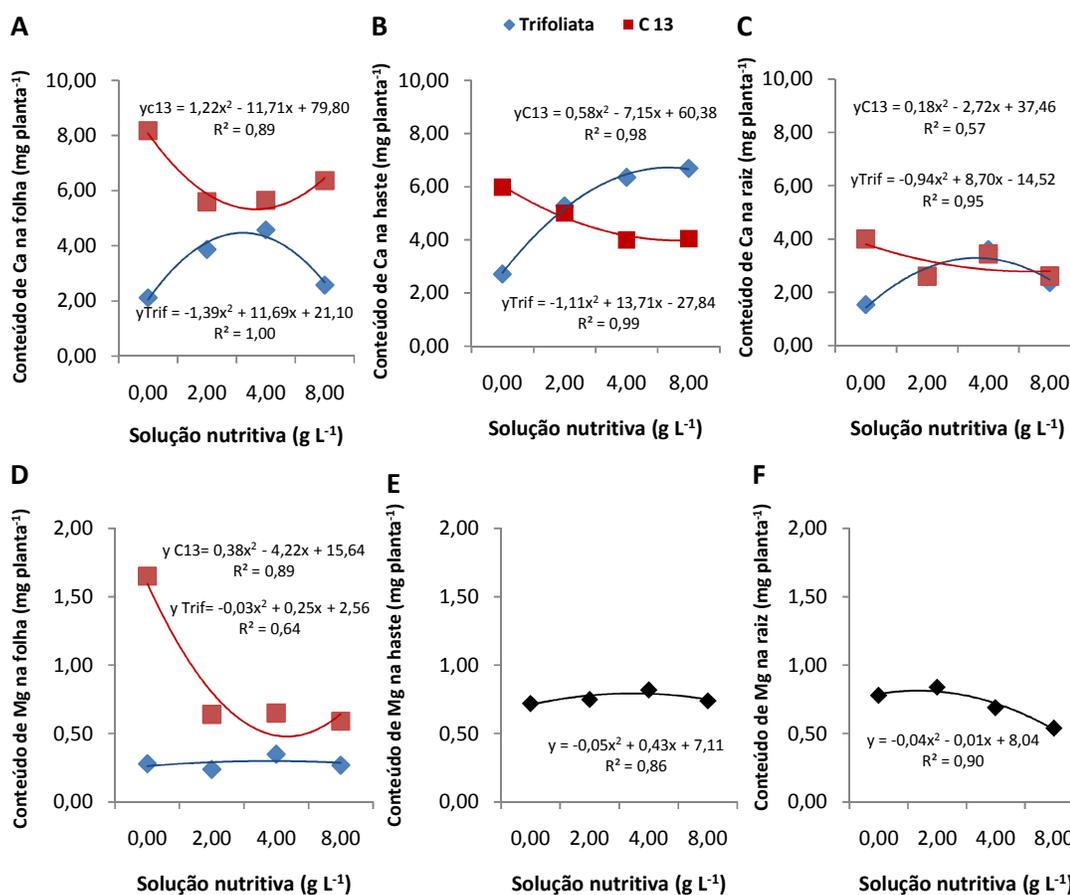


FIGURA 21. Conteúdo de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na massa seca, médias dos porta-enxertos cultivados em substrato e fertirrigados com diferentes doses de solução nutritiva, 483 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.

Enquanto o conteúdo de Mg nas folhas mostrou um comportamento diferenciado na haste e nas raízes, mas a resposta a aplicação de fertilizantes foi semelhante entre os porta-enxertos, sendo que, nas raízes o efeito revelado foi quadrático decrescente, diminuindo os valores a partir da dose de 2,0 g L⁻¹ (Figura 21).

Na sua origem, o substrato apresentou baixos teores de Ca e Mg, segundo a interpretação para análise de solos da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS e SC (2004), apesar do Ca, assim como o Mg, chegarem até a superfície radicial por fluxo de massa e dependerem da transpiração para serem absorvidos pelas plantas, assim sendo menos suscetíveis às perdas por lixiviação, e tendo maior mobilidade no meio de cultivo (Taiz & Zeiger, 2004).

De acordo com este fato, estão os altos teores destes nutrientes nos tecidos encontrados nas maiores doses de fertilizante, principalmente de N (1,00) e Ca (1,41), que estão em maiores concentrações na solução nutritiva. Nota-se neste experimento que o conteúdo de N, P, K e Mg foi diferenciado apenas na massa seca das folhas, enquanto que o acúmulo de Ca foi diferente entre os dois porta-enxertos na massa seca das folhas, da haste e das raízes (Figuras 17, 19 e 21).

Uma das principais interações mencionadas entre os nutrientes no meio de cultivo se estabelece entre o K e Ca, onde ambos competem fortemente pelos mesmos sítios de adsorção e o excesso de um leva à redução na absorção do outro. Esta competição também ocorre entre K e Mg e entre Ca e Mg, porém em menor intensidade (Bernardi *et al.*, 2000b). No presente trabalho, foi observado um incremento nos teores de Ca na massa seca dos tecidos vegetais com o aumento das doses de solução nutritiva, uma vez que o substrato no início de cultivo mostrava elevados teores de K e baixos de Ca e Mg, enquanto que a formulação do fertilizante apresentava o Ca em maior proporção (1,41), e o K (0,34) estava numa proporção bem inferior. Em contrapartida, os teores de K mostrados na massa seca das folhas dos porta-enxertos é considerado excessivo até mesmo para plantas cítricas adultas, segundo a interpretação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS e SC (2004).

Os resultados obtidos neste experimento permitem concluir que o N e o Ca são os nutrientes mais exigidos na adubação complementar via fertirrigação, pois em geral os

teores destes nutrientes nos substratos comerciais são considerados baixos e o comportamento mostrado pelos teores e conteúdos de N e Ca na massa seca dos tecidos dos porta-enxertos evidencia uma grande demanda por estes dois nutrientes. Para o P, mesmo encontrado em altos teores no substrato, mostram que é necessária sua complementação em pequena quantidade, mas este é suscetível a perda por lixiviação ou imobilização e sua absorção depende também da fonte de N utilizada nas adubações em cobertura. Em relação ao K, apesar da grande demanda por este nutriente, demonstrada pelo conteúdo de K na massa seca dos tecidos, sua complementação em cobertura é necessária em menor proporção, pois os substratos comerciais comumente apresentam elevados teores K na sua composição, uma vez que este compete fortemente com o Ca e o Mg. Este último elemento é necessário em menor quantidade que os outros nutrientes, mas requer fertilização adicional devido à competição que sofre com o Ca e K utilizados comumente em maior quantidade nas fertilizações.

4.4 Adubação nitrogenada em porta-enxertos de citros após a repicagem

4.4.1 Desenvolvimento vegetativo e acúmulo de massa seca

Os porta-enxertos cítricos mostraram-se significativamente diferentes quanto ao desenvolvimento vegetativo (Figuras 22 e 23). O Limoeiro ‘Cravo’ apresentou valores superiores para todas as características de crescimento avaliadas comparativamente ao citrumeleiro ‘Swingle’, após 200 dias de cultivo. Pode-se atribuir diferentes respostas entre os porta-enxertos às diferentes características genéticas que influenciam na capacidade de uso de luz e CO₂, afetando a absorção, o transporte e a interação dos nutrientes dentro da planta (Scivittaro *et al.*, 2004).

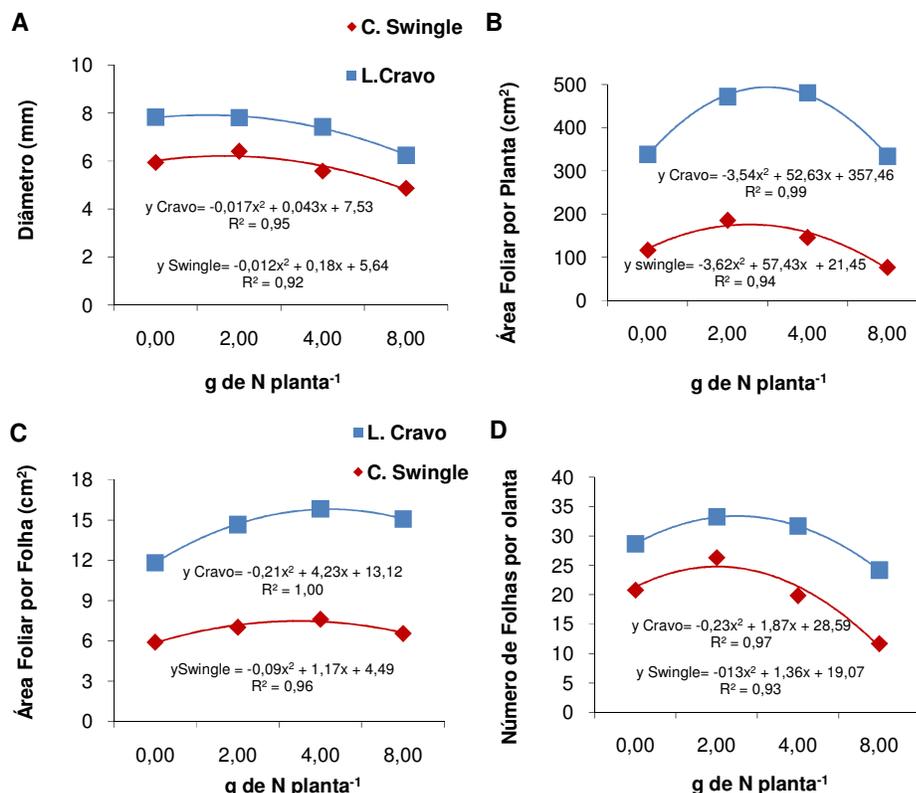


FIGURA 22. Parâmetros de desenvolvimento vegetativo, médias de dois porta-enxertos cítricos cultivados em recipientes e fertirrigados com diferentes doses de nitrogênio, 200 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.

Em outro trabalho sobre produção de porta-enxertos cítricos em ambiente protegido, também foram encontradas diferenças entre os porta-enxertos para as variáveis avaliadas (Fochesato *et al.*, 2006). Estes autores observaram que o citrangeiro FEPAGRO ‘C 13’ foi superior ao limoeiro ‘Cravo’ em relação ao diâmetro no nível do colo, mas o último apresentou maior número de folhas e área foliar. O citrumeleiro ‘Swingle’, assim como o citrangeiro, é um híbrido de ‘Trifoliata’, mas no presente estudo o limoeiro ‘Cravo’ foi superior a este porta-enxerto em todas as variáveis de desenvolvimento vegetativo.

O diâmetro no nível do colo mostrou um comportamento quadrático, onde os valores se mantiveram constantes até a dose de 2,0 g de N planta⁻¹, a partir do qual decresceram (Figura 22A).

A análise de regressão apontou para um comportamento quadrático crescente para a área foliar por planta até a dose de 3,0 g de N planta⁻¹, a partir da qual os valores decresceram para o limoeiro 'Cravo'. No caso do citrumeleiro 'Swingle' houve saturação da resposta na dose de 2,0 g de N planta⁻¹ (Figura 22B). Para área foliar por folha, ambos os porta-enxertos mostraram os maiores valores na dose de 4,0 g de N planta⁻¹. A partir desta dose houve decréscimo deste parâmetro (Figura 22C). Já o número de folhas saturou na dose de 2,0 g de N planta⁻¹ nas duas cultivares de porta-enxerto (Figura 22D). Este comportamento quadrático denota a importância na definição da dose ideal de adubo nitrogenado, pois este nutriente pode causar prejuízos tanto na falta quanto no seu excesso.

A determinação da área foliar é importante, porque as folhas são as principais responsáveis pela captação da energia solar e pela produção de material orgânico através da fotossíntese. A dose de 4,0 g de N planta⁻¹ propiciou o desenvolvimento de folhas maiores (maior área foliar por folha) (Figura 22C). Já a dose de 2,0 g de N planta⁻¹ propiciou um maior número de folhas por planta (Figura 22D), sendo este parâmetro mais decisivo na área foliar total. E a dose de 3,0 g de N planta⁻¹ propiciou maior área foliar por planta e, conseqüentemente, maior acúmulo total de massa seca (Figuras 22B e 23D).

