

AGROMETEOROLOGIA

ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE LARANJA VALÊNCIA PELA ADAPTAÇÃO DE UM MODELO AGROMETEOROLÓGICO ⁽¹⁾

ADRIANA NOVAIS MARTINS ⁽²⁾; ALTINO ALDO ORTOLANI ⁽³⁾

RESUMO

Foi avaliada a influência do fator hídrico (ER/EP) e da produção do ano anterior (Yaa/Yp) sobre a produção relativa de laranja, variedade Valência (*Citrus sinensis* Osbeck.) enxertada sobre Limão Cravo. Foram considerados os estádios fenológicos de pré-florescimento, florescimento e pegamento dos frutos, em um modelo matemático agrometeorológico multiplicativo, que considera diferentes índices de sensibilidade (λ). Foram utilizados dados meteorológicos, de produção e fenológicos de 14 anos (safras 1985/86 a 1998/99), de pomar situado na Fazenda Empreendimentos Agropecuários Cambuhy, localizada no município de Matão, SP. Os resultados indicaram melhor desempenho do modelo quando foram utilizados os períodos fenológicos de pré-florescimento no bimestre agosto/setembro, o florescimento em outubro/novembro e o pegamento dos frutos em dezembro/janeiro. A magnitude dos valores dos índices de sensibilidade apontou o estágio de florescimento (outubro/novembro) como o mais sensível ao déficit hídrico. Na validação do modelo obteve-se bom desempenho e as análises forneceram um coeficiente de determinação (R^2) de 0,81 e índice de concordância (Willmott) de 0,95.

Palavras-chave: Citros, balanço hídrico, modelo clima-productividade.

ABSTRACT

YIELD PREDICTION OF ORANGE CULTIVAR VALENCIA THROUGH ADAPTATION OF AN AGROMETEOROLOGICAL MODEL

The influence of the hydric factor influence and the previous year yield relative to the potential (Yaa/Yp), yield was evaluated for orange cultivar Valencia/Cravo (*Citrus sinensis* Osbeck). The stages of dormancy, flowering and fruit set were considered in a multiplicative mathematic agrometeorological model with different sensitive indices (λ -values). Meteorological, phenological and crop yield data of an orchard in Matão, SP, Brazil, were analyzed. The obtained results indicated better performance of the model when the periods of dormancy were established in August - September, flowering in October - November and fruit set in December - January. The magnitude of the sensitive index values showed that flowering (Oct - Nov) is the most sensitive period for water stress. In the model validation it was observed a good performance, with R^2 of 0.81 and d-index of agreement of 0.95.

Key words: Citrus, water balance, crop yield-modeling

⁽¹⁾ Parte da tese apresentada pela autora como requisito para a obtenção do título de Doutor em Fitotecnia (ESALQ/USP). Recebido para publicação em 23 de setembro de 2005 e aceito em 17 de fevereiro de 2006.

⁽²⁾ APTA/Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Médio Paranapanema. Rodovia SP 333 (Assis-Marília), km 397, Caixa Postal 263, 19800-000 Assis (SP). Autora correspondente. E-mail: adrianamartins@aptaaregional.sp.gov.br

⁽³⁾ Pesquisador Científico Aposentado, Instituto Agrônomo.

1. INTRODUÇÃO

Os modelos agrometeorológicos de previsão de produção dos citros são escassos. No Brasil, os estudos estão ainda no início, existindo poucos resultados conclusivos sobre o tema. Dentre esses, destaca-se o estudo realizado por GALLO et al. (1977), utilizando a variedade Baianinha. Os resultados indicaram não haver uma correlação significativa entre deficiências hídricas acentuadas ou excedentes hídricos elevados, com diminuição ou aumento de produção, respectivamente.

SILVA et al. (1986) observaram um parâmetro climático para explicar a produtividade em citros e demonstraram que a deficiência hídrica ocorrida nos meses de maio e outubro está correlacionada significativamente com as produções dos anos posteriores.

