

## Notas Científicas

### Sensibilidade de laranjeiras-doces ao deficit hídrico

Yuri Caires Ramos<sup>(1)</sup>, Francisco de Assis Alves Mourão Filho<sup>(1)</sup>, Eduardo Sanches Stuchi<sup>(2)</sup>,  
Paulo Cesar Sentelhas<sup>(1)</sup> e André Luiz Fadel<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Avenida Pádua Dias, nº 11, CEP 13418-900 Piracicaba, SP, Brasil. E-mail: cairesramos@usp.br, francisco.mourao@usp.br, pcsentel.esalq@usp.br, aluizfadel@gmail.com <sup>(2)</sup>Embrapa Mandioca e Fruticultura, Rua Embrapa, s/nº, CEP 44380-000 Cruz das Almas, BA, Brasil. E-mail: eduardo.stuchi@embrapa.br

**Resumo** – O objetivo deste trabalho foi avaliar a sensibilidade ao deficit hídrico de 17 seleções de laranja-doce enxertadas sobre tangerineira 'Sunki', ao longo de cinco safras. Empregou-se um modelo agrometeorológico de penalização da produtividade pelo deficit hídrico, tendo-se avaliado a relação entre os valores estimados e observados. As seleções podem ser classificadas como de alta, média e baixa sensibilidade ao deficit hídrico, classificação que é inédita para as condições brasileiras. A sensibilidade ao deficit hídrico foi classificada como alta nas seleções de laranja-doce 'Pera Milton Teixeira', 'Pera IAC', 'IAC 2000', Pera 2, 'IAC 420 Seleta Rio' e Pera 3, e baixa nas seleções 'Bidwells Bar', 'IPR Jaffa', 'Torregrosa' e 'Sanguínea'.

**Termos para indexação:** *Citrus sinensis*, modelo agrometeorológico, penalização da produtividade.

### Sweet orange selections' sensitivity to water deficit

**Abstract** – The objective of this work was to evaluate the water-deficit sensitivity of 17 sweet orange selections budded on 'Sunki' mandarin along five growing seasons. An agrometeorological model related to orange yield loss caused by water deficit was used, and the relationship between the estimated and observed values was determined. Sensitivity to water deficit of selections can be classified as high, medium, and low, and this ranking is unprecedented for Brazilian conditions. Sensitivity to water deficit was ranked as high for the sweet orange selections 'Pera Milton Teixeira', 'Pera IAC', 'IAC 2000', Pera 2, 'IAC 420 Seleta Rio', and Pera 3, and as low for the selections 'Bidwells Bar', 'IPR Jaffa', 'Torregrosa', and 'Sanguínea'.

**Index terms:** *Citrus sinensis*, agrometeorological model, yield loss.

Os estudos das interações entre genótipo e ambiente são desenvolvidos com modelos que buscam quantificar os efeitos das variações do clima sobre o desempenho vegetal (Moreto & Rolim, 2015; Paleari et al., 2015). Entre os modelos para a estimativa da produtividade, o agrometeorológico (ou matemático-fisiológico) considera a deficiência hídrica como o principal fator limitante à produtividade, já que se baseia na penalização da produção como consequência das condições hídricas, ao longo das diferentes fases fenológicas da cultura (Rosa et al., 2010).

Em razão do efeito diferenciado da deficiência hídrica sobre a produtividade das plantas cítricas, este trabalho teve como objetivo avaliar 17 seleções de laranja-doce quanto à sensibilidade ao deficit hídrico.

O experimento foi instalado na Fazenda Rio Pardo, pertencente à Citrosuco S/A Agroindústria, no município de Iaras, região sudoeste do Estado de São

Paulo. A área experimental encontra-se a 22°52'15"S e 45°9'46"W, à altitude de 640 m, em solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (Santos et al., 2013). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, tropical de altitude, segundo Alvares et al. (2013). Entre os anos de 2009 e 2014 a temperatura média anual foi de 22,7°C, e a precipitação pluvial total anual de 1.406 mm, de acordo com os dados obtidos da Estação Meteorológica da Fazenda Rio Pardo e da Estação Meteorológica de Manduri, sendo esta última pertencente ao Centro Integrado de Informações Meteorológicas do Estado de São Paulo (CIIAGRO).