O limoeiro 'Cravo', quando comparado com o citrumeleiro 'Swingle', apresentou diferenças significativas, quanto à produção de massa seca de raízes, hastes, folhas e total, apresentando um comportamento quadrático e o valor máximo de 8,06 g planta⁻¹ de massa seca de raízes até na dose de 2,0 g de N planta⁻¹ e decaiu drasticamente a partir da dose de 4,0 g de N .planta⁻¹ (Figura 23A). Para este parâmetro, o citrumeleiro 'Swingle' apresentou um efeito linear depressivo da adição de nitrogênio via água de irrigação e apresentou valor máximo de 3,45 g planta⁻¹ de massa seca de raízes, em ausência de nitrogênio (Figura 23A).

Para a produção de massa seca na haste e total, os dois porta-enxertos apresentaram uma resposta quadrática em relação à aplicação de N e os valores máximos foram

observados nas doses de 3,0 e 2,5 g de N planta⁻¹, para o limoeiro ‘Cravo’ e o citrumeleiro ‘Swingle’, respectivamente (Figuras 23B e 23D). Já a massa seca nas folhas apresentou comportamento quadrático crescente, saturando nas doses de 3,0 e 2,0 g de N planta⁻¹, para o limoeiro ‘Cravo’ e o citrumeleiro ‘Swingle’, respectivamente (Figura 23C).

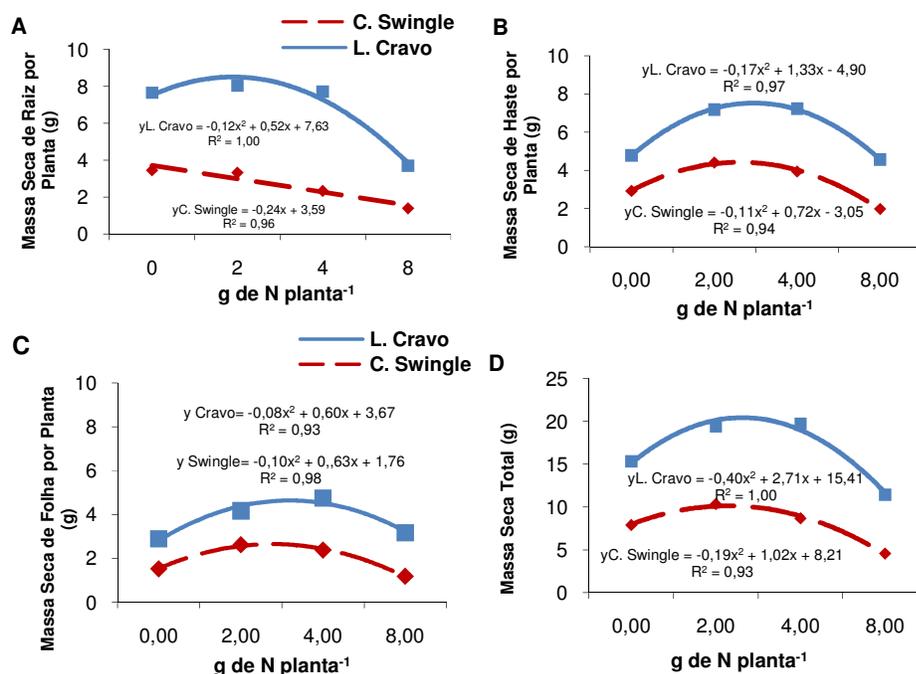


FIGURA 23. Massa seca, médias de dois porta-enxertos cítricos cultivados em recipientes e fertirrigados com diferentes doses de nitrogênio, 200 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.

O nitrogênio interfere diretamente no balanço entre crescimento de raízes/parte aérea. Esta relação é útil para estudar o equilíbrio entre os órgãos, devido às modificações no ambiente, pois indica a existência de uma interdependência entre os órgãos no balanço por água, nutrientes e carbono. O nitrogênio altera a morfologia da planta, pois quando há baixa disponibilidade do nutriente, há menor crescimento da parte aérea e as raízes são longas e sem divisões. Nos níveis intermediários, há desenvolvimento e divisão adequados do sistema radicial. No excesso do nutriente, observa-se excesso de divisão das raízes, porém o sistema radicial é reduzido e há estímulo para o desenvolvimento da parte aérea (Carvalho & Souza, 1996; Bernardi *et al.*, 2000a). Os porta-enxertos tiveram crescimento

demasiado da parte aérea em altura, necessitando de uma poda da parte aérea em função do estiolamento, explicando assim porque a variável altura da planta não foi apresentada, pois o limoeiro 'Cravo' apresentou valores semelhantes aos do citrumeleiro 'Swingle', mesmo sendo um porta-enxerto mais vigoroso.

Este comportamento foi evidenciado neste experimento pelo porta-enxerto citrumeleiro 'Swingle', que apresentou maior produção de massa seca de raízes sem a adição de nitrogênio. Na ausência de nitrogênio, o limoeiro 'Cravo' apresentou folhas com amarelecimento acentuado e valores de massa seca nas raízes semelhantes nas doses de 2,0 e 4,0 g de N planta⁻¹, o que não se repetiu na dose de 8,0 g de N planta⁻¹, onde a massa seca das raízes apresentou um decréscimo acentuado.

De acordo com este trabalho, Esposti & Siqueira (2004) avaliaram o efeito de doses de uréia no crescimento de porta-enxertos de citros produzidos em recipientes, onde foram observadas diferenças significativas nas características de crescimento entre os porta-enxertos limoeiros 'Cravo e 'Volkameriano' e as tangerineiras 'Cleópatra' e 'Sunki', aos 305 dias após a semeadura. Os limoeiros foram superiores em relação às tangerineiras, quanto aos parâmetros de desenvolvimento vegetativo. Também houve uma interação significativa das variedades de porta-enxertos com as doses de nitrogênio aplicadas para o número de folhas, área foliar, massa da matéria seca de folha, massa da matéria seca de caule, massa da matéria seca de raiz, altura e diâmetro (Esposti & Siqueira, 2004). As doses de nitrogênio, recomendadas foram de 1,73; 1,65; 2,06; e 2,07 g de N vaso⁻¹ para o cultivo dos porta-enxertos 'Cravo', 'Volkameriano', 'Cleópatra' e 'Sunki', respectivamente.

A figura 24 apresenta a evolução, com comportamento quadrático crescente, do diâmetro dos porta-enxertos ao longo de 200 dias de cultivo. De uma forma geral, os dois porta-enxertos estudados, independentemente da dose de N aplicada, praticamente não apresentaram incremento em diâmetro até os 100 DAR, a partir do qual ocorreu um

incremento quadrático. O comportamento inicial deve-se às baixas temperaturas ocorridas no período de maio a agosto, pois as temperaturas mínimas e médias entre os 20 e 60 dias após a repicagem estiveram abaixo de 12°C, apesar de ser no interior da casa de vegetação (Figura 25).

As plantas cítricas não brotam ou crescem, quando a temperatura permanece por períodos abaixo de 12°C. Próximo a esta temperatura, a taxa de fotossíntese é muito pequena ou até mesmo nula, quando abaixo dos 10 °C, sendo que a faixa de temperatura onde a fotossíntese é mais intensa situa-se entre 20 a 30 °C (Koller, 2006). As temperaturas mínimas e máximas dentro da casa de vegetação são semelhantes às do ambiente externo e há uma forte influência da temperatura e umidade relativa do ar, sobre o tempo necessário para produção de mudas cítricas em ambiente protegido (Fochesato *et al.*, 2006).

As curvas de crescimento apresentadas evidenciam que ao longo do experimento o limoeiro ‘Cravo’ apresentou um comportamento superior ao citrumeleiro ‘Swingle’ em diâmetro no nível do colo (Figura 25A). Nas doses de N aplicadas o incremento em diâmetro foi quadrático ao longo do tempo de cultivo (Figuras 25B), sendo que o efeito de 2,0 g de N planta⁻¹ foi pouco superior à testemunha e prejudicial nas doses mais altas, inclusive a dose de 8,0 g de N planta⁻¹ prejudicou a velocidade de incremento no diâmetro das plantas em relação às demais doses aos 200 dias de cultivo.

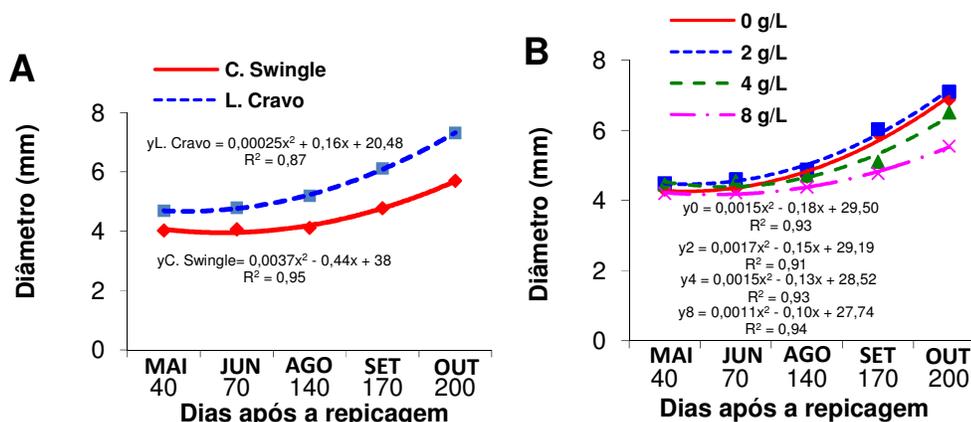


FIGURA 24. Diâmetro da haste no nível colo ao longo de 200 dias após a repicagem, médias de quatro doses de nitrogênio (A) e médias de dois porta-enxertos (B) EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.

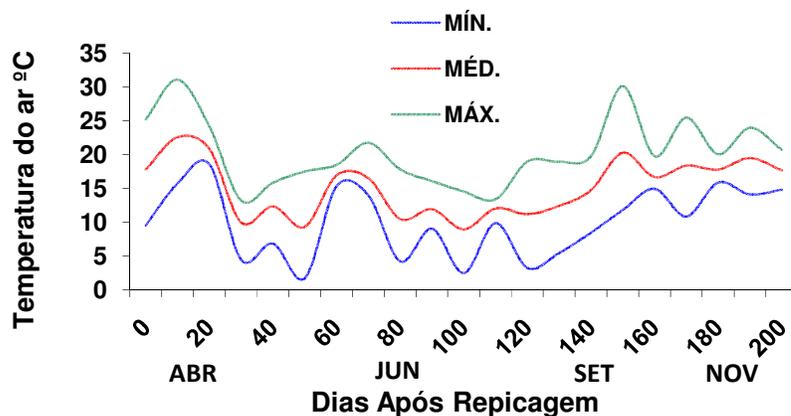


FIGURA 25. Variações das temperaturas decendiais durante o cultivo de porta-enxertos cítricos em recipientes e fertirrigados com diferentes doses de Nitrogênio, 200 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. Fonte Departamento de Agrometeorologia/Faculdade de Agronomia/UFRGS, 2007.

As doses maiores ($4,0$ e $8,0 \text{ g L}^{-1}$) de N podem ter causado toxidez e o excesso de deste nutriente pode ter induzido a deficiência de outro, prejudicando assim o crescimento das plantas. Os efeitos da salinidade do substrato foram percebidos nas folhas (Figura 32), coincidindo com o período de menores temperaturas, ocorridos no inverno (Figura 25). Isso significa que com a chegada das baixas temperaturas, os porta-enxertos reduziram seu crescimento e, por conseguinte, reduziram também a absorção de nutrientes, possibilitando o aumento do teor de sais no substrato e com isso os danos pelo excesso de sais no substrato se manifestaram e prejudicaram o crescimento vegetativo dos porta-enxertos nas doses maiores de N, sendo que a fertilização teve de ser interrompida por um período aproximado de sete semanas.

4.4.2 Conteúdo nutricional na massa seca dos tecidos

A análise de variância revelou efeito significativo da interação entre os porta-enxertos e as diferentes doses de N aplicadas, para os teores de N nas raízes e de K nos tecidos, e para os teores de Ca nas folhas. Já os teores de N foliar e caulinar, os de P e Mg foliar, caulinar e radicular, e os teores de Ca caulinar e radicular não mostraram efeito da

interação entre as espécies de porta-enxertos e a adubação nitrogenada (Figuras 26, 28 e 30).

