

# **REGULAÇÃO DA FOTOSSÍNTESE DE LARANJEIRAS: EFEITOS DA INTERAÇÃO ENTRE PORTA-ENXERTO, DÉFICIT HÍDRICO E TEMPERATURA DE CRESCIMENTO**

DANIELLE A. **PRUDENTE**<sup>1</sup>; RAFAEL V. **RIBEIRO**<sup>2</sup>; FERNANDA K.J. **VILELA**<sup>3</sup>;  
EDUARDO C. **MACHADO**<sup>4</sup>; ANA C. R. **BUENO**<sup>5</sup>

Nº 11108

## **RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi testar as hipóteses de que em ambiente quente, observa-se maior capacidade fotossintética em plantas enxertadas em limoeiro Cravo quando comparadas às enxertadas em citrumeleiro Swingle, independente da condição hídrica. Já em ambiente frio, espera-se melhor desempenho fotossintético em laranjeiras enxertadas em citrumeleiro Swingle quando comparadas às enxertadas em limoeiro Cravo com boa disponibilidade hídrica. Quando há restrição de água em ambiente frio, o conhecimento atual impede a elaboração de uma hipótese sobre o desempenho de laranjeiras. As plantas foram submetidas aos seguintes regimes de temperatura (dia/noite): 25/10 °C e 35/20 °C, por 15 dias. Em cada regime térmico, um lote de plantas foi mantido com substrato a 80% da capacidade de máxima de armazenamento e o outro lote a 40%. Após 15 dias de tratamento, curvas de resposta da fotossíntese à variação da concentração de CO<sub>2</sub> do ar foram avaliadas em folhas desenvolvidas durante o tratamento térmico. Em ambiente quente, as plantas enxertadas em limoeiro Cravo tem maior capacidade fotossintética quando comparadas às enxertadas em citrumeleiro Swingle, independente da condição hídrica. Todavia, o melhor desempenho fotossintético é justificável pela maior atividade bioquímica apenas em condições de déficit hídrico. Em ambiente frio, esperava-se melhor desempenho fotossintético em laranjeiras enxertadas em citrumeleiro Swingle quando comparadas às enxertadas em limoeiro Cravo com boa disponibilidade hídrica. Entretanto, os porta-enxertos causaram desempenhos

<sup>1</sup>: Bolsista PIBIC/CNPq: Graduanda em Ciências Biológicas, PUCCAMP, Campinas-SP, danielleaprudente@gmail.com

<sup>2</sup>: Orientador: Pesquisador, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Ecofisiologia e Biofísica, CEB/IAC – Campinas-SP.

<sup>3</sup>: Colaboradora: Mestranda do Programa de Pós-graduação, IAC – Campinas-SP.

<sup>4</sup>: Colaborador: Pesquisador, CEB/IAC – Campinas-SP.

<sup>5</sup>: Colaboradora: Mestrado, IAC – Campinas-SP.

fotossintéticos semelhantes no regime com boa disponibilidade hídrica, revelando que o limoeiro Cravo tem boa capacidade de aclimação em ambiente frio. Quando há restrição de água neste ambiente, a influência dos porta-enxertos na fotossíntese é semelhante.

## **ABSTRACT**

The objective of this study was to test the hypothesis that orange plants grafted on Rangpur lime have higher photosynthetic capacity as compared to ones grafted on Swingle citrumelo under warm conditions, regardless of water status. Under cold conditions, we expect better photosynthetic performance in orange plants grafted on Swingle citrumelo as compared to ones grafted on Rangpur lime under well-hydrated conditions. When there is water restriction in a cold environment, the current knowledge prevents the development of a hypothesis about the photosynthetic performance of orange plants. The plants were subjected to the following temperature regimes (day/night): 25/10 °C and 35/20 °C for 15 days. In each thermal regime, a group of plants was kept with the substrate humidity close to 80% of maximum capacity and another group at 40%. After 15 days of treatment, response curves of photosynthesis to varying the air CO<sub>2</sub> concentration were measured in leaves already developed. Under warm conditions, the plants grafted on Rangpur lime have higher photosynthetic capacity than those ones grafted on Swingle citrumelo, regardless the water availability. However, this higher photosynthetic performance is justified by higher biochemical activity only under water deficit. Under cold conditions, we expected to find higher photosynthesis in the plants grafted on Swingle citrumelo as compared to those grafted on Rangpur lime when there is water availability. Curiously, the rootstocks caused similar photosynthetic performance under well-hydrated conditions, revealing that Rangpur lime has the potential for acclimation to cold environments. When there is water deficit and cold, the influence of rootstocks on photosynthesis is also similar.