As seleções de laranja-doce (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), enxertadas em tangerineira 'Sunki' – *C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka –, foram plantadas em maio de 2007, em espaçamento de 6,5 x 2,5 m, sem uso de irrigação. O experimento foi composto por 17 seleções:

'Pera IAC', 'IAC 2000', Pera 2, Pera 3, Pera 4, 'Pera Alexandre Maróstica', 'Pera Milton Teixeira', 'IAC 420 Seleta Rio', 'Seleta Amarela', 'IAC 129 Homosassa', 'Finike', 'Biondo', 'Bidwells Bar', 'Sanguínea', 'IPR Jaffa', 'Vaccaro Blood' e 'Torregrosa', e cada uma delas contou com cinco repetições e três plantas por parcela. As borbulhas das seleções foram obtidas do Centro de Citricultura Sylvio Moreira (CCSM) e da coleção de matrizes da Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro (EECB). Este material foi pré-selecionado a partir de trabalhos de melhoramento realizados pela Embrapa, IAC e Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro e apresenta características relacionadas à maturação de meia-estação, comparáveis à 'Pera IAC'.

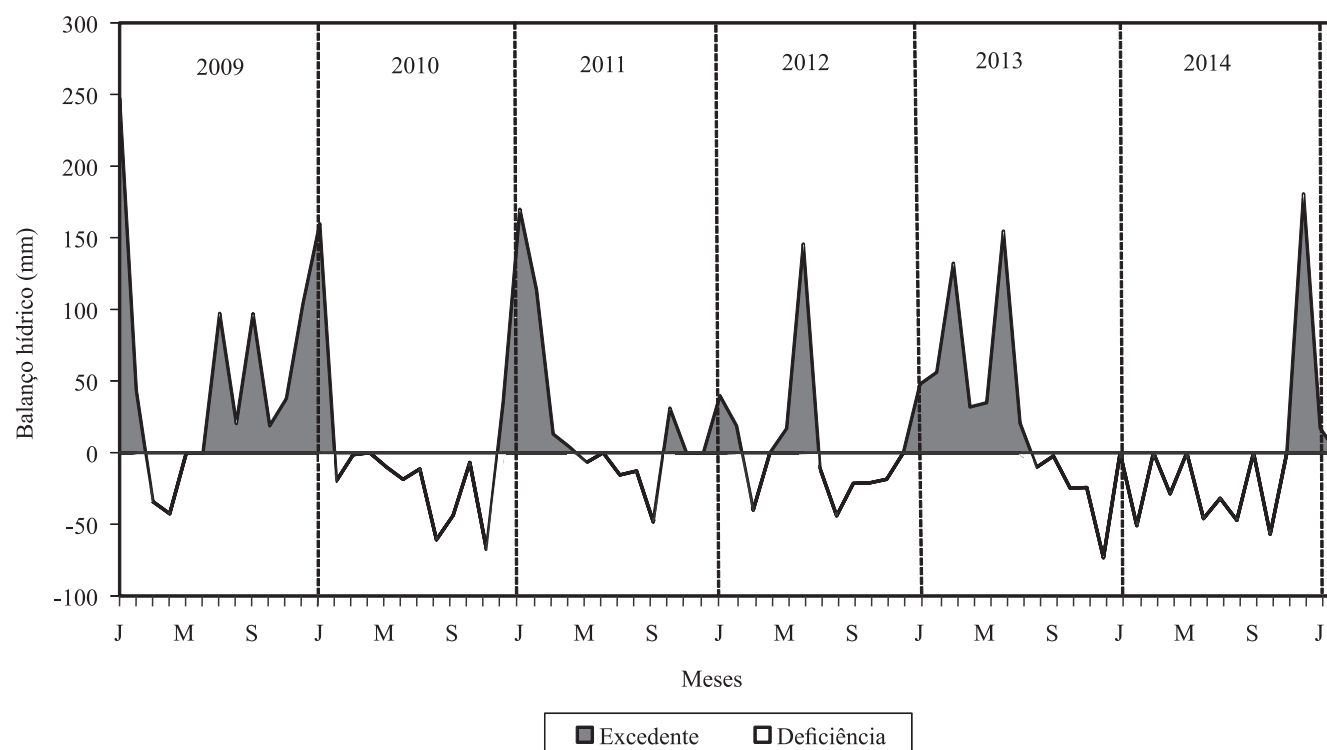
Para a estimativa da disponibilidade hídrica do solo, empregou-se o balanço hídrico de Thornthwaite & Mather (1955), na escala decendial, programado em planilha Excel, em que se consideram como dados de entrada a latitude, a precipitação pluvial, a temperatura do ar e a capacidade de água disponível (CAD) no solo de 100 mm (Figura 1). O modelo estima a disponibilidade hídrica decendial – como deficiência e excedente hídricos –, e também a evapotranspiração