A proporção de cada macronutriente nos tecidos diferiu entre os dois porta-enxertos estudados. O limoeiro ‘Cravo’ apresentou os maiores teores de K, P e Ca nas folhas, enquanto o citrumeleiro ‘Swingle’ apresentou maior teor de Mg nas folhas. O teor de N nas folhas e no caule foi semelhante para ambos os porta-enxertos, mas nas raízes o citrumeleiro ‘Swingle’ apresentou maior teor de N. Esse efeito pode ser atribuído à diluição, já que o limoeiro ‘Cravo’ apresentou maior acúmulo de massa seca na raiz. Este porta-enxerto mostrou teores superiores de K nas folhas em relação ao citrumeleiro ‘Swingle’, mas teores inferiores deste nutriente no caule e nas raízes.

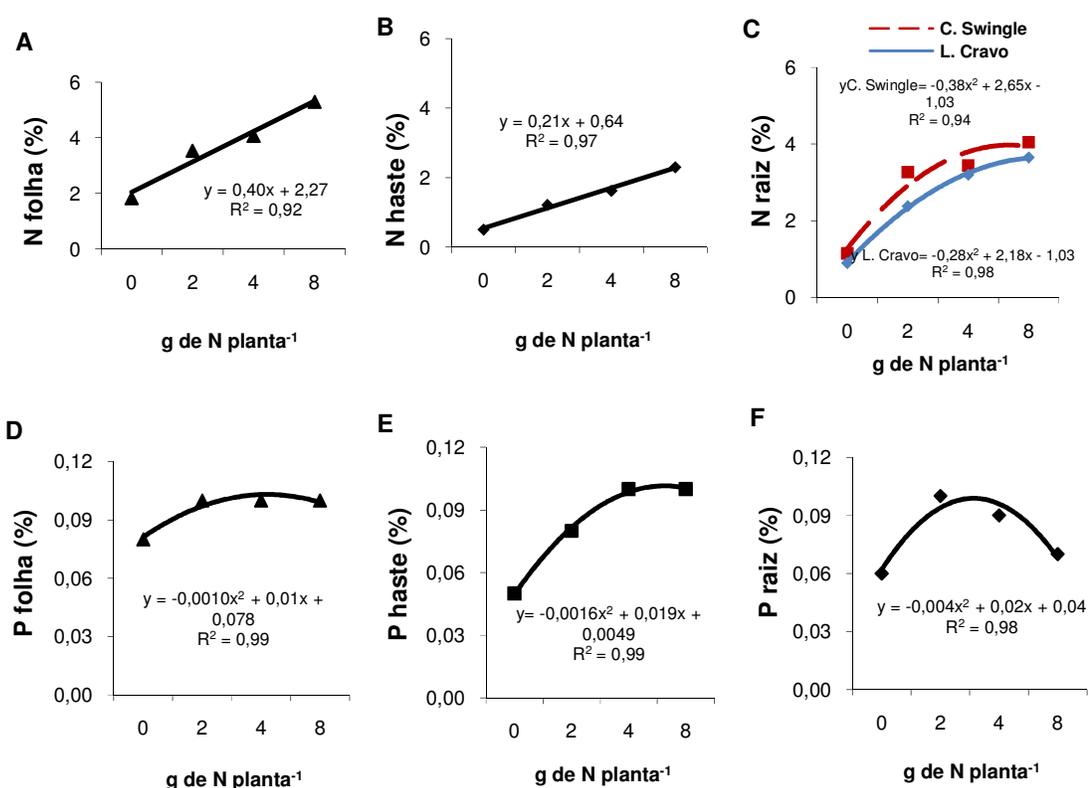


FIGURA 26. Teores de nitrogênio (N) e fósforo (P) na massa seca, médias de dois porta-enxertos cultivados em ambiente protegido e fertirrigados com diferentes doses de nitrogênio, 200 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.

Os teores de N na parte aérea e nas raízes variaram apenas em função das doses de N aplicadas, não havendo influência das espécies estudadas. O aumento no fornecimento de N proporcionou um efeito quadrático crescente nos teores de N nos tecidos. Os teores máximos do nutriente nas folhas (5,0%), no caule (2,2%) e nas raízes (3,7%) foram encontrados na dose máxima de N testada, 8,0 g de N planta⁻¹ (Figuras 26A, 26B e 26C).

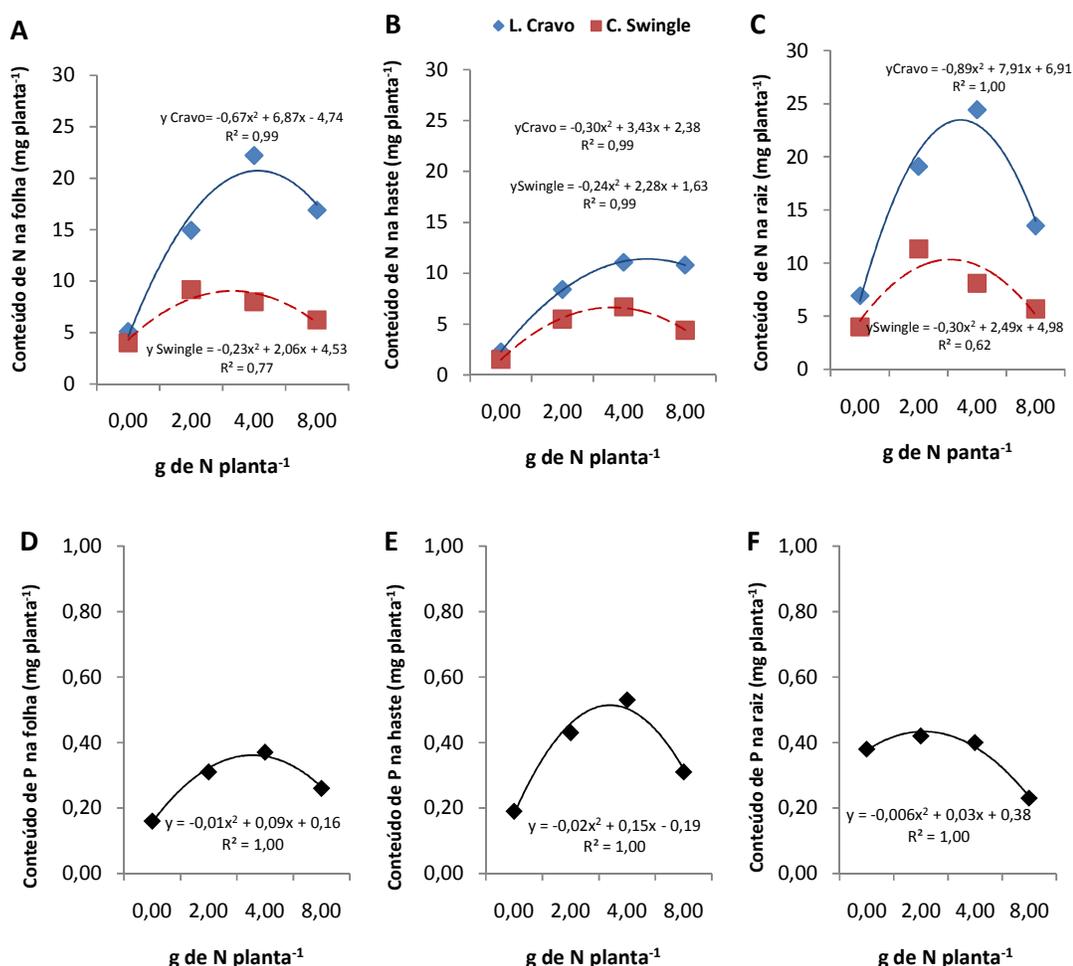


FIGURA 27. Conteúdo de nitrogênio (N) e fósforo (P) na massa seca, médias de dois porta-enxertos cultivados em ambiente protegido e fertirrigados com diferentes doses de nitrogênio, 200 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.

Assim como o N, os teores de P nos tecidos somente foram influenciados pela fertilização nitrogenada, sofrendo um efeito quadrático em relação às diferentes doses de N aplicadas para ambas as espécies testadas, com teor máximo de 0,10 e 0,08 % na matéria

seca da folha e da raiz, respectivamente, na dose de 3,0 g de N.planta⁻¹ e um teor de 0,08% no caule na dose máxima de fertilizante nitrogenado (Figuras 26D, 26E e 26F).

Diferentemente do ocorrido no presente trabalho, Bernardi *et al.* (2000b) e Carvalho *et al.* (2000), relatam que o fornecimento excessivo de N limita a absorção de P nos tecidos. O fato pode ser explicado pelo uso de nitrato de potássio nos trabalhos citados, pois a uréia empregada no presente estudo possibilita maior acúmulo de P nos tecidos, devido à ocorrência de competição entre os ânions fosfato e nitrato no meio de cultivo e, conseqüentemente, o aumento no fornecimento de N via KNO₃ prejudica a absorção de P pelas raízes e acúmulo nos tecidos (Carvalho *et al.*, 2000). Scivittaro *et al.* (2004), comparou a fonte de N utilizada, nitrato de cálcio e uréia, esta última propiciou maior acúmulo de P nos tecidos do limoeiro 'Cravo' e o comportamento do acúmulo de P nas folhas foi quadrático, assim como no presente estudo.

Em relação ao conteúdo destes nutrientes, o efeito da interação entre as cultivares de porta-enxertos e as doses de N fornecidas em cobertura foi significativo, sendo que o limoeiro 'Cravo' revelou valores maiores que o citrumeleiro 'Swingle' e um efeito quadrático crescente até a dose de 4,0 g de N planta⁻¹, a partir da qual o acúmulo de N decresceu (Figuras 27A, 27B e 27C). O citrumeleiro 'Swingle' também apresentou uma resposta quadrática crescente na massa seca das folhas e das raízes, saturando na dose de 2,0 g de N planta⁻¹. Em relação ao acúmulo de N na haste, o ponto de saturação se deu na dose de 4,0 g de N planta⁻¹ (Figuras 27A, 27B e 27C).

O conteúdo de P foi semelhante entre os porta-enxertos, sofrendo um efeito quadrático crescente até a dose de 4,0 g de N planta⁻¹, na massa seca das folhas e haste, enquanto que nas raízes a resposta foi quadrática com valores semelhantes até a dose de 4,0 g de N planta⁻¹, decaindo a partir deste ponto (Figuras 27D, 27E e 27F).

Os teores de K foliar e caulinar na massa seca do citrumeleiro 'Swingle' sofreram um efeito linear e quadrático depressivo, respectivamente, em relação às doses de N

aplicadas em cobertura. Os teores máximos observados foram de 1,2% nas folhas e 1,0% no caule. Nas raízes, houve um incremento nos teores de K até a dose de 2,0 g de N planta⁻¹, com um teor máximo de 1,4% (Figura 28). O limoeiro ‘Cravo’ apresentou comportamento quadrático depressivo em relação ao teor de K foliar (1,8%), até a dose de 4,0 g de N planta⁻¹, a partir da qual se estabilizou. Já os teores de K caulinar revelaram uma resposta quadrática, aumentando até a dose de 2,0 g de N planta⁻¹, a partir do qual os valores decaíram. Nas raízes, a resposta foi linear decrescente (Figura 28A, 28B e 28C).

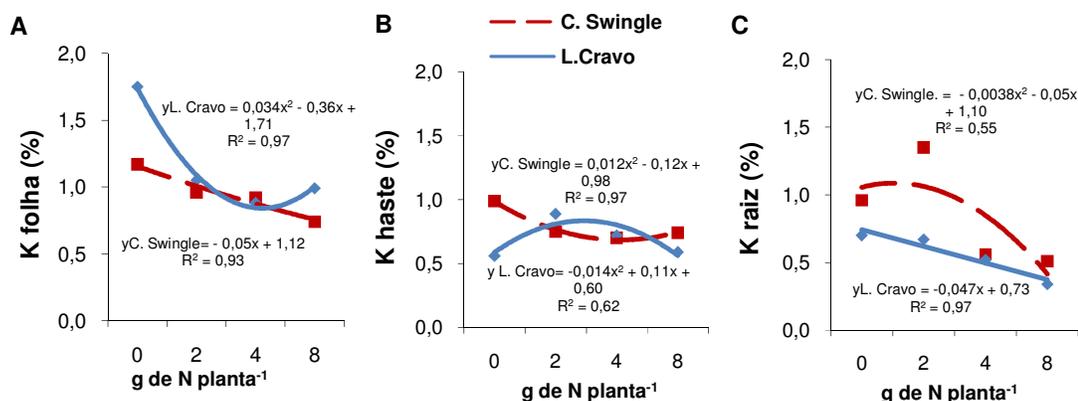


FIGURA 28. Teores de potássio (K) na massa seca, médias de dois porta-enxertos cultivados em ambiente protegido e fertirrigados com diferentes doses de nitrogênio, 200 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.