## **INTRODUÇÃO**

Informações sobre os efeitos da temperatura e das condições hídricas na fisiologia dos citros são encontrados na literatura (MACHADO et al., 2002; SANTOS et al., 2010; CERQUEIRA et al., 2004), porém a interação destes dois fatores ainda é pouco conhecida. A resposta da fotossíntese de laranjeiras à variação da temperatura e da condição hídrica também é afetada pelos porta-enxertos, pois estes promovem adaptações e respostas diferenciais a condições limitantes (MAGALHÃES FILHO et al., 2008; 2009). O porta-enxerto citrumeleiro Swingle permite tolerância da copa a

ambientes frios (MAGALHÃES FILHO et al., 2008), porém esse porta-enxerto é bastante sensível à seca (NEVES & LOPES, 2005). Já o porta-enxerto limoeiro Cravo possui boa tolerância à seca (MAGALHÃES FILHO et al., 2008). Logo, pode-se sugerir que em ambiente quente, observa-se maior capacidade fotossintética em plantas enxertadas em limoeiro Cravo quando comparadas às enxertadas em citrumeleiro Swingle, independente da condição hídrica. Já em ambiente frio, espera-se melhor desempenho fotossintético em laranjeiras enxertadas em citrumeleiro Swingle quando comparadas às enxertadas em limoeiro Cravo com boa disponibilidade hídrica. Quando há restrição de água em ambiente frio, o conhecimento atual impede a elaboração de uma hipótese sobre o desempenho das laranjeiras. O objetivo deste trabalho foi testar as hipóteses citadas e elucidar qual combinação copa/porta-enxerto tem melhor desempenho em ambientes frios e secos, realizando medidas em mudas de laranjeiras Valência crescidas em condições controladas.

## MATERIAL E MÉTODOS

Mudas de laranjeira 'Valência [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] enxertadas em limoeiro Cravo (*Citrus limonia* Osbeck) ou citrumeleiro Swingle [*Citrus paradisi* Macf x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] com aproximadamente seis meses de idade foram utilizadas no experimento. Plantas apresentando visível vigor vegetativo, porte similar e com surgimento de brotações vegetativas foram selecionadas e dispostas em uma câmara de crescimento (modelo PGR15, Conviron, Canadá).

As plantas foram submetidas a dois regimes de temperatura por 15 dias, mantendo-se a amplitude térmica diária de 15 °C constante: 25/10 °C; 35/20 °C. Esses regimes determinaram condições de temperatura média de 17,5 °C e 27,5 °C, respectivamente. As demais condições ambientais na câmara de crescimento foram mantidas constantes: radiação fotossinteticamente ativa ( $Q$ , 800  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ); déficit de pressão de vapor do ar (<1,5 kPa); e fotoperíodo de 12 h. Em cada regime térmico, um lote de plantas foi mantido com substrato próximo a 80% da capacidade máxima de armazenamento e o outro lote a 40%. A umidade do substrato foi controlada com a pesagem diária das sacolas plásticas (1,5 L) e irrigações em intervalos de dois dias.