Os resultados do trabalho de TUBELIS E SALIBE (1988) revelaram que, para a variedade Hamlin enxertada sobre porta-enxertos de laranja-doce Caipira, a produção está relacionada com a idade das plantas e aos totais de precipitação pluvial ocorridos nos 16 meses que antecedem a colheita, considerando-se constantes e ótimos os tratos culturais e os níveis de adubação do pomar. Os modelos apontaram os meses de agosto, setembro e outubro, respectivamente, como os mais importantes em termos de quantificação da produção do ano seguinte.

Outro modelo enfatizando os processos de florescimento e frutificação foi descrito por DI GIORGI et al. (1991) para as cultivares Hamlin e Pera Rio. Nesse trabalho foi considerada a soma das temperaturas abaixo de 13 °C e a deficiência hídrica total dos dois meses posteriores ao florescimento, na produtividade média do ano seguinte. Os resultados evidenciaram o efeito depressivo das chuvas em setembro, sobre a primeira florada (agosto/setembro), concordando com as observações de TUBELIS E SALIBE (1988).

Mais recentemente, CAMARGO et al. (1999) aplicaram o modelo desenvolvido por JENSEN (1968), adaptado para laranja Valência. Esse modelo baseia-se na penalização da produtividade à medida que haja restrição hídrica para a cultura, dependendo do estágio fenológico. Os resultados indicaram bom desempenho do modelo adaptado, deixando evidente que o bimestre outubro-novembro, correspondente aos estádios de florescimento e início do pegamento dos frutos, é particularmente sensível ao déficit hídrico, no que diz respeito à produção do ano seguinte.

PAULINO E VOLPE (2001) utilizaram métodos estatísticos de regressão para relacionar a produção de laranja "Pêra" com algumas variáveis meteorológicas (temperatura mínima, média e máxima do ar, precipitação pluvial, déficit e excedente hídrico). Concluíram que o clima pode explicar cerca de 92% da variação anual da produção, em número de frutos por árvore, no caso da laranja "Pêra", na região de Limeira, São Paulo. Os autores também enfatizaram que a ocorrência de temperaturas elevadas no período de pré-florescimento e o excedente hídrico durante os períodos de florescimento e fixação dos frutos interferiram negativamente na produção.

O presente trabalho teve como objetivo principal adaptar e testar um modelo agrometeorológico para a estimativa de produção de laranja "Valência", tomando-se como base uma relação entre a produtividade relativa, as condições hídricas predominantes em diversos estádios fenológicos e a produção de anos anteriores.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados fenológicos, de produtividade e meteorológicos da Companhia de Empreendimentos Agropecuários Cambuhy, localizada no município de Matão, SP (latitude 21° 35' S; longitude 48° 25' W e altitude 551 m), situada em região representativa da citricultura paulista. Os dados analisados pertencem a um plantio de 1981 de laranja "Valência", enxertada sobre limão "Cravo", cuja área é de aproximadamente 100 ha, com uma população de cerca de 21.000 plantas. Foram utilizados dados referentes às safras de 1985/86 até 1998/1999 para a parametrização e validação do modelo.

Os dados diários de chuva e temperatura máxima e mínima foram obtidos no posto meteorológico do Instituto Agrônomo (IAC), localizado na propriedade, próximo aos talhões considerados. A temperatura do ar foi obtida em abrigos padronizados, segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM), com termômetros de mercúrio em vidro localizados a 1,7 m de altura. A chuva foi medida em pluviômetro, tipo Ville de Paris, com altura de captação a 1,5 m da superfície.

A produção potencial utilizada foi calculada de acordo com KANEMASU (1983), considerando-se a maior produção obtida na série analisada, acrescida de 10% ($Y_p = 7,3$ caixas/árvore).

A disponibilidade hídrica decendial foi estimada pelo método de THORNTHWAITE E MATHER (1955), considerando a Capacidade de Água Disponível (CAD) de 100 mm. De acordo com IAFFE (1996) não foi encontrada correlação entre a água útil armazenada no solo e a taxa de evapotranspiração na cultura dos citros. Desse modo, a autora recomenda a utilização da evapotranspiração de referência (ET_o) para a estimativa de produção de frutos, em função dos fatores hídricos, considerando EP como ET_o.