real (ET<sub>r</sub>). A evapotranspiração máxima da cultura (ET<sub>c</sub>) foi obtida pelo produto entre a evapotranspiração potencial (ET<sub>p</sub>) e o coeficiente da cultura admitido como sendo igual a 1 (Camargo et al., 1999).

Para a avaliação da sensibilidade das seleções, utilizou-se o modelo multiplicativo de penalização de produtividade, parametrizado para a cultura da laranja por Camargo et al. (1999), tendo-se considerado os estádios de pré-florescimento, florescimento e fixação dos frutos, conforme a seguinte equação:

$$Y_r/Y_p = \left( \frac{ET_{r1}}{ET_{c1}} \right)^{-0,08} \times \left( \frac{ET_{r2}}{ET_{c2}} \right)^{-1,18} \times \left( \frac{ET_{r3}}{ET_{c3}} \right)^{-0,32}$$

em que: Y<sub>r</sub> é a produtividade estimada, em caixas por hectare; Y<sub>p</sub> é a produtividade potencial, em caixas por hectare, considerando-se a parcela mais produtiva de cada seleção, entre as safras 2010/2011, 2011/2012, 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015, acrescida de 10% (Kanemasu, 1983); ET<sub>r1</sub>/ET<sub>c1</sub>, ET<sub>r2</sub>/ET<sub>c2</sub>, ET<sub>r3</sub>/ET<sub>c3</sub> são as relações entre a evapotranspiração real e máxima da cultura, na escala decendial, nos estádios



**Figura 1.** Extrato do balanço hídrico sequencial, entre 2009-2014, na Fazenda Rio Pardo, Iaras, SP, quanto à capacidade de armazenamento de água de 100 mm, medida em: J, janeiro; M, maio; e S, setembro

de pré-florescimento (agosto/setembro), florescimento (outubro/novembro) e frutificação (dezembro/janeiro).

Para verificar a sensibilidade das seleções ao déficit hídrico, estabeleceram-se as regressões lineares entre as médias anuais das produtividades estimadas e observadas das diferentes safras, tendo-se determinado os valores de  $R^2$  e dos coeficientes angular e linear para cada seleção. A partir dessas informações, classificaram-se as seleções de acordo com os seguintes critérios: alta sensibilidade ( $R^2 \geq 0,70$ ); média sensibilidade ( $0,70 > R^2 \geq 0,30$ ); e baixa sensibilidade ( $R^2 < 0,30$ ). Quanto maior a relação entre as produtividades observadas e estimadas ( $>R^2$ ) maior a sensibilidade da seleção ao déficit hídrico, pois o modelo empregado capta o efeito dessa variável no desempenho produtivo das plantas (Camargo et al., 1999).