Após 15 dias de tratamento, avaliou-se em folhas já desenvolvidas a resposta da fotossíntese à variação da concentração de  $\text{CO}_2$  no ar. As avaliações foram realizadas com um sistema portátil de fotossíntese Li-6400 e um fluorômetro 6400-40 (Licor, EUA), alterando a concentração de  $\text{CO}_2$  (38, 28, 18, 10, 38, 58, 78, 118, 148, 188 Pa), com temperatura da folha normalizada a 25 °C e  $Q$  saturante (2000  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). As variáveis analisadas foram a assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ), a condutância estomática ( $g_s$ ), a concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ), a eficiência quântica efetiva do

fotossistema II ( $\Delta F/F_m$ ), os coeficientes de extinção fotoquímica ( $q_p$ ) e não-fotoquímica ( $NPQ$ ) da fluorescência e o transporte aparente de elétrons ( $ETR$ ). A partição do fluxo de elétrons entre a atividade carboxilase e a oxigenase da enzima Rubisco (KRALL & EDWARDS, 1992; ROHACEK, 2002) também foi avaliada, assim como a eficiência quântica potencial do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) em tecidos adaptados ao escuro (30 min). A partir da resposta de  $A$  ao aumento de  $C_i$  (curva  $A/C_i$ ) foi possível estimar a eficiência de carboxilação ( $CE$ ) dada pela inclinação inicial da curva  $A/C_i$  e a capacidade fotossintética ( $A_{max}$ ) obtida sob  $[CO_2]$  de 188 Pa. O potencial de água na folha ( $\psi_L$ ) foi medido com uma câmara de pressão tipo Scholander (SoilMoisture, Santa Barbara, EUA) em folhas localizadas próximas às aquelas utilizadas nas medidas das trocas gasosas. As medidas foram realizadas no 15º dia após o início do tratamento às 6h00 (antes do início do fotoperíodo). O conteúdo total de clorofila foi avaliado com um clorofilômetro modelo CFL1030 (Falker, Brasil).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial com três causas de variação: combinação copa/porta-enxerto; regimes de temperatura; e regime hídrico. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias ( $n=3$ ) comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ambiente frio, com temperatura média do ar de 17,5 °C, o déficit hídrico provocou redução no potencial da água na folha ( $\psi_L$ ), promovendo o fechamento parcial dos estômatos e consequente redução na fotossíntese ( $A$ ) em ambos os porta-enxertos (Tabela 1). A atividade fotoquímica foi similar entre os porta-enxertos e entre os tratamentos com ou sem restrição hídrica, não estando associada à redução da fotossíntese nas plantas que foram submetidas ao déficit hídrico (Tabela 1). Logo, a redução na condutância estomática foi a principal causa do menor desempenho fotossintético das plantas com estresse hídrico em ambiente frio. Os porta-enxertos limoeiro Cravo e citrumeleiro Swingle não causaram variação significativa da fotossíntese da laranjeira no ambiente frio, independente da condição hídrica (Tabela 1).

No ambiente quente, com temperatura média do ar de 27,5 °C, o porta-enxerto limoeiro Cravo causou maiores valores de  $A$  quando comparado ao porta-enxerto citrumeleiro Swingle, independente da condição hídrica (Tabela 2). Esses resultados estão de acordo com a literatura (MAGALHÃES FILHO et al., 2008), que indicam que o porta-enxerto limoeiro Cravo possui melhor resistência às temperaturas mais altas. Embora a deficiência hídrica tenha causado redução de  $\psi_L$  em ambos os porta-enxertos, não houve redução da abertura estomática. Aparentemente, essa é uma

evidência de aclimação dos estômatos às condições de restrição hídrica, que ocorreu na copa das plantas, independente do porta-enxerto.

**TABELA 1.** Variáveis fisiológicas de laranjeira Valência enxertada em limoeiro Cravo ou citrumeleiro Swingle, sem restrição hídrica (80%), com restrição hídrica (40%) e crescidas em ambiente com temperatura média de 17,5 °C (frio): assimilação de CO<sub>2</sub> (A), condutância estomática (gs), transporte aparente de elétrons (ETR), fluxo de elétrons para a carboxilação (Jc) e oxigenação (Jo) da Rubisco, eficiência quântica efetiva ( $\Delta F/Fm'$ ) e potencial (Fv/Fm) do fotossistema II, coeficientes de extinção fotoquímico ( $q_p$ ) e não fotoquímico (NPQ), potencial da água na folha ( $\psi_L$ ) e teor de clorofila total. Medidas realizadas a 25 °C e sob saturação luminosa\*.