Com os dados do balanço hídrico foram calculadas as relações entre a evapotranspiração real (ER) e a evapotranspiração potencial (EP), para cada uma das três combinações de fases fenológicas testadas. CAMARGO et al. (1999) consideraram que um pomar adulto de laranja projeta uma cobertura de 80% do terreno, correspondendo a K_c de 0,80. Consideram também para laranjeira, assim como para outras plantas perenes, uma superexposição à radiação solar e ao vento, admitindo-se que o valor de K_c seja 20% superior à cobertura do terreno (CAMARGO E PEREIRA, 1994), podendo ser admitido um K_c praticamente unitário, ou seja, EP = EP_c. Essa aproximação foi utilizada no cálculo de EP_c para estimativa do balanço hídrico.

Foi utilizada neste trabalho uma adaptação do modelo de penalização proposto por JENSEN (1968) e parametrizado por MEYER (1990), CAMARGO (1993) e MEYER E HUBBARD (1995) para culturas anuais, que considera a produtividade como função das condições hídricas durante estádios fenológicos críticos, segundo modelo multiplicativo:

$$\frac{Y_r}{Y_p} = \prod_{i=1}^n \left(\frac{ER}{EP} \right)^{\lambda_i}$$

Em que, “ER/EP” corresponde a relação entre a evapotranspiração real e potencial; λ é o índice de sensibilidade e “i” é o estádio fenológico da cultura.

Esse modelo foi inicialmente desmembrado, com a penalização da produtividade, por meio da restrição hídrica em vários estádios fenológicos, importantes para a cultura dos citros, que são: pré-florescimento, florescimento e pegamento dos frutos.

Posteriormente, esse modelo foi modificado com a introdução da produção do ano anterior, de acordo com o modelo descrito por PICINI (1998) para estimativa da produtividade de cafeeiros. No caso da laranja, para a variedade Valência, observou-se que a produção do ano anterior interferiu na safra do ano seguinte. Desse modo, obteve-se o modelo:

$$\frac{Y_r}{Y_p} = \left(\frac{Y_{aa}}{Y_p} \right)^{\lambda_0} \cdot \left(\frac{ER}{EP} \right)^{\lambda_1} \cdot \left(\frac{ER}{EP} \right)^{\lambda_2} \cdot \left(\frac{ER}{EP} \right)^{\lambda_3}$$

onde:

Y_r - produção estimada (kg de frutos/árvore);

Y_p - produtividade potencial (kg de frutos/árvore);

Y_{aa} - produção do ano anterior (kg de frutos/árvore);

ER/EP - evapotranspiração relativa;

λ_0 - índice de penalização relativo à produção do ano anterior;

λ_1 , λ_2 e λ_3 - índices de sensibilidade relativos aos estádios de pré-florescimento, florescimento e pegamento dos frutos respectivamente.

Os valores de produção potencial e do ano anterior em quilogramas de frutos por árvore foram obtidos multiplicando-se o número de caixas colhidas por árvore pelo peso de cada caixa, ou seja, 42 kg.

Os índices de sensibilidade foram determinados por regressões múltiplas e álgebra matricial, de maneira semelhante ao método empregado por MEYER (1990), CAMARGO (1993), PICINI (1998) e CAMARGO et al. (1999), considerando-se três combinações de fases fenológicas (Tabela 1). Para tanto, a equação multiplicativa exponencial foi inicialmente transformada em uma equação aditiva logarítmica, da seguinte forma:

$$\frac{Y_r}{Y_p} = \left(\frac{Y_{aa}}{Y_p} \right)^{\lambda_0} \cdot \prod_{i=1}^n \left(\frac{ER_i}{EP} \right)^{\lambda_i}$$

$$\ln \left(\frac{Y_r}{Y_p} \right) = \lambda_0 \ln \left(\frac{Y_{aa}}{Y_p} \right) + \sum_{i=1}^n \lambda_i \ln \left(\frac{ER_i}{EP} \right)$$

Para a utilização desse sistema de regressões múltiplas e álgebra matricial, o número de equações deve ser igual ou superior ao número de incógnitas (BOLDRINI et al., 1980; MEYER, 1990). Nesse caso seriam suficientes 4 séries de dados, uma vez que existem 4 valores para λ_i ; entretanto foram utilizados 8 séries de dados. Desse modo, houve um total de 70 combinações (8! / 4! 4!) possíveis para o cálculo desses índices.