Em um experimento realizado por Carvalho *et al.* (2000), com os porta-enxertos limoeiro ‘Cravo’ e tangerineira ‘Cleópatra’, avaliando diferentes doses e freqüências de aplicação de nitrato de potássio (KNO₃), os autores encontraram uma tendência de diminuição nos teores de K nas altas doses de fertilizantes aplicadas. Também observaram este comportamento quando aumentaram a freqüência de aplicação do fertilizante. No presente experimento, os teores de K também diminuíram nas doses mais elevadas de N.

O acúmulo de K foi diferenciado entre os porta-enxertos somente na massa seca da haste, onde a maior magnitude de valores foi observada no limoeiro ‘Cravo’. Ambos os porta-enxertos mostraram uma resposta quadrática com ponto de saturação situado na dose

de 2,0 g de N planta⁻¹ (Figura 29B). Na massa seca das folhas, o efeito da aplicação de N foi quadrático e decrescente, enquanto que na massa seca das raízes houve um acréscimo até a dose de 2,0 g de N planta⁻¹. A partir deste ponto os valores diminuíram drasticamente (Figuras 29A e 29C).

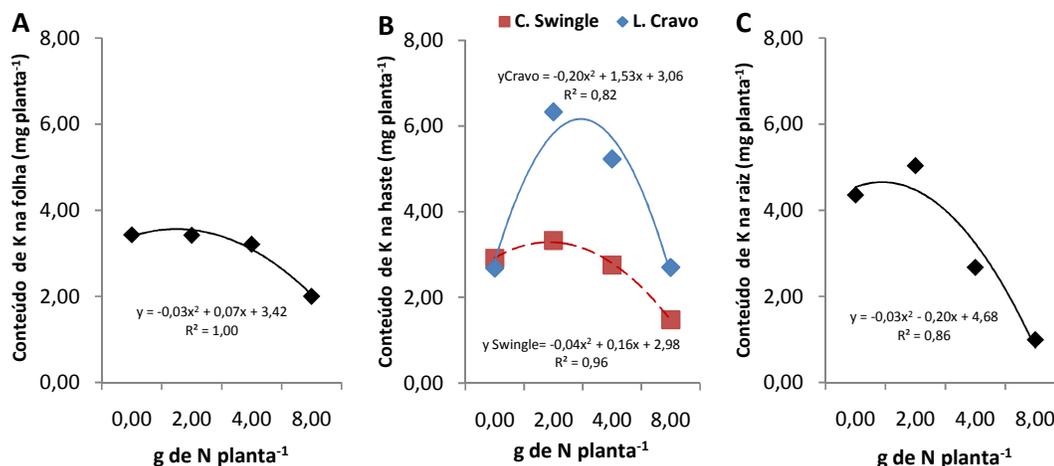


FIGURA 29. Conteúdo de potássio (K) na massa seca, médias de dois porta-enxertos cultivados em ambiente protegido fertirrigados com diferentes doses de nitrogênio, 200 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.

Houve um efeito quadrático diferenciado entre as cultivares testadas para o teor foliar de Ca (Figura 30A). O teor máximo do nutriente nas folhas (2,2%) foi observado nas doses de 3,0 g e 1,0 g de N planta⁻¹, para o limoeiro ‘Cravo’ e o citrumeleiro ‘Swingle’, respectivamente. Os teores de Ca no caule e nas raízes sofreram um efeito quadrático da fertilização nitrogenada, para ambas as cultivares testadas, com teor máximo de 0,33 e 0,40% na matéria seca de caule e de raízes, respectivamente, na dose de 2,0 g de N planta⁻¹ (Figuras 30A, 30B e 30C).

Os teores de Mg na folha também apresentaram um comportamento quadrático, com um teor máximo no tecido de 0,35% na dose de 2,0 g de N planta⁻¹. No caule e nas raízes, houve um efeito quadrático depressivo da adubação nitrogenada, com os teores

máximos de 0,11 e 0,27%, no caule e nas raízes, respectivamente (Figuras 30D, 30E e 30F).

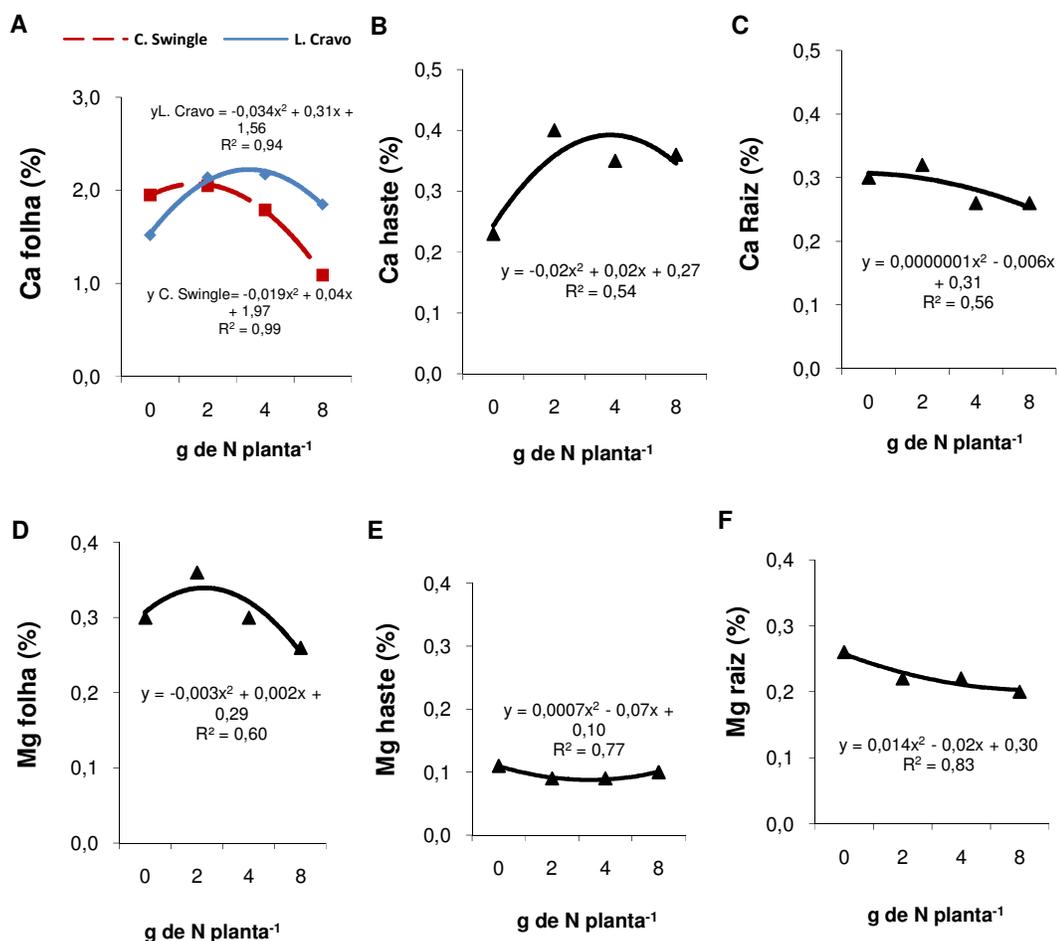


FIGURA 30. Teores cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na massa seca, médias de dois porta-enxertos cultivados em ambiente protegido fertirrigados com diferentes doses de nitrogênio, 200 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.

Assim como o observado neste trabalho, Serrano *et al.* (2004) comprovaram que os incrementos na adubação promoveram uma resposta linear crescente para os teores foliares de N do limoeiro ‘Cravo’ e uma resposta quadrática para os teores foliares de Ca, em diferentes sistemas de produção e doses de fertilizante de liberação lenta NPK (14-14-14). Os altos teores de K no substrato e de NH_4^+ do fertilizante podem ter influenciado os baixos teores de Mg nos tecidos, além da relação Ca/Mg no substrato, que quando muito

elevada pode prejudicar a absorção de Mg. Plantas muito exigentes em K, como as espécies cítricas, podem apresentar um teor absoluto de Mg relativamente baixo.

Em relação ao Ca e ao Mg, ambos demonstraram um comportamento quadrático crescente com interação entre os porta-enxertos apenas para o acúmulo destes nutrientes na massa seca das folhas. O 'Cravo' saturou na dose de 4,0 g de N planta⁻¹, enquanto o 'Swingle' saturou na dose de 2,0 g de N planta⁻¹. O Ca apresentou uma magnitude de valores superior ao Mg (Figuras 31A e 31D), enquanto o conteúdo destes nutrientes na haste e nas raízes revelaram um efeito quadrático crescente semelhante entre os porta-enxertos, saturando na dose de 2,0 g de N planta⁻¹ (Figura 31).

As variações no acúmulo de nutrientes pela parte aérea das plantas de limoeiro 'Cravo' e do citrumeleiro 'Swingle', em função da adubação nitrogenada, de forma geral, acompanharam as variações na produção de massa seca e a magnitude do efeito do aumento do fornecimento de N no substrato sobre o acúmulo de N, P, K, Ca e Mg é distinta, porém, limitada pelo uso das doses mais elevadas de fertilizante nitrogenado.

Bernardi *et al.* (2000b), adubando o limoeiro 'Cravo' com NPK, observaram uma interação entre o fornecimento de N e os teores de nutrientes nos tecidos, com respostas semelhantes às encontradas neste experimento, com exceção aos teores de P. Para este autores as doses de N aumentaram linearmente os teores do nutriente nos tecidos. O teor de K nas folhas decresceu da dose mais baixa de N até a dose de 5,16 g planta⁻¹. Os autores concluíram que a adubação nitrogenada reduziu os teores de Ca, nas doses mais elevadas de fertilizante nitrogenado.

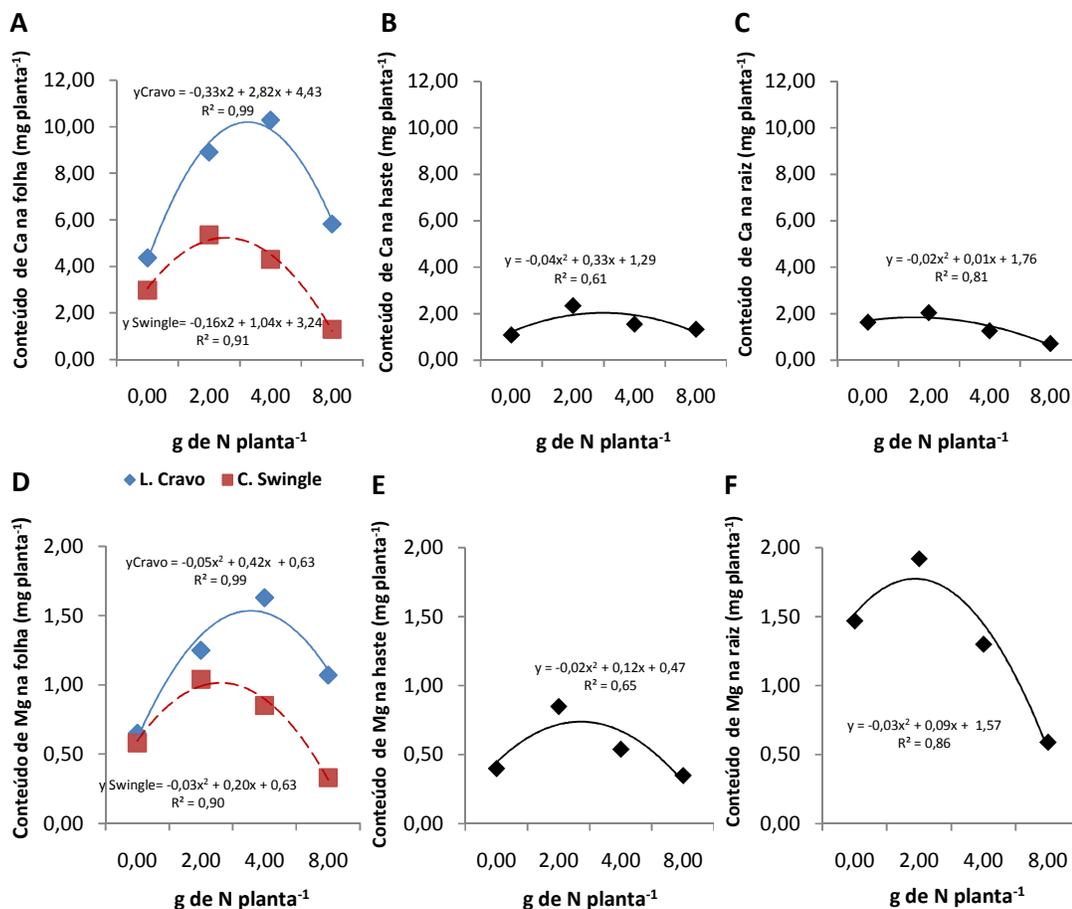


FIGURA 31. Conteúdo de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na massa seca, médias de dois porta-enxertos cultivados em ambiente protegido fertirrigados com diferentes doses de nitrogênio, 200 dias após a repicagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.