Variáveis	Cravo 80%	Cravo 40%	Swingle 80%	Swingle 40%
A ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	8,3 $\pm$ 1,2 <sup>Aa</sup>	6,4 $\pm$ 0,5 <sup>Ab</sup>	7,4 $\pm$ 0,3 <sup>Aa</sup>	5,0 $\pm$ 0,9 <sup>Ab</sup>
gs ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	0,098 $\pm$ 0,010 <sup>Aa</sup>	0,069 $\pm$ 0,004 <sup>Ab</sup>	0,082 $\pm$ 0,013 <sup>Ba</sup>	0,052 $\pm$ 0,003 <sup>Bb</sup>
ETR ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	107,1 $\pm$ 6,9 <sup>ns</sup>	104,5 $\pm$ 12,5	101,5 $\pm$ 4,9	89,9 $\pm$ 14,0
Jc ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	58,1 $\pm$ 2,2 <sup>ns</sup>	52,1 $\pm$ 5,3	53,6 $\pm$ 2,2	43,5 $\pm$ 5,6
Jo ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	49,2 $\pm$ 7,1 <sup>ns</sup>	52,6 $\pm$ 7,3	48,2 $\pm$ 2,6	47,2 $\pm$ 9,2
$\Delta F/Fm'$	0,126 $\pm$ 0,008 <sup>ns</sup>	0,123 $\pm$ 0,014	0,119 $\pm$ 0,006	0,105 $\pm$ 0,016
Fv/Fm	0,819 $\pm$ 0,017 <sup>ns</sup>	0,821 $\pm$ 0,012	0,830 $\pm$ 0,004	0,829 $\pm$ 0,002
$q_p$	0,72 $\pm$ 0,03 <sup>ns</sup>	0,72 $\pm$ 0,03	0,68 $\pm$ 0,03	0,66 $\pm$ 0,16
NPQ	1,91 $\pm$ 0,34 <sup>ns</sup>	2,16 $\pm$ 0,58	1,65 $\pm$ 0,11	1,76 $\pm$ 0,11
$\psi_L$	-0,58 $\pm$ 0,06 <sup>Aa</sup>	-0,80 $\pm$ 0,01 <sup>Ab</sup>	-0,62 $\pm$ 0,03 <sup>Aa</sup>	-0,80 $\pm$ 0,05 <sup>Ab</sup>
Clorofila total	79,2 $\pm$ 3,5 <sup>ns</sup>	76,1 $\pm$ 0,8	82,2 $\pm$ 1,8	82,3 $\pm$ 1,0

\*Exceção Fv/Fm. Em cada combinação copa/porta-enxerto, médias seguidas por letras distintas são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey (p<0,05), enquanto que médias seguidas por letras maiúsculas distintas indicam diferença entre os regimes hídricos no porta-enxerto. ns = diferença não significativa.

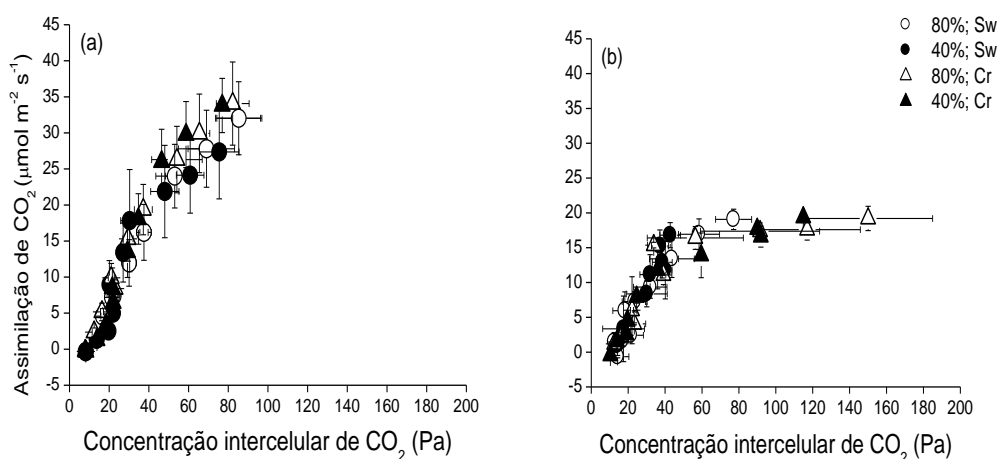
**TABELA 2.** Variáveis fisiológicas de laranjeira Valência enxertada em limoeiro Cravo ou citrumeleiro Swingle, sem restrição hídrica (80%), com restrição hídrica (40%) e crescidas em ambiente com temperatura média de 27,5 °C (quente): assimilação de CO<sub>2</sub> (A), condutância estomática (gs), transporte aparente de elétrons (ETR), fluxo de elétrons para a carboxilação (Jc) e oxigenação (Jo) da Rubisco, eficiência quântica efetiva ( $\Delta F/Fm'$ ) e potencial (Fv/Fm) do fotossistema II, coeficientes de extinção fotoquímico ( $q_p$ ) e não fotoquímico (NPQ), potencial da água na folha ( $\psi_L$ ) e teor de clorofila total. Medidas realizadas a 25 °C e sob saturação luminosa\*.