Tabela 1. Combinações de fases fenológicas testadas, para a determinação do índice de sensibilidade

Combinação	Pré-florescimento	Florescimento	Pegamento dos frutos
1	set/out	nov/dez	jan/fev
2	ago/set	out/nov	dez/jan
3	jul/ago	set/out	nov/dez

O desempenho do modelo foi avaliado por coeficientes de determinação (R^2) e índice de concordância d proposto por WILLMOTT et al. (1985). Esses dois índices, avaliados conjuntamente, possibilitam mensurar melhor o desempenho do modelo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As produções relativas observadas durante todo o período analisado variaram de 0,283 (safra de 1985/86) a 0,909 (safra de 1995/96). Analisando-se os dados de produções relativas dos anos agrícolas (Y_{obs}/Y_p), observa-se uma tendência de alternância de produção, sem, entretanto, ter um caráter definido (Tabela 2), concordando com SYVERTSEN (1999).

Em termos de relações ER/EP, têm-se situações distintas nas três combinações fenológicas testadas (Tabela 2), concordando com os resultados de CAMARGO et al. (1999). Na combinação 1, considerando o período avaliado, a amplitude é grande no período de pré-florescimento (set/out), variando de 0,21 a 0,99 o que não ocorreu nos outros dois estádios fenológicos, florescimento e pegamento, tendo os valores variado de 0,83 a 1,00 e 0,90 a 1,00 respectivamente. Na validação do modelo a situação foi a mesma, sendo o estádio fenológico de pré-florescimento caracterizado por grande amplitude de valores de ER/EP, enquanto os outros dois estádios fenológicos tiveram baixas amplitudes.

Na combinação 2, os valores de ER/EP referentes ao estádio de pré-florescimento (ago/set)

variaram de 0,12 a 0,86, enquanto os valores referentes aos estádios de florescimento variaram de 0,65 a 0,97 e no pegamento, de 0,91 a 1,00.

Na combinação 3, no estádio de pré-florescimento (jul/ago), foram observados valores de ER/EP de 0,30 a 0,77; o estádio de florescimento (set/out) foi caracterizado por maiores amplitudes, com valores entre 0,21 e 0,99. No estádio de pegamento dos frutos a amplitude foi pequena, ficando os valores de ER/EP entre 0,83 e 1,00.

Uma vez calculadas as produções relativas e os valores de ER/EP, para as duas combinações fenológicas, foi realizada a parametrização do modelo, cujos valores obtidos para os índices de sensibilidade (λ_i) encontram-se na Tabela 3.

De acordo com os resultados da parametrização do modelo, observou-se na combinação de fases fenológicas 2 um coeficiente de determinação de 0,92, sendo portanto, mais adequada do que as combinações 1 e 3, cujos coeficientes de determinação foram de 0,64 e 0,87 respectivamente. Esse fato pode ser explicado uma vez que déficits hídricos no período de pré-florescimento favorecem o bom florescimento das árvores (TUBELIS e SALIBE, 1988; DI GIORGI et al., 1991; IAFFE, 1996). Desse modo, o índice de sensibilidade negativo (-0,106) referente ao pré-florescimento (λ_1) na combinação 2 revela que a produção final das árvores está inversamente relacionada com a relação ER/EP do período, concordando com PAULINO e VOLPE (2001) que detectaram influência negativa de chuvas, associadas a temperaturas elevadas, neste período.