A delimitação dos intervalos de  $R^2$ , para a definição da sensibilidade das seleções ao déficit hídrico, deu-se pela avaliação do conjunto de resultados, já que  $R^2 \geq 0,70$  mostra um alto grau de relação entre as produtividades observadas e estimadas, o que indica que o déficit hídrico interferiu no desempenho das plantas no campo, pois o modelo é dependente apenas dessa variável ambiental. Para valores de  $R^2$  entre 0,30 e 0,69, o grau de relação é menor, o que indica que o efeito do déficit hídrico nas seleções não corresponde ao mesmo impacto gerado pelo modelo, porém, ainda

exerce um certo grau de influência. Finalmente, para os valores de  $R^2 \leq 0,30$ , o grau de relação entre as produtividades observadas e estimadas é baixo, o que indica que o déficit hídrico praticamente não teve efeito sobre o desempenho das seleções, enquanto o modelo indicava um alto efeito. Esses critérios, apesar de arbitrários, mostraram-se capazes de captar a sensibilidade das seleções ao déficit hídrico e são recomendáveis; no entanto, são necessárias mais investigações para comprovar sua eficiência.

As seleções 'Pera Milton Teixeira', 'Pera IAC', 'IAC 2000', Pera 2, 'IAC 420 Seleta Rio' e Pera 3 foram classificadas como seleções com alta sensibilidade ao déficit hídrico ( $R^2 > 0,70$ ) (Tabela 1). As laranjeiras 'IAC 129 Homosassa', 'Pera Alexandre Maróstica', Pera 4, 'Vaccaro Blood', 'Finike', 'Biondo' e 'Seleta Amarela' apresentaram média sensibilidade ( $0,70 > R^2 \geq 0,30$ ). Finalmente, as laranjeiras 'Bidwells Bar', 'IPR Jaffa', 'Torregrosa' e 'Sanguínea' apresentaram baixa sensibilidade à restrição hídrica ( $R^2 < 0,30$ ), ou seja, as condições hídricas ao longo dos anos tiveram pouca influência sobre a produtividade desses materiais.

As seleções que registraram coeficientes angulares (a) superiores a 0,7 foram classificadas como materiais de alta sensibilidade ao déficit hídrico, e aquelas que registraram valores inferiores a 0,3 foram classificadas como materiais de baixa sensibilidade ao déficit hídrico.

**Tabela 1.** Coeficiente angular (a), coeficiente linear (b) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) das regressões, entre as produtividades estimadas e observadas, e classificação quanto à sensibilidade ao déficit hídrico, em 17 seleções de laranja-doce sobre tangerineira 'Sunki', avaliadas entre o terceiro e o sétimo anos após o plantio.

Seleção	Coeficientes			Sensibilidade ao déficit hídrico
	a	b	$R^2$	
'Pera Milton Teixeira'	0,7149	405,71	0,89	Alta
'Pera IAC'	0,9383	214,79	0,83	Alta
'IAC 2000'	0,8817	234,87	0,83	Alta
Pera 2	0,8086	243,28	0,76	Alta
'IAC 420 Seleta Rio'	0,9634	149,88	0,74	Alta
Pera 3	0,7471	264,36	0,73	Alta
'IAC 129 Homosassa'	0,5329	562,17	0,66	Média
'Pera Alexandre Maróstica'	0,4053	926,59	0,50	Média
Pera 4	0,5392	579,66	0,42	Média
'Vaccaro Blood'	0,3646	887,00	0,42	Média
'Finike'	0,4132	855,38	0,40	Média
'Biondo'	0,4574	729,57	0,40	Média
'Seleta Amarela'	0,4185	678,64	0,32	Média
'Bidwells Bar'	0,2539	803,91	0,12	Baixa
'IPR Jaffa'	0,1149	1023,00	0,07	Baixa
'Torregrosa'	0,1174	916,6	0,03	Baixa
'Sanguínea'	0,1412	871,77	0,02	Baixa

Os elevados valores registrados de coeficientes lineares (b) podem estar relacionados às diferenças das condições experimentais entre o presente estudo e o tomado como referencial teórico para o desenvolvimento e parametrização do modelo (Camargo et al., 1999), especialmente no que se refere ao genótipo e condições de manejo do pomar. Na literatura, há poucos trabalhos de modelagem com seleções brasileiras (Rolim et al., 2008), e o modelo proposto por Camargo et al. (1999) estuda plantas de laranja 'Valência' enxertadas em limoeiro 'Cravo', na região norte do Estado de São Paulo. Apesar disso, essas diferenças não comprometem os resultados encontrados, já que aqui não se avaliou o desempenho do modelo em estimar a produtividade, mas sim o grau de relação entre a produtividade observada em campo e a estimada por um modelo baseado apenas no deficit hídrico.