Variáveis	Cravo 80%	Cravo 40%	Swingle 80%	Swingle 40%
A ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	4,0 $\pm$ 0,1 <sup>Aa</sup>	4,5 $\pm$ 0,2 <sup>Aa</sup>	2,4 $\pm$ 0,1 <sup>Ba</sup>	3,2 $\pm$ 0,9 <sup>Ba</sup>
gs ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	0,048 $\pm$ 0,003 <sup>ns</sup>	0,048 $\pm$ 0,013	0,034 $\pm$ 0,014	0,029 $\pm$ 0,016
ETR ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	54,7 $\pm$ 7,6 <sup>ns</sup>	58,8 $\pm$ 2,3	60,3 $\pm$ 18,6	66,6 $\pm$ 9,13
Jc ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	29,3 $\pm$ 2,4 <sup>ns</sup>	31,8 $\pm$ 1,4	26,7 $\pm$ 6,3	30,9 $\pm$ 5,6
Jo ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	26,0 $\pm$ 5,3 <sup>ns</sup>	27,5 $\pm$ 0,7	34,1 $\pm$ 12,2	36,3 $\pm$ 3,7
$\Delta F/Fm'$	0,160 $\pm$ 0,022 <sup>ns</sup>	0,173 $\pm$ 0,007	0,177 $\pm$ 0,054	0,167 $\pm$ 0,055
Fv/Fm	0,811 $\pm$ 0,005 <sup>ns</sup>	0,812 $\pm$ 0,004	0,807 $\pm$ 0,013	0,811 $\pm$ 0,002
$q_p$	0,40 $\pm$ 0,14 <sup>ns</sup>	0,47 $\pm$ 0,03	0,51 $\pm$ 0,04	0,46 $\pm$ 0,09
NPQ	1,75 $\pm$ 0,14 <sup>ns</sup>	2,08 $\pm$ 0,20	1,70 $\pm$ 0,06	1,76 $\pm$ 0,15
$\psi_L$	-0,50 $\pm$ 0,01 <sup>Aa</sup>	-0,67 $\pm$ 0,06 <sup>Ab</sup>	-0,67 $\pm$ 0,03 <sup>Ba</sup>	-0,80 $\pm$ 0,01 <sup>Bb</sup>
Clorofila total	74,6 $\pm$ 0,6 <sup>ns</sup>	76,8 $\pm$ 1,9	79,8 $\pm$ 1,2	78,5 $\pm$ 0,4

\*Exceção Fv/Fm. Em cada combinação copa/porta-enxerto, médias seguidas por letras distintas são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey (p<0,05), enquanto que médias seguidas por letras maiúsculas distintas indicam diferença entre os regimes hídricos no porta-enxerto. ns = diferença não significativa.