Tabela 2. Relações ER/EP das três combinações de fases fenológicas testadas no modelo ($Y_p = 7,3$ caixas/árvore ou 306,6 kg de frutos/árvore)

Ano Agrícola	Yobs/Yp	Combinação 1			Combinação 2			Combinação 3		
		ER/EP ₁	ER/EP ₂	ER/EP ₃	ER/EP ₁	ER/EP ₂	ER/EP ₃	ER/EP ₁	ER/EP ₂	ER/EP ₃
		set/out	nov/dez	jan/fev	ago/set	out/nov	dez/jan	jul/ago	set/out	nov/dez
1985/86	0,283	0,21	1,00	0,95	0,18	0,65	0,98	0,30	0,21	1,00
1986/87	0,581	0,79	0,99	1,00	0,79	0,90	1,00	0,71	0,79	0,99
1987/88	0,467	0,50	0,95	0,98	0,47	0,71	0,99	0,57	0,50	0,95
1988/89	0,765	0,64	0,90	1,00	0,12	0,90	0,91	0,45	0,64	0,90
1989/90	0,586	0,78	0,83	0,96	0,83	0,83	0,91	0,61	0,78	0,83
1990/91	0,511	0,73	0,89	0,95	0,78	0,76	0,96	0,77	0,73	0,89
1991/92	0,698	0,68	0,83	0,92	0,24	0,79	0,97	0,47	0,68	0,83
1992/93	0,801	0,99	0,96	0,95	0,73	0,97	0,99	0,53	0,99	0,96
1993/94	0,675	0,94	0,90	0,90	0,86	0,90	0,99	0,70	0,94	0,90
1994/95	0,547	0,55	0,90	0,93	0,22	0,68	0,90	0,52	0,55	0,90
1995/96	0,909	0,78	0,93	1,00	0,29	0,99	0,94	0,59	0,78	0,93
1996/97	0,508	0,87	1,00	1,00	0,68	0,78	1,00	0,37	0,87	1,00
1997/98	0,622	0,73	0,97	0,78	0,49	0,89	0,89	0,69	0,73	0,97
1998/99	0,600	0,77	0,95	0,82	0,54	0,83	0,94	0,62	0,77	0,95

Tabela 3. Índices de sensibilidade determinados por meio de regressões múltiplas e álgebra matricial para as três combinações de fases fenológicas

Combinação de fases fenológicas	Índices de sensibilidade				R ²
	λ_0	λ_1	λ_2	λ_3	
1	-0,019	+0,411	-1,694	+2,336	0,64
2	+0,277	-0,106	+2,161	+0,164	0,92
3	-0,096	+0,564	+0,856	-0,821	0,87

λ_0 - índice de penalização relativo à produção do ano anterior; λ_1 , λ_2 e λ_3 - índices de sensibilidade relativos aos estádios de pré-florescimento, florescimento e pegamento dos frutos respectivamente.

Por outro lado, observa-se que a fase fenológica de florescimento (outubro/novembro) é extremamente sensível ao déficit hídrico, uma vez que o índice de sensibilidade (λ_2) é elevado, com o valor de +2,161, ou seja, deficiência hídrica na fase de florescimento (outubro/novembro) afeta negativamente a produção final, concordando com BEN MECHLIA E CARROL (1989). Esse fato pode ser comprovado com as baixas produções relativas observadas em safras com déficit hídrico nesses meses. Na tabela 4, verificam-se os resultados da análise estatística realizada para a validação do modelo. Pode ser observado o melhor desempenho do modelo quando utilizados os índices referentes à combinação 2, uma vez que os valores estimados ficaram mais próximos dos valores observados (Figura 1).

Pela avaliação do desempenho das três combinações testadas, observou-se que o coeficiente de determinação (R²) foi de 0,27 para a combinação 1, enquanto para a combinação 2 foi de 0,81 e para a combinação 3 foi de 0,32, evidenciando portanto, melhores estimativas obtidas com a combinação 2.

Além deste coeficiente, o índice de (Willmott) foi de 0,56 para a combinação 1, de 0,95 para a combinação 2 e de 0,77 para a combinação 3.

Analisando-se os índices de sensibilidade, além dos resultados estatísticos e dos dados observados em si, nota-se influência muito grande da fase de florescimento no bimestre outubro/novembro, na produção final dos citros, variedade Valência. As menores produções relativas observadas coincidem com as safras em que o déficit hídrico foi mais acentuado neste período (safras de 1985/86, 1987/88, 1990/91 e 1996/97). De acordo com PAULINO E VOLPE (2001), a ocorrência de excedente hídrico nesta fase também influi negativamente na produção final.