Embora as seleções 'Pera Milton Teixeira', 'Pera IAC', 'IAC 2000', Pera 2, 'IAC 420 Seleta Rio' e Pera 3 sejam oriundas de seleção local (Estados de São Paulo e do Rio de Janeiro), classificaram-se como aquelas que apresentaram alta sensibilidade ao deficit hídrico, o que evidencia que outras seleções podem ser mais adequadas ao regime hídrico de regiões com estação seca mais intensa ou onde veranicos são frequentes. As seleções de baixa sensibilidade, com exceção da 'Bidwells Bar', são originárias de regiões de clima mediterrâneo, em que a condição de aridez é mais pronunciada.

A classificação das seleções quanto à sensibilidade ao deficit hídrico é inédita nas condições brasileiras e poderá servir como suporte aos programas de melhoramento ou, ainda, para a tomada de decisão com vistas ao aumento da eficiência do sistema de produção citrícola (Donatelli & Confalonieri, 2011).

### Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pelo suporte financeiro; à Citrosuco S/A Agroindústria, pelo suporte físico e financeiro; e a Helton Carlos de Leão e André Luiz Vanucci da Silva, pela importante contribuição no desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.

### Referências

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, p.711-728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507.
- CAMARGO, M.B.P. de; ORTOLONI, A.A.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; ROSA, S.M. Modelo agrometeorológico de estimativa de produtividade para o cultivar de laranja Valência. *Bragantia*, v.58, p.171-178, 1999. DOI: 10.1590/S0006-87051999000100016.
- DONATELLI, M.; CONFALONIERI, R. Biophysical models for cropping system simulation. In: FLICHMAN, G. (Ed.). *Bio-economic models applied to agricultural systems*. London: Springer, 2011. p.59-87. DOI: 10.1007/978-94-007-1902-6\_4.
- KANEMASU, E.T. Yield and water-use relationships: some problems of relating grain yield to transpiration. In: TAYLOR, H.M.; JORDAN, W.R.; SINCLAIR, T.R. (Ed.). *Limitations to efficient water use in crop production*. Madison: American Society of Agronomy, 1983. p.413-417. DOI: 10.2134/1983.limitationstoefficientwateruse.c25.
- MORETO, V.B.; ROLIM, G. de S. Estimation of annual yield and quality of 'Valencia orange' related to monthly water deficiencies. *African Journal of Agricultural Research*, v.10, p.543-553, 2015. DOI: 10.5897/AJAR2014.9090.
- PALEARI, L.; CAPPELLI, G.; BREGAGLIO, S.; ACUTIS, M.; DONATELLI, M.; SACCHI, G.A.; LUPOTTO, E.; BOSCHETTI, M.; MANFRON, G.; CONFALONIERI, R. District specific, in silico evaluation of rice ideotypes improved for resistance/tolerance traits to biotic and abiotic stressors under climate change scenarios. *Climatic Change*, v.132, p.661-675, 2015. DOI: 10.1007/s10584-015-1457-4.
- ROLIM, G. de S.; RIBEIRO, R.V.; AZEVEDO, F.A. de; CAMARGO, M.B.P. de; MACHADO, E.C. Previsão do número de frutos a partir da quantidade de estruturas reprodutivas em laranjeiras. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.30, p.48-53, 2008.
- ROSA, V.G.C. da; MOREIRA, M.A.; RUDORFF, B.F.T.; ADAMI, M. Estimativa da produtividade de café com base em um modelo agrometeorológico-espectral. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, p.1478-1488, 2010. DOI: 10.1590/S0100-204X2010001200020.
- SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A. de; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. de (Org.). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3.ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. *The water balance*. Centerton: Drexel Institute of Technology, 1955. 104p. (Publications in climatology, v.8, n.1).