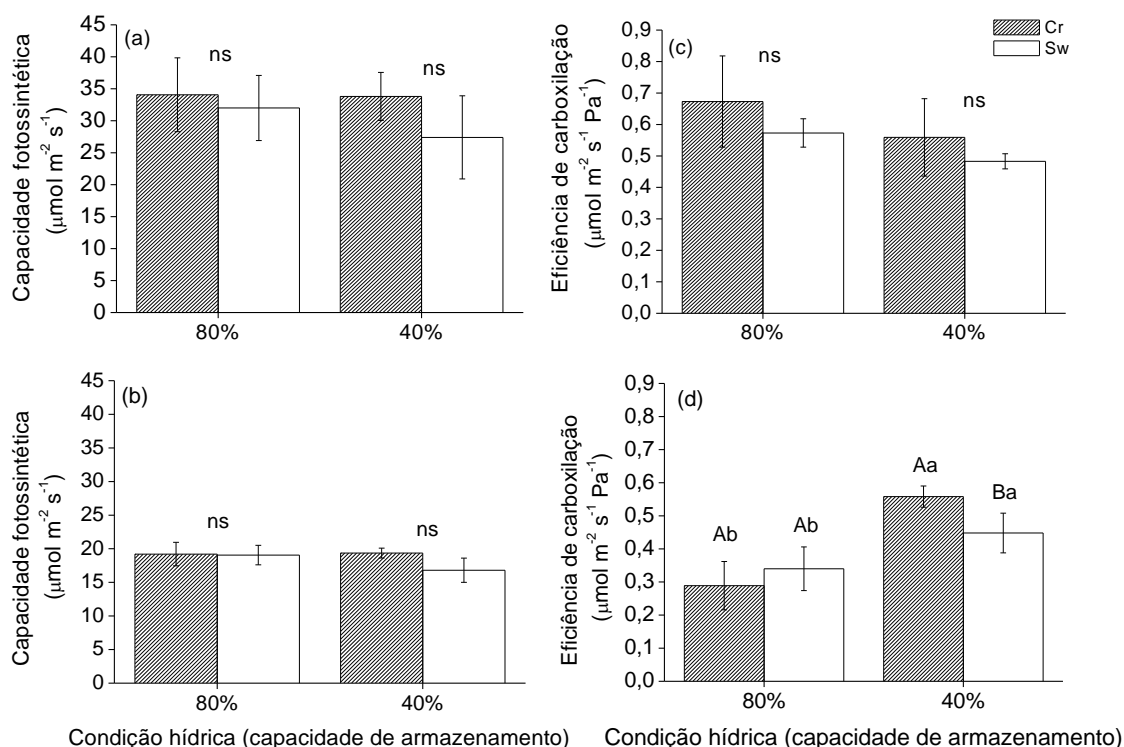
Esperava-se que a fotossíntese das plantas fosse reduzida pelo déficit hídrico (MEDINA et al., 1998; CERQUEIRA et al., 2004), o que não foi observado neste estudo (Tabela 2). Esse fato pode ser considerado uma consequência da ausência de efeitos do déficit hídrico na abertura estomática. A atividade fotoquímica, assim como no ambiente frio, foi similar entre os tratamentos hídricos (Tabela 2).

Comparando os dois regimes térmicos (17,5 °C e 27,5 °C), nota-se que o ambiente quente reduziu o metabolismo fotossintético nos dois porta-enxertos, afetando significativamente a atividade bioquímica (Figuras 1 e 2).



**Figura 1.** Resposta da assimilação de CO<sub>2</sub> (A) à variação da concentração intercelular de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>) de laranjeiras enxertadas em limoeiro Cravo ou citrumeleiro Swingle crescidas sem restrição hídrica (80% da capacidade de armazenamento) e com restrição hídrica (40% da capacidade de armazenamento) em ambientes com temperatura média do ar de 17,5 °C (frio) (a) e 27,5 °C (quente) (b). Medidas realizadas a 25 °C e sob saturação luminosa. Cada símbolo representa o valor médio (n=3) ± desvio padrão.

No ambiente quente (27,5 °C), houve aumento da eficiência de carboxilação (CE) nas plantas sob restrição hídrica (Figura 2d). Nesta condição, as plantas enxertadas em limoeiro Cravo apresentaram maior Ce do que as enxertadas em citrumeleiro Swingle (Figura 2d). A maior atividade bioquímica das plantas no ambiente quente e sob restrição hídrica é uma segunda evidência de aclimação fotossintética a condições limitantes.