Estudando substratos com níveis de fertilidade diferentes em porta-enxertos de citros, foram encontrados maiores teores de nitrogênio e potássio no limoeiro ‘Cravo’ do que no citrangeiro FEPAGRO ‘C 13’ (Fochesato *et al.*, 2006). Os teores de fósforo, cálcio e magnésio, nas folhas mostraram-se semelhantes nestes porta-enxertos. Os autores ainda observaram que apesar dos níveis altos de cálcio nos substratos, o conteúdo de cálcio foliar em todos os tratamentos foi insuficiente, e para N,P,K e Mg, normais a excessivos, comportamento semelhante ao observado neste experimento, com exceção do P.

No presente estudo o limoeiro ‘Cravo’ apresentou teores foliares de N, P e Mg semelhantes ao citrumeleiro ‘Swingle’, enquanto os teores encontrados de K e Ca foram

superiores no limoeiro 'Cravo'. Este porta-enxerto acumulou maiores quantidades de N, K, Ca e Mg. O conteúdo de P foi semelhante entre os porta-enxertos estudados.

As altas doses de fertilizante nitrogenado influenciaram negativamente na absorção de K, Ca e Mg, possivelmente pelo maior teor de NH_4^+ no substrato, pois o íon amônio compete pelos mesmos sítios de adsorção que os íons K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} disponibilizando, desta forma menores quantidades destes nutrientes para o sistema radicial dos porta-enxertos. Este comportamento é confirmado pelas grandes quantidades encontradas no substrato, mas não confirmadas nas folhas, pois os teores, de P (385 mg kg^{-1}) e de K (2763 mg kg^{-1}) no substrato são considerados muito altos, enquanto os teores de Ca ($28 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e Mg ($19 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) são interpretados como altos, segundo recomendação para análise de solos da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS e SC (2004).

Outra explicação possível para a resposta encontrada é a liberação de íons H^+ durante o processo de nitrificação de uréia, que resulta na diminuição do pH do meio de cultivo, indisponibilizando alguns nutrientes para as raízes. Também há os efeitos físicos dos fertilizantes nos tecidos, principalmente das raízes.

A queima dos tecidos causada pelo aumento da pressão osmótica da solução ou efeito salino provocada pelas altas doses de fertilizante também pode ter prejudicado a absorção destes nutrientes pelas raízes dos porta-enxertos (Figura 32).

Com base no ocorrido neste experimento, nota-se a necessidade de conhecer os teores de nutrientes no substrato, as interações entre os nutrientes e as necessidades nutricionais das plantas em cada época do ano, visando manejar corretamente a quantidade e os nutrientes necessários na produção de porta-enxertos cítricos na fase de viveiro. O fato de as plantas cítricas serem altamente exigentes em K e Ca e estes nutrientes apresentaram os maiores teores nas doses baixas ou na ausência de fertilização, indica que a adubação em cobertura é necessária e deve-se optar por utilizar uma fertilização balanceada em termos de macronutrientes, uma vez que a fertilidade do substrato, aliada à aplicação

isolada de nitrogênio em cobertura na forma de uréia, não permite uma adequada oferta nutricional aos porta-enxertos cítricos.



FIGURA 32. A). Limoeiro ‘Cravo’ com amarelecimento das folhas (seta branca) em comparação as plantas com folhas de coloração verde-escuro (seta preta); B). Folhas de limoeiro ‘Cravo’ e citrumeleiro ‘Swingle’ apresentando bordos queimados, sintoma de excesso de sais no substrato (seta vermelha). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2007.

4.5 Desenvolvimento vegetativo de porta-enxertos cítricos produzidos em diferente recipientes

O crescimento em altura, independentemente do porta-enxerto e do recipiente utilizados, foi lento até os 90 DAS, sofrendo a partir de então uma aceleração até o final do experimento, como consequência do aumento da temperatura no decorrer do período (Figura 33). No início do experimento, segunda quinzena de agosto, as temperaturas médias estiveram abaixo de 12 °C (Figura 2). A época do ano em que a semeadura é realizada é um fator relevante na germinação de porta-enxertos de citros. Embora a

germinação ocorra na faixa de 12°C a 40°C, o desenvolvimento é otimizado em temperatura de 26°C a 28°C (Oliveira & Scivittaro, 2007).

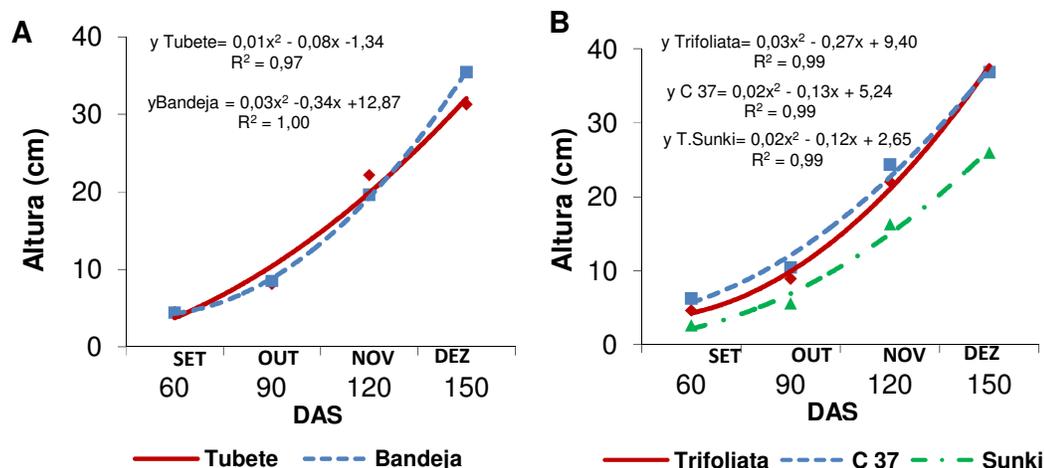


FIGURA 33. Altura da parte aérea ao longo dos 150 dias após a semeadura (DAS), médias de três porta-enxertos cítricos (A) e médias de dois recipientes (B), semeados em tubetes de 120cm³ e bandejas com células de 120cm³, cultivados em ambiente protegido. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2008.

O comprimento da parte aérea ao longo do tempo foi semelhante para as plantas cultivadas em bandeja e tubetes até os 120 DAS (Figura 33A). A partir desse período, as plantas produzidas em bandeja passaram a apresentar um incremento maior em torno de 10%. Com relação aos porta-enxertos, o ‘C 37’ apresentou um crescimento em altura da parte aérea semelhante ao ‘Trifoliata’ e ambos os porta-enxertos foram superiores, em torno de 30%, em relação à tangerineira ‘Sunki’, ao longo dos 150 dias de cultivo (Figura 33B).

Foram observadas diferenças significativas entre os porta-enxertos e o tipo de recipiente para a maioria das características avaliadas, apesar de não ocorrer interação significativa (Tabela 17).

TABELA 17. Características de crescimento, médias de dois recipientes e médias dos porta-enxertos *Poncirus trifoliata*, citrangeiro FEPAGRO ‘C 37’ e tangerineira ‘Sunki’, 150 dias após a semeadura. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2008.

Porta-enxertos	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	Área Foliar (cm ²)		N. de Folhas	Massa Seca (g)		
			Folha	Planta		Raiz	P.aérea	Total
‘Trifoliata’	37,31a ¹	2,23b	2,62c	51,26c	19,39a	0,25b	1,13b	1,38b
FEPAGRO ‘C37’	36,84a	2,99a	6,21b	75,42b	12,14b	0,46a	1,84a	2,30a
T. ‘Sunki’	25,97b	1,92c	6,94a	117,38a	17,01a	0,20b	1,00b	1,19b
C.V.(%)	16,6	5,0	8,0	11,6	15,4	22,2	13,2	14,6
Recipientes								
Bandeja	35,44	2,52a	5,52a	92,17a	18,09a	0,36a	1,57a	1,93a
Tube	31,30	2,25b	5,00b	70,53b	14,27b	0,24b	1,07b	1,31b
C.V.(%)	7,5	3,8	4,4	5,8	3,9	6,3	7,5	7,2

¹Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna, diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

O citrangeiro FEPAGRO ‘C 37’ teve maior diâmetro no nível do colo (2,99 mm); o ‘Trifoliata’ apresentou um diâmetro intermediário (2,23 mm) e a ‘Sunki’ mostrou o menor diâmetro (1,92 mm). O ‘Trifoliata’ apresentou o menor índice de área foliar por planta e por folha, e um maior número de folhas por planta. O FEPAGRO ‘C 37’ apresentou um índice de área foliar maior que o Trifoliata, mas inferior à tangerineira ‘Sunki’ (Tabela 17).

Estes resultados em área foliar são considerados normais, devido às características intrínsecas da própria espécie, pois o ‘Trifoliata’ apresenta folhas pequenas, quando comparado a outros porta-enxertos cítricos (Schäfer, 2004). Os citrangeiros são híbridos entre *Citrus sinensis* [L.] Osbeck x *Poncirus trifoliata*, que, no caso do FEPAGRO ‘C 37’, apresentam características semelhantes às do Trifoliata, como o porte reduzido, a tolerância ao frio e a indução de frutos de boa qualidade (Schäfer, 2004).

Em outro experimento, o limoeiro ‘Cravo’ mostrou-se superior em diâmetro à tangerineira ‘Cleópatra’, sendo que é normal esta diferença devido às características de cada espécie, uma vez que o limoeiro ‘Cravo’ é conhecido por seu vigor e a tangerineira

'Cleópatra' apresenta crescimento em altura e dificuldades de engrossamento do caule (Jabur & Martins, 2002). Este comportamento das tangerineiras citado pelos autores também foi encontrado no presente trabalho, onde a tangerineira 'Sunki', quando comparada com o citrangeiro FEPAGRO 'C 37' e com o 'Trifoliata' apresenta crescimento menos vigoroso em altura e diâmetro da haste, apesar de possuir maior área foliar.

Diferenças entre os porta-enxertos são comuns de serem encontradas, pelas características genéticas peculiares a cada porta-enxerto. (Schäfer, 2004). Este autor, aos 120 DAS, obteve alturas superiores a 15 cm para o 'Trifoliata' e 13 e 12 cm para os citrangeiros FEPAGRO 'C 37' e FEPAGRO 'C 13', respectivamente e 10 cm para o limoeiro 'Cravo'. Os valores encontrados por este autor para o diâmetro no nível do colo foram similares entre os porta-enxertos, porém foram inferiores aos observados neste trabalho. Esta diferença em altura e diâmetro deve-se ao período de cultivo dos porta-enxertos, que no presente trabalho foi de 150 dias, possivelmente aliado ao manejo de adubação com fertirrigação contínua. Schäfer (2004) também observou diferenças em área foliar entre os porta-enxertos, sendo o citrangeiro FEPAGRO 'C 37' superior ao FEPAGRO 'C 13', ao limoeiro 'Cravo' e ao 'Trifoliata', que por sua vez teve o menor índice de área foliar, apesar de apresentar o maior número de folhas.

O citrangeiro FEPAGRO 'C 37' teve um acúmulo de massa seca superior aos demais porta-enxertos, apresentando $0,46 \text{ g.planta}^{-1}$ de massa seca de raiz e $1,84 \text{ g.planta}^{-1}$ de massa seca da parte aérea (Tabela 17). Foi observado um comportamento semelhante de acúmulo de massa seca entre o 'Trifoliata' e a tangerineira 'Sunki'. Ambos apresentaram massa seca de raiz de $0,20 \text{ g.planta}^{-1}$ e $1,13$ e $1,00 \text{ g.planta}^{-1}$ de massa seca de parte aérea, respectivamente (Tabela 17).