O período de pré-florescimento (agosto/setembro, na combinação 2) foi de pouca influência sobre a produção final, quando avaliado isoladamente, como por exemplo na safra de 1988/1989, quando a relação ER/EP desse período foi de 0,12; entretanto, a produção relativa obtida foi alta (0,765), uma vez que no período de florescimento a relação foi de 0,90.

Tabela 4. Resultados da análise estatística realizada para a validação do modelo de JENSEN (1968) modificado

Parâmetro	Combinações		
	1	2	3
Coef. determinação (R ²)	0,27	0,81	0,32
índice de concordância (d)	0,56	0,95	0,77
EAM	0,207	0,023	0,027
EAM (kg frutos/árvore)	63,47	7,05	8,28
Es	0,027	0,003	0,020
Es (kg frutos/árvore)	8,28	0,92	6,13
Ea	0,064	0,003	0,003
Ea (kg frutos/árvore)	19,62	0,92	0,92
EM	0,069	0,004	0,021
EM (kg frutos/árvore)	21,16	1,23	6,44

R² - Coeficiente de determinação; d - índice de concordância de Wilmott; EAM - Erro absoluto médio; Es - Erro sistemático; Ea - Erro não sistemático (aleatório); EM - Erro médio.

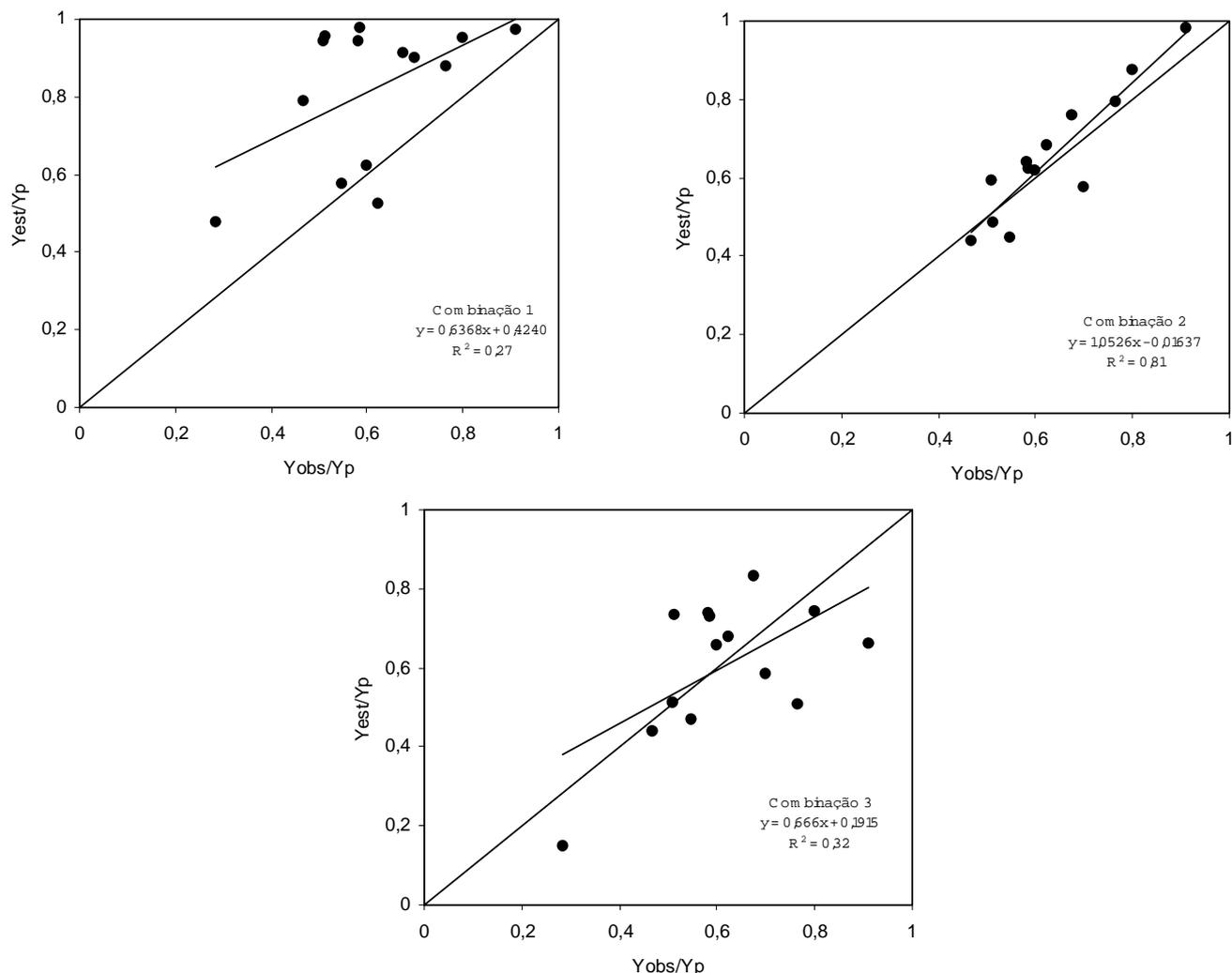


Figura 1. Produções relativas observadas (Y_{obs}/Y_p) e estimadas (Y_{est}/Y_p) obtidas por meio do modelo de Jensen (1968), modificado para as três combinações de fases fenológicas testadas.

4. CONCLUSÕES

1. Pelo modelo agrometeorológico, com base na penalização da produtividade pelas condições hídricas desfavoráveis, observou-se bom desempenho para estimar a produção de laranja, variedade Valência;

2. O estágio fenológico da laranja “Valência” mais sensível ao déficit hídrico é o de florescimento, compreendido em outubro/novembro, nas condições climáticas predominantes na região de Matão, São Paulo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fazenda Empreendimentos Agropecuários Cambuhy, Matão