**Figura 2.** Resposta da capacidade fotossintética ( $A_{max}$ ) (a, b) e da eficiência de carboxilação (CE) (c, d) de laranjeiras enxertadas em limoeiro Cravo (Cr) ou citrumeleiro Swingle (Sw) sem restrição hídrica (80% da capacidade de armazenamento) e com restrição hídrica (40% da capacidade de armazenamento) em ambientes com temperatura média do ar de 17,5 °C (a, c) (frio) e 27,5 °C (b, d) (quente). Medidas realizadas a 25 °C e sob saturação luminosa. Cada coluna representa o valor médio ( $n=3$ )  $\pm$  desvio padrão. Em cada combinação copa/porta-enxerto, médias seguidas por letras maiúsculas distintas são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ), enquanto que médias seguidas por letras maiúsculas distintas indicam diferença entre os regimes hídricos no porta-enxerto. ns = diferença não significativa.

## CONCLUSÃO

Em ambiente quente, as plantas enxertadas em limoeiro Cravo tem maior capacidade fotossintética quando comparadas às enxertadas em citrumeleiro Swingle, independente da condição hídrica. Todavia, o melhor desempenho fotossintético é justificável pela maior atividade bioquímica apenas em condições de déficit hídrico.

Em ambiente frio, esperava-se melhor desempenho fotossintético em laranjeiras enxertadas em citrumeleiro Swingle quando comparadas às enxertadas em limoeiro Cravo com boa disponibilidade hídrica. Entretanto, os porta-enxertos apresentaram desempenhos fotossintéticos semelhantes no regime com boa disponibilidade hídrica, revelando que o limoeiro Cravo tem boa capacidade de aclimação em ambiente frio. Quando há restrição de água neste ambiente, o desempenho fotossintético dos porta-enxertos (limoeiro Cravo e citrumeleiro Swingle) também foi semelhante.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de iniciação científica (D.A.P) e de produtividade científica (R.V.R., E.C.M) e pelo financiamento dessa pesquisa e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) pela bolsa de mestrado concedida a F.K.J.V. e A.C.R.B.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CERQUEIRA, E.C.; CASTRO NETO, M.T.; PEIXOTO, C.P.; SOARES FILHO, W.S.; LEDO, C.A.S.; OLIVEIRA, J.G. Resposta de porta-enxertos de citros ao déficit hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, p. 515-519, 2004.
- KRALL, J.P.; EDWARDS, G.E. Relationship between photosystem II activity and CO<sub>2</sub> fixation in leaves. **Physiologia Plantarum**, v.86, p.180-187, 1992.
- MACHADO, E.C.; MEDINA, C.L.; GOMES, M.M.A.; HABERMANN, G. Variação sazonal da fotossíntese, condutância estomática e potencial da água na folha de laranja 'Valência'. **Scientia Agricola**, v.59, p. 53-58, 2002.
- MAGALHÃES FILHO, J.R. et al. Deficiência hídrica, trocas gasosas e crescimento de raízes em laranja 'Valência' sobre dois tipos de porta-enxerto. **Bragantia**, v.67, p.75-82, 2008.
- MAGALHÃES FILHO, J.R. et al. Variação da temperatura do substrato e fotossíntese em mudas de laranja 'Valência'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1118-1126, 2009.
- MEDINA, C.L.; MACHADO, E.C.; PINTO, J.M. Fotossíntese de laranja 'valência' enxertada sobre quatro porta-enxertos e submetida à deficiência hídrica. **Bragantia**, v.57, p. 1-14, 1998.
- NEVES, M.F.; LOPES, F.F. (coord.) **Estratégias para a laranja no Brasil**. São Paulo: Atlas, 2005. 225p.
- ROHACEK, K. Chlorophyll fluorescence parameters: the definitions, photosynthetic meaning, and mutual relationships. **Photosynthetica**, v.40, p.13-29, 2002.
- SANTOS, C.M.A.; RIBEIRO, R.V.; MAGALHÃES FILHO, J. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, E.C. Low substrate temperature imposes higher limitation to photosynthesis of orange plants as compared to atmospheric chilling. **Photosynthetica**, v.51, 2011 (in press).