O maior acúmulo de massa seca aérea do FEPAGRO 'C 37' deve-se ao seu maior diâmetro, enquanto 'Sunki' teve menor massa seca total devido à sua menor altura e diâmetro, pois apresentou folhas maiores e em maior número por planta.

Os porta-enxertos semeados em bandejas, comparados aos porta-enxertos semeados em tubetes, apresentaram um incremento em diâmetro em torno de 12%; em área foliar por folha de 9,5% e em área foliar por planta até 23,5% (Tabela 17). Quanto à altura final, não houve diferença significativa entre os recipientes utilizados. Os porta-enxertos produzidos em bandejas mostraram, também, um incremento superior a 30% no acúmulo de massa seca (Tabela 17).

A altura do recipiente é fundamental na determinação da água retida após a irrigação (capacidade de vaso). Com o aumento da altura do recipiente, possivelmente ocorreu uma diminuição na retenção de água devido ao aumento da drenagem, pela ação da força gravitacional (Bailey *et al.*, 2005a). Concomitantemente, o sistema de irrigação empregado influenciou os resultados, pois como se usou a sub-capilaridade, onde a água é fornecida na parte inferior do substrato e umedece o substrato por força capilar, quanto mais alto o recipiente, mais dificuldade a água tem de irrigar as camadas superiores. Como os tubetes possuem uma altura superior em relação às bandejas (140 mm), as plantas semeadas em bandejas provavelmente desfrutaram de menor gradiente de umidade do substrato, culminando em maior crescimento do sistema radicial nas bandejas e, por conseguinte, da parte aérea dos porta-enxertos.

Foram alcançados resultados superiores em diâmetro e peso seco de raiz, folha e caule para plantas de limoeiro 'Cravo' oriundas do sistema de blocos prensados em comparação com plantas oriundas de tubetes (Serrano *et al.*, 2004). Outros resultados favoráveis ao desenvolvimento vegetativo de plantas oriundas de blocos prensados em relação a plantas produzidas em tubetes são descritos para outras espécies frutíferas, como a goiabeira (Schiavo & Martins, 2002). As plantas produzidas em tubetes sofrem restrições impostas pelas paredes ao crescimento lateral das raízes, provocando deformações às mesmas por direcionar seu crescimento para baixo, ao longo das paredes dos tubetes (Leal *et al.*, 2005). Quando o sistema radicial pivotante encontra a parte final do tubete, algumas

anomalias morfológicas são desencadeadas, como o intumescimento da região apical e ramificação das raízes, com posterior subdivisão do sistema radicial (Baldassari *et al.*, 2003).

Assim, as raízes das plantas cultivadas nas células com formato piramidal das bandejas de isopor podem ter sido submetidas a menores restrições, devido à ausência de estrias longitudinais, e por estas apresentarem células mais largas que o diâmetro dos tubetes na parte superior, portanto, as plantas cresceram com uma arquitetura radicial diferente. A confirmação dessa hipótese está na maior massa de raízes das plantas cultivadas nas bandejas e, como há uma relação direta entre desenvolvimento radicial e aéreo, houve também maior crescimento da parte aérea daquelas cultivadas nas bandejas.

Os porta-enxertos FEPAGRO ‘C 37’ e ‘Trifoliata’ apresentaram maior vigor inicial comparativamente à tangerineira ‘Sunki’. Ao empregar-se o sistema de irrigação por sub-capilaridade, pode-se usar tubetes e bandejas de alvéolos de isopor, sendo mais indicado o segundo tipo, por acelerar o desenvolvimento dos porta-enxertos cítricos e por proporcionar maior facilidade no manejo da sementeira.

5 CONCLUSÕES

A escarificação química aumenta a germinação das sementes e o desenvolvimento inicial dos porta-enxertos FEPAGRO 'C 37' e 'Trifoliata', e prejudica a germinação das sementes da tangerineira 'Sunki' e do Citrumeleiro 'Swingle'.

O substrato Comercial 1 propicia um melhor desempenho vegetativo inicial aos porta-enxertos cítricos na sementeira, em relação ao substrato Comercial 2

A dose de solução nutritiva que proporciona o melhor desenvolvimento dos porta-enxertos na fase de sementeira é de $1,0 \text{ g.L}^{-1}$.

Verifica-se um comportamento diferenciado dos porta-enxertos quanto ao acúmulo de nutrientes, sendo que o citrumeleiro 'Swingle' e a tangerineira 'Sunki' necessitam maior quantidade de nutrientes do que o 'Trifoliata' e o citrangeiro 'Troyer'.

O porta-enxerto FEPAGRO 'C 13' apresenta desempenho superior ao porta-enxerto 'Trifoliata', quando produzidos em recipientes em ambiente protegido, após a repicagem destes para sacolas plásticas no viveiro.

As baixas temperaturas ocorridas no inverno, e as altas temperaturas no verão dentro da casa de vegetação, aliadas ao acúmulo de sais no substrato, prejudicam fortemente o desenvolvimento vegetativo dos porta-enxertos, reduzindo a absorção de nutrientes e causando danos às folhas das plantas.

Após a semeadura e após a repicagem, a densidade seca e a densidade úmida dos substratos testados aumentam em decorrência da acomodação de suas partículas, com uma

maior formação de microporos, e conseqüente, aumento do volume de água remanescente e redução da água facilmente disponível.

Na segunda fase de produção dos porta-enxertos cítricos, o limoeiro ‘Cravo’ tem um vigor maior em ambiente protegido do que o citrumeleiro ‘Swingle’, alcançando o ponto de enxertia em menor tempo.

O incremento em diâmetro destes porta-enxertos é praticamente nulo até a dose 2,0 g de N.planta⁻¹. As doses superiores prejudicam o desenvolvimento deste parâmetro e este comportamento também é apresentado pelo acúmulo de massa seca da raiz.

O limoeiro ‘Cravo’ tem um conteúdo de nutrientes superior ao citrumeleiro ‘Swingle’, evidenciando maior capacidade de absorção de nutrientes em decorrência do vigor mais acentuado do limoeiro ‘Cravo’.

Os porta-enxertos ‘FEPAGRO C 37’ e ‘Trifoliata’ apresentam um maior vigor inicial, comparativamente à tangerineira ‘Sunki’, ao empregar-se o sistema de irrigação por sub-capilaridade.

Neste mesmo sistema o uso de bandejas alveoladas de isopor acelera o desenvolvimento dos porta-enxertos cítricos em relação à sementeira em tubetes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados e discutidos nos experimentos realizados permitiram observar outros fatores que podem ser testados em futuros trabalhos, permitindo elucidar aspectos ligados à formação de porta-enxertos cítricos.

O método de escarificação química é de fácil execução e baixo custo, sendo indicado para o porta-enxerto 'Trifoliata', mas faz-se necessário testar ajustes em relação aos componentes da solução e o tempo de imersão das sementes e possíveis interações com diferentes cultivares de porta-enxertos cítricos.

O uso de bandejas alveoladas na sementeira proporciona maior crescimento dos porta-enxertos, além de dispensar o uso de suportes necessários para fixação dos tubetes e facilitar o manejo da sementeira quando se utiliza sistema de irrigação por capilaridade.

Estas tecnologias citadas permitem acelerar e uniformizar o desenvolvimento das plantas na sementeira, contribuindo assim, para diminuir o tempo de formação dos porta-enxertos cítricos. O menor tempo de permanência da muda no viveiro aumenta o número de ciclos de produção na estrutura física e conseqüentemente aumenta a eficiência de mão-de-obra e diminui os gastos com insumos.

O sistema de irrigação por capilaridade mostra-se compatível à fertirrigação contínua na formação de porta-enxertos cítricos, na fase de sementeira. Além de possibilitar economia de água, pois, sendo um sistema fechado que permite a recirculação de água, minimiza as perdas de nutrientes por lixiviação. No entanto, este sistema propicia

condições mais uniformes de umidade do substrato ao longo do recipiente e, conseqüentemente, disponibiliza maior quantidade de nutrientes para absorção.

Neste sentido, faz-se necessário testar doses mais elevadas de solução nutritiva do que as usadas neste experimento, uma vez que estas não foram suficientes para indicar a quantidade máxima de cada nutriente necessária para se obter o máximo crescimento vegetativo dos porta-enxertos testados.

No viveiro, o sistema de irrigação por gotejamento tem uma tendência de acumular sais no substrato, prejudicando a absorção de nutrientes pelas raízes e, por conseguinte, o desenvolvimento vegetativo dos porta-enxertos.

Os resultados observados nos experimentos referentes à fertilização dos porta-enxertos permitem concluir que a adubação em cobertura é necessária e deve-se optar por utilizar um manejo balanceado entre os nutrientes. Os resultados encontrados no experimento utilizando N isoladamente, mostram que esta oferta nutricional não é adequada aos porta-enxertos limoeiro 'Cravo' e citrumeleiro 'Swingle', quando cultivados em recipientes.

No manejo de fertilização em cobertura dos substratos, faz-se necessário o conhecimento da concentração de nutrientes presentes no substrato antes do cultivo e as possíveis interações destes com os nutrientes contidos nos fertilizantes, bem com a necessidade nutricional de cada cultivar de porta-enxerto cítrico. Os substratos comerciais utilizados geralmente apresentam uma adubação de base com teores excessivos de nutrientes, sendo que no viveiro é mais fácil manejar nutricionalmente um substrato com baixos teores de nutrientes.

Alguns dos empecilhos encontrados durante a condução dos experimentos em ambiente protegido, nas condições do Rio Grande do Sul, são as baixas temperaturas no inverno e as altas no verão. Mesmo em casa de vegetação, os porta-enxertos tendem a diminuir e até paralisar o crescimento em condições de temperaturas amenas. O 'Trifoliata'

é o porta-enxerto que sente mais o efeito das baixas temperaturas, por entrar em dormência nestas condições, sendo necessário estudar formas de manejo da temperatura do ar ou do substrato dentro da casa de vegetação, para minimizar o período em que os porta-enxertos tem seu crescimento paralisado.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, S.C.; SOUZA, M. Influência da adubação e vigor dos ramos porta borbulhas na qualidade dos enxertos de citros **Ciência e Prática**, v. 18, p. 151-157, 1994.

BAILEY, D. A. *et al.* **Greenhouse substrates and fertilization**. Raleigh: North Carolina State University, 2005a. Disponível em: <<http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/floriculture/plugs/ghsubfert.pdf>> Acesso em: 01 jun. 2005.

BAILEY, D. A. *et al.* **Substrate pH and water quality**. Raleigh: North Carolina State University, 2005b. Disponível em: <<http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/floriculture/plugs/ph.pdf>> Acesso em: 01 jun. 2005.

BALDASSARI, R. B. *et al.* Declínio dos citros: Algo a ver com o sistema de produção de mudas cítricas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p.357-360, 2003.

BELLÉ, S; KÄMPF, A. N. Utilização de casca de arroz carbonizada como condicionador hortícola para um solo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 29, n. 8, p. 1265-1271, 1994.

BERNARDI, A.C.C. *et al.* Desenvolvimento de mudas de citros cultivadas em vaso em resposta à adubação NPK. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 4, p. 733-738, out./dez. 2000a.

BERNARDI, A.C.C. *et al.* Macronutrientes em mudas de citros cultivadas em vaso em resposta à adubação NPK. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 4, p. 761-767, out./dez. 2000b.

BOAVENTURA, P. R. R. *et al.* Balanço de nutrientes na produção de mudas cítricas cultivadas em substrato. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 300-305, 2004.

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

CARVALHO, S. A. Produção de porta-enxertos cítricos, sob doses crescentes de nitrato de potássio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 87-90, 1994.

CARVALHO, S. A. de; SOUZA, M. de. Doses e frequência de aplicação de nitrato de potássio no crescimento do limoeiro 'Cravo' e da tangerineira 'Cleópatra' em bandejas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 11, p. 815-822, 1996.

CARVALHO, S. A. *et al.* Efeito do KNO₃ nos teores de macronutrientes na matéria seca total de porta-enxertos cítricos produzidos em bandejas. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 89-94, 2000.

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

CAVINS, T.J. *et al.* Monitoring and managing pH and EC using the PourThru extracion method. **Horticulture Information Leaflet/NCSU**, Raleigh, n. 590, 2000. 17 p. Disponível em: <<http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/project/hortsublab/>>. Acesso em: 10 dez. 2001.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS SC. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre, SBCS – NRS, 2004. 400p.

CONOVER, C. A. Soil amendments for pot and field grown flowers. **Florida Flower Grower**, Florida, v. 4, n. 4, p.1-4, 1967.

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

DECARLOS NETO, A. *et al.* Crescimento de porta-enxertos de citros em tubetes influenciados por doses de N. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 199-203, 2002.

ESPOSTI, M. D. D.; SIQUEIRA, D. L. Doses de uréia no crescimento de porta-enxertos de citros produzidos em recipientes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 136-139, 2004.

FERMINO, M. H, TRENTIN, A. L. e KÄMPF, A. N. Caracterização física e química de materiais alternativos para composição de substratos para plantas: 1. resíduos industriais e agrícolas. In: KÄMPF, A. N.; FERMINO, M. H. **Substratos para plantas**. Porto Alegre: Gênese, 2000, p. 241-248.

FOCHESATO, M. L. *et al.* Produção de mudas cítricas em diferentes porta-enxertos e substratos comerciais. 2006. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n.5, p.1397-1403, set./out. 2006.

FROST, H.B.; SOOST, R.K. Seed reproduction; development of gametes and embryos. In: REUTHER, W.; BATCHELOR, L.D.; WEBBER, H.J. (Ed.). **The citrus industry**. Berkeley: University of California Press, 1968. v. 2, p. 290-324.

GOMES J. M. *et al.* Crescimento de mudas de *Eucalytus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 113-127, 2003.

JABUR, M. A.; MARTINS, A. B. G. Influência de substratos na formação dos porta-enxertos: Limoeiro 'Cravo (*Citrus limonia* Osbeck) e Tangerineira 'Cleópatra' (*Citrus reshni* Hort. ex Tanaka). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 514-518, 2002.

KÄMPF, A. N. Seleção de materiais para uso como substrato. In: KÄMPF, A. N.; FERMINO, M. H. **Substratos para plantas**. Porto Alegre: Gênese, 2000, p. 139-145.

KOLLER, O. C. Clima e Solo In: KOLLER, O.C. (Org.) **Citricultura: 1. Laranja: Tecnologia de Produção, Pós-Colheita, Industrialização e Comercialização**. Porto Alegre, Ed. Cinco Continentes, 2006. Cap. 3, p. 27-40.

KOLLER, O. L. *et al.* Efeito da umidade da semente, da temperatura de estocagem e da duração de estocagem sobre a germinação de *Poncirus trifoliata* e de outros porta-enxertos de citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 15, n. 1, p. 27-33, 1993.

LEAL, P. L. *et al.* Crescimento de mudas micropropagadas de bananeira micorrizadas em diferentes recipientes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 27, n. 1, p. 84-87, 2005.

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

MARTINS *et al.* Conservação de sementes de Tangerina 'Cleópatra': Teor de água e temperatura do ambiente. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 178-185, 2007.

MINAMI, K. Produção de mudas em recipientes. In: **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo. T. A. Queiroz, 1995. Cap. XIII, p.85-106.

OLIC, F.B. *et al.* Growth of containerized citrus nursery trees subjected to different levels of fertirrigation and slow-release fertilization. In: 6 International Congress of Citrus nurserymen, **Proceedings**, Ribeirão Preto, 6:254-257, 2001.

OLIVEIRA, R. P. de. *et al.* **Mudas de citros**. Pelotas: Embrapa de Clima Temperado, 2001. 32p (Sistemas de produção 1). Disponível em: <http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/catalogo/tipo/sistemas/mudas/cap02.htm>. Acesso em: 03 jul. 2005.

OLIVEIRA, R. P. de. *et al.* Quantificação e método para seleção de plantas nucelares de *Poncirus trifoliata*. **Pesquisa. Agropecuária. Brasileira**. Brasília. v. 38, n. 10, p. 1173-1177, out. 2003a.

OLIVEIRA, R. P. de. *et al.* Procedimentos para o armazenamento de sementes de *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 25, n. 3, p. 461-463, 2003b.

OLIVEIRA, R. P. de. *et al.* Escarificação química da semente para favorecer a emergência e o crescimento do porta-enxerto Trifoliata. **Pesquisa. Agropecuária. Brasileira**. Brasília. v. 41, n. 9, p. 1429-1433, set. 2006.

OLIVEIRA R. P. de; SCIVITTARO, W. B. Avaliação de mudas de maracujazeiro em função do substrato e do tipo de bandeja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 50, n. 2, p. 261-266, set. 1993.

OLIVEIRA, R. P. de; SCIVITTARO, W. B. Formação do porta-enxerto Trifoliata: época de semeadura e tegumento na emergência de plântulas. **Ciência Rural**. Santa Maria. v.37, n. 1, p. 281-283, jan./fev. 2007.

PAPADOPOULOS, I. Tendências da fertirrigação: In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.) **Fertirrigação: Citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. 1v. p. 11-85.

RIO GRANDE DO SUL – Secretaria da Agricultura e Abastecimento. **Normas e padrões de produção de mudas de fruteiras para o Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 2004.

RÖBER, R.; SCHALLER, K. **Pflanzenernährung im Gartenbau**. Stuttgart: Ulmer, 1985. 352 p.

RÖBER, R. substratos Hortícolas: Possibilidades e limites de sua composição e uso; exemplos da pesquisa, da indústria e do consumo. . In: KÄMPF, A. N. e FERMINO, M. H. **Substratos para plantas**. Porto Alegre: Gênese, 2000, p. 123-138.

RODRIGUES, L. R. F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas , doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: Funep, 2002. 762p. il.

ROUSE, R. E. Optimum temperatures for germinating citrus seeds. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**. v. 41, p. 136-139, 1997.

SCHÄFER, G.; *et al.* Porta-enxertos utilizados na citricultura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.4, p723-733, 2001.

SCHÄFER, G. **Produção de porta-enxertos cítricos em recipientes e ambiente protegido no Rio Grande do Sul**. 2004. 129 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

SCIVITTARO, W. B. *et al.* Adubação nitrogenada na formação de porta-enxertos de limoeiro ‘Cravo’ em tubetes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 131-135, 2004.

SCHIAVO, J.A.; MARTINS, M. A. Produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.), inoculados com o fungo micorrízico arbuscular *Glomus clarum*, em substrato agroindustrial. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.24, n. ??, p.519-523, 2002.

SCHMITZ, J. A. K. *et al.* Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p., 2002.

SERRANO, L. A. L. *et al.* Efeito de sistemas de produção e doses de adubo de liberação lenta no estado nutricional de porta-enxerto cítrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 26, n. 3, p. 524-528, 2004.

SOUZA, P. V. de S.; SCHÄFER, G. Produção de mudas de laranjeiras. In: KOLLER, O.C. (Org.) **Citricultura: 1. Laranja: tecnologia de produção, pós-colheita, industrialização e comercialização**. Porto Alegre, Ed. Cinco Continentes, 2006. Cap. 5, p. 55-87.

SOUZA, H. U. de *et al.* Efeito do ácido giberélico sobre a germinação de sementes e porta-enxertos cítricos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 496-499, 2002.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. Nutrição mineral In: TAIZ, L. & ZEIGER, E. trad. SANTARÉM, E. R. *Fisiologia Vegetal*. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. Cap. 5, p. 95-113.

TEDESCO, M.J. *et al.* **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 174p.

VERDONCK, O.; VLEESCHAUMER, D.; DE BOODT, M. The influence of the substrate to plant growth. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 150, p. 467-473, 1981.

VILLAS BÔAS; R. L.; ZANINI, J.R.; DUENHAS, L. H. Uso e manejo de fertilizantes em fertirrigação. In: ZANINI, J.R.; VILLAS BÔAS; R. L.; FEITOSA FILHO, J. C. **Uso e manejo da fertirrigação e hidroponia**. Jaboticabal: Funep, 2002a. p. 01-26.

VILLAS BÔAS; R. L. *et al.* Teores de nutrientes na folha, qualidade do suco e massa seca de raízes de laranja 'Valência' em função da irrigação e fertirrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 231-235, 2002b.

ZANETTI, M. *et al.* Caracterização física de substratos para produção de mudas e porta-enxertos cítricos sob telado. 2001a. **Revista Laranja**. Disponível em: http://www.citrograf.com.br/artigos_tecnicos.html. Acesso em: 03 jul. 2005.

ZANETTI, M. *et al.* Desenvolvimento vegetativo de mudas de citros em substrato de fibra de coco sob diferentes níveis de irrigação 2001b. **Revista Laranja**. Disponível em: http://www.citrograf.com.br/artigos_tecnicos.html Acesso em: 03 jul. 2005.

APÊNDICE 1. Teores de macronutrientes na massa seca da parte aérea total, médias de quatro porta-enxertos cítricos, dois substratos e quatro doses de solução nutritiva, 180 dias após a semeadura, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006.

Dose (g L ⁻¹)	Substrato	Porta-enxerto	N	P	K	Ca	Mg
			(%)				
0	Comercial 1	'Trifoliata'	0,99	0,12	1,61	0,73	0,26
0	Comercial 1	C. 'Troyer'	0,96	0,15	1,44	1,31	0,22
0	Comercial 1	T. 'Sunki'	0,88	0,14	1,90	1,04	0,27
0	Comercial 1	C. 'Swingle'	0,89	0,10	1,63	0,99	0,21
0	Comercial 2	'Trifoliata'	0,83	0,10	1,08	0,68	0,22
0	Comercial 2	C. 'Troyer'	0,85	0,13	1,52	1,85	0,23
0	Comercial 2	T. 'Sunki'	0,88	0,14	1,43	1,23	0,24
0	Comercial 2	C. 'Swingle'	0,83	0,10	1,55	1,29	0,21
0,25	Comercial 1	'Trifoliata'	1,53	0,08	1,23	0,90	0,19
0,25	Comercial 1	C. 'Troyer'	1,14	0,10	1,32	1,20	0,24
0,25	Comercial 1	T. 'Sunki'	1,46	0,14	1,21	1,05	0,21
0,25	Comercial 1	C. 'Swingle'	1,69	0,08	1,28	1,23	0,28
0,25	Comercial 2	'Trifoliata'	1,89	0,09	1,53	1,17	0,27
0,25	Comercial 2	C. 'Troyer'	1,25	0,09	1,32	1,45	0,19
0,25	Comercial 2	T. 'Sunki'	1,53	0,09	1,32	0,84	0,24
0,25	Comercial 2	C. 'Swingle'	1,55	0,08	1,33	1,30	0,24
0,50	Comercial 1	'Trifoliata'	1,69	0,08	1,33	0,77	0,23
0,50	Comercial 1	C. 'Troyer'	1,94	0,09	1,42	1,26	0,22
0,50	Comercial 1	T. 'Sunki'	1,77	0,10	1,28	1,07	0,24
0,50	Comercial 1	C. 'Swingle'	1,77	0,08	1,51	1,05	0,24
0,50	Comercial 2	'Trifoliata'	2,26	0,11	1,30	1,23	0,28
0,50	Comercial 2	C. 'Troyer'	1,81	0,09	1,10	1,49	0,20
0,50	Comercial 2	T. 'Sunki'	2,32	0,11	1,39	1,45	0,25
0,50	Comercial 2	C. 'Swingle'	1,59	0,08	1,14	1,34	0,24
1,00	Comercial 1	'Trifoliata'	2,11	0,10	1,59	0,77	0,22
1,00	Comercial 1	C. 'Troyer'	1,94	0,10	1,34	1,18	0,28
1,00	Comercial 1	T. 'Sunki'	2,25	0,12	1,41	1,19	0,22
1,00	Comercial 1	C. 'Swingle'	1,51	0,08	1,19	0,70	0,19
1,00	Comercial 2	'Trifoliata'	2,56	0,12	1,50	1,09	0,23
1,00	Comercial 2	C. 'Troyer'	2,34	0,11	1,33	1,69	0,21
1,00	Comercial 2	T. 'Sunki'	2,54	0,15	1,35	1,59	0,24
1,00	Comercial 2	C. 'Swingle'	2,04	0,11	1,28	1,17	0,20

APÊNDICE 2. Conteúdo de macronutrientes na massa seca da parte aérea total, médias de quatro porta-enxertos cítricos, dois substratos e quatro doses de solução nutritiva, 180 dias após a semeadura, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006.

Dose (g L ⁻¹)	Substrato	Porta-enxerto	N	P	K	Ca	Mg
			(mg planta ⁻¹)				
0	Comercial 1	'Trifoliata'	1,93	0,23	3,22	1,45	0,51
0	Comercial 1	C. 'Troyer'	1,73	0,26	2,53	2,22	0,40
0	Comercial 1	T. 'Sunki'	2,14	0,34	4,64	2,55	0,66
0	Comercial 1	C. 'Swingle'	4,39	0,47	8,02	4,90	1,04
0	Comercial 2	'Trifoliata'	1,35	0,17	1,72	1,18	0,36
0	Comercial 2	C. 'Troyer'	1,25	0,20	2,24	2,75	0,35
0	Comercial 2	T. 'Sunki'	2,04	0,32	3,36	2,86	0,57
0	Comercial 2	C. 'Swingle'	2,99	0,36	5,61	4,64	0,77
0,25	Comercial 1	'Trifoliata'	2,80	0,14	2,24	1,05	0,40
0,25	Comercial 1	C. 'Troyer'	1,64	0,14	1,95	1,25	0,27
0,25	Comercial 1	T. 'Sunki'	4,10	0,40	3,35	3,48	0,68
0,25	Comercial 1	C. 'Swingle'	12,49	0,54	9,16	7,46	1,47
0,25	Comercial 2	'Trifoliata'	4,65	0,23	3,89	3,35	0,72
0,25	Comercial 2	C. 'Troyer'	4,84	0,33	5,05	5,59	0,74
0,25	Comercial 2	T. 'Sunki'	1,00	0,06	0,87	0,55	0,16
0,25	Comercial 2	C. 'Swingle'	7,18	0,37	6,16	6,00	1,13
0,50	Comercial 1	'Trifoliata'	4,45	0,20	3,39	2,02	0,60
0,50	Comercial 1	C. 'Troyer'	3,23	0,15	2,34	2,16	0,36
0,50	Comercial 1	T. 'Sunki'	5,93	0,35	4,25	3,65	0,81
0,50	Comercial 1	C. 'Swingle'	15,27	0,70	13,20	9,17	2,09
0,50	Comercial 2	'Trifoliata'	5,00	0,24	2,84	2,71	0,61
0,50	Comercial 2	C. 'Troyer'	3,21	0,17	1,88	2,61	0,35
0,50	Comercial 2	T. 'Sunki'	9,73	0,46	5,84	6,11	1,05
0,50	Comercial 2	C. 'Swingle'	10,65	0,54	7,60	8,95	1,57
1,00	Comercial 1	'Trifoliata'	6,68	0,30	4,23	2,39	0,62
1,00	Comercial 1	C. 'Troyer'	4,66	0,23	3,21	2,84	0,70
1,00	Comercial 1	T. 'Sunki'	10,93	0,57	6,95	5,81	1,08
1,00	Comercial 1	C. 'Swingle'	13,12	0,73	10,36	6,13	1,68
1,00	Comercial 2	'Trifoliata'	4,88	0,23	2,80	2,05	0,42
1,00	Comercial 2	C. 'Troyer'	2,92	0,14	1,69	2,08	0,26
1,00	Comercial 2	T. 'Sunki'	14,41	0,84	7,57	9,03	1,37
1,00	Comercial 2	C. 'Swingle'	11,93	0,64	7,53	6,86	1,17

APÊNDICE 3. Teores de macronutrientes na massa seca, médias de dois porta-enxertos cítricos e quatro doses de solução nutritiva, 483 dias após a repicagem, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2007.

Dose (g L ⁻¹)	Porta-enxerto	Nitrogênio			Fósforo			Potássio		
		F ¹	H	R	F	H	R	F	H	R
(%)										
0	'Trifoliata'	2,50	1,34	1,35	0,13	0,09	0,10	2,36	1,27	2,44
0	FEPAGRO 'C 13'	2,20	0,66	0,81	0,12	0,09	0,09	3,47	1,41	2,14
2,00	'Trifoliata'	2,51	1,60	1,76	0,10	0,06	0,07	2,09	0,76	2,41
2,00	FEPAGRO 'C 13'	2,44	1,16	1,28	0,10	0,07	0,08	2,44	1,36	2,68
4,00	'Trifoliata'	2,75	1,81	1,69	0,10	0,06	0,06	2,39	1,14	2,82
4,00	FEPAGRO 'C 13'	2,61	1,20	1,58	0,08	0,05	0,08	2,71	1,54	4,28
8,00	'Trifoliata'	2,56	1,53	2,09	0,11	0,08	0,10	2,71	1,30	2,63
8,00	FEPAGRO 'C 13'	2,56	1,14	1,73	0,11	0,07	0,09	2,93	1,57	3,73

Dose (g L ⁻¹)	Porta-enxerto	Cálcio			Magnésio		
		F	H	R	F	H	R
(%)							
0	'Trifoliata'	1,77	1,25	0,89	0,23	0,26	0,21
0	FEPAGRO 'C 13'	2,86	1,23	1,06	0,58	0,18	0,32
2,00	'Trifoliata'	2,88	1,63	1,26	0,18	0,25	0,20
2,00	FEPAGRO 'C 13'	2,69	1,17	0,84	0,31	0,17	0,42
4,00	'Trifoliata'	3,31	1,84	1,59	0,26	0,28	0,26
4,00	FEPAGRO 'C 13'	3,91	1,25	1,45	0,43	0,21	0,32
8,00	'Trifoliata'	3,85	3,39	1,45	0,42	0,39	0,24
8,00	FEPAGRO 'C 13'	4,66	1,51	1,32	0,43	0,24	0,35

¹F = folha; H = haste; R = raiz

APÊNDICE 4. Conteúdo de macronutrientes na massa seca, médias de dois porta-enxertos cítricos e quatro doses de solução nutritiva, 483 dias após a repicagem, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2007.

Dose (g L ⁻¹)	Porta-enxerto	Nitrogênio			Fósforo			Potássio		
		F ¹	H	R	F	H	R	F	H	R
(mg pl ⁻¹)										
0	'Trifoliata'	2,96	2,99	2,45	0,16	0,21	0,17	2,81	2,79	4,32
0	FEPAGRO 'C 13'	6,30	3,31	3,02	0,33	0,46	0,32	9,82	6,89	7,95
2,00	'Trifoliata'	3,38	5,12	3,53	0,14	0,21	0,15	2,79	2,42	4,86
2,00	FEPAGRO 'C 13'	5,12	4,98	3,95	0,21	0,28	0,26	5,11	5,84	8,31
4,00	'Trifoliata'	3,82	6,24	3,98	0,14	0,23	0,15	3,32	4,04	6,67
4,00	FEPAGRO 'C 13'	3,98	3,85	3,74	0,13	0,17	0,18	4,12	4,90	10,17
8,00	'Trifoliata'	1,66	3,16	3,38	0,07	0,16	0,17	1,70	2,69	4,24
8,00	FEPAGRO 'C 13'	3,50	3,09	3,40	0,16	0,21	0,19	3,99	4,17	7,31

Dose (g L ⁻¹)	Porta-enxerto	Cálcio			Magnésio		
		F	H	R	F	H	R
(mg pl ⁻¹)							
0	'Trifoliata'	2,12	2,71	1,54	0,28	0,55	0,37
0	FEPAGRO 'C 13'	8,18	5,98	4,00	1,65	0,89	1,20
2,00	'Trifoliata'	3,87	5,28	2,58	0,24	0,79	0,41
2,00	FEPAGRO 'C 13'	5,50	5,00	2,60	0,64	0,72	1,27
4,00	'Trifoliata'	4,58	6,35	3,61	0,35	0,99	0,62
4,00	FEPAGRO 'C 13'	5,65	3,98	3,44	0,65	0,65	0,77
8,00	'Trifoliata'	2,58	6,69	2,36	0,27	0,82	0,38
8,00	FEPAGRO 'C 13'	6,37	4,05	2,61	0,59	0,65	0,70

¹F = folha; H = haste; R = raiz

APÊNDICE 5. Teores de macronutrientes na massa seca, médias de dois porta-enxertos cítricos e quatro doses de nitrogênio, 200 dias após a repicagem, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2007.

Dose (g pl ⁻¹)	Porta- enxerto	Nitrogênio			Fósforo			Potássio		
		F ¹	H	R	F	H	R	F	H	R
(%)										
0	'C. Swingle'	2,68	0,52	1,15	0,09	0,05	0,06	1,17	0,99	0,96
0	L. 'Cravo'	1,76	0,47	0,90	0,06	0,05	0,07	1,75	0,56	0,70
2,00	'C. Swingle'	3,49	1,24	3,27	0,10	0,09	0,10	0,96	0,75	1,35
2,00	L. 'Cravo'	3,58	1,17	2,38	0,09	0,07	0,06	1,05	0,89	0,67
4,00	'C. Swingle'	3,45	1,70	3,44	0,11	0,12	0,09	0,92	0,70	0,56
4,00	L. 'Cravo'	4,69	1,54	3,20	0,10	0,08	0,08	0,88	0,72	0,52
8,00	'C. Swingle'	5,27	2,24	4,05	0,14	0,10	0,08	0,74	0,74	0,51
8,00	L. 'Cravo'	5,32	2,35	3,65	0,11	0,09	0,09	0,99	0,59	0,34

Dose (g pl ⁻¹)	Porta- enxerto	Cálcio			Magnésio		
		F	H	R	F	H	R
(%)							
0	'C. Swingle'	1,95	0,24	0,32	0,38	0,12	0,27
0	L. 'Cravo'	1,52	0,31	0,28	0,22	0,09	0,26
2,00	'C. Swingle'	2,05	0,38	0,38	0,40	0,16	0,33
2,00	L. 'Cravo'	2,14	0,41	0,33	0,30	0,13	0,33
4,00	'C. Swingle'	1,79	0,22	0,30	0,36	0,08	0,16
4,00	L. 'Cravo'	2,18	0,31	0,23	0,34	0,10	0,28
8,00	'C. Swingle'	1,09	0,27	0,23	0,28	0,07	0,15
8,00	L. 'Cravo'	1,85	0,45	0,29	0,34	0,13	0,26

¹F = folha; H = haste; R = raiz

APÊNDICE 6. Conteúdo de macronutrientes na massa seca, médias de dois porta-enxertos cítricos e quatro doses de nitrogênio, 200 dias após a repicagem, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2007.

Dose (g pl ⁻¹)	Porta- enxerto	Nitrogênio			Fósforo			Potássio		
		F ¹	H	R	F	H	R	F	H	R
(mg planta ⁻¹)										
0	'C. Swingle'	3,99	1,53	4,00	0,14	0,15	0,20	1,80	2,91	3,28
0	L. 'Cravo'	5,07	2,25	6,94	0,18	0,24	0,56	5,05	2,68	5,42
2,00	'C. Swingle'	9,14	5,49	11,34	0,26	0,39	0,33	2,51	3,33	4,71
2,00	L. 'Cravo'	14,93	8,40	19,11	0,37	0,48	0,51	4,33	6,33	5,36
4,00	'C. Swingle'	7,97	6,68	8,10	0,26	0,46	0,22	2,21	2,76	1,31
4,00	L. 'Cravo'	22,20	11,07	24,45	0,47	0,59	0,59	4,21	5,23	4,03
8,00	'C. Swingle'	6,21	4,37	5,68	0,16	0,20	0,11	0,84	1,48	0,72
8,00	L. 'Cravo'	16,89	10,80	13,52	0,34	0,43	0,35	3,16	2,70	1,26

Dose (g pl ⁻¹)	Porta- enxerto	Cálcio			Magnésio		
		F	H	R	F	H	R
(mg planta ⁻¹)							
0	'C. Swingle'	2,99	0,71	1,13	0,58	0,36	0,95
0	L. 'Cravo'	4,37	1,46	2,13	0,65	0,43	1,99
2,00	'C. Swingle'	5,36	1,69	1,37	1,04	0,72	1,15
2,00	L. 'Cravo'	8,91	2,98	2,70	1,25	0,97	2,69
4,00	'C. Swingle'	4,30	0,87	0,70	0,85	0,33	0,36
4,00	L. 'Cravo'	10,29	2,20	1,82	1,63	0,74	2,23
8,00	'C. Swingle'	1,30	0,53	0,32	0,33	0,13	0,21
8,00	L. 'Cravo'	5,82	2,11	1,09	1,07	0,58	0,97

¹F = folha; H = haste; R = raiz