(SP), pela cessão dos dados utilizados neste trabalho, e também ao Pesquisador Dr. Marcelo Bento Paes de Camargo, do IAC, pelas valiosas sugestões fornecidas no decorrer do trabalho.

REFERÊNCIAS

- BEN MECHLIA, N.; CARROL, J.J. Agroclimatic modeling for the simulation of phenology, yield and quality of crop production. I. Citrus Response Formulation. *International Journal of Biometeorology*, Heidelberg, v.33, p.36-51, 1989.
- BOLDRINI, J.L.; COSTA, S.I.R.; FIGUEIREDO, V.L.; WETZLER, H.G. *Álgebra Linear*. 3.ed. São Paulo: Harbra, 1980. 411 p.
- CAMARGO, A.P.; PEREIRA, A.R. *Agrometeorology of coffee crop*. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization, Agricultural Meteorology, 1994. 63p. (CagM Report, n. 58, WMO)

- CAMARGO, M.B.P. **Determination of the water balance components and drought sensitivity indices for a sorghum crop.** Lincoln, 1993. 131 p. Thesis (PhD). University of Nebraska.
- CAMARGO, M.B.P.; ORTOLANI, A.A.; PEDRO JUNIOR, M.J.; ROSA, S.M. Modelo agrometeorológico de estimativa de produtividade para laranja Valência. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 1, p. 171-178, 1999.
- DI GIORGI, F.; IDE, B.Y.; DIB, K.; MARCHI, R.J.; TRIBONI, H.R.; WAGNER, R.L.; ANDRADE, G. Influência climática na produção de laranja. Cordeirópolis, 29/ago/1991. Palestra Proferida na Estação Experimental de Cordeirópolis do IAC, **Boletim Frutesp**, 25p.
- GALLO, J.R.; RODRIGUEZ, O.; CAMARGO, A.P.; IGUE, T. Variações anuais da produção de frutos e concentração de macronutrientes em folhas de citros, relacionadas ao balanço hídrico meteorológico e a adubação, no período de 1957 a 1975. **Bragantia**, Campinas, v. 36, n. 1, p. 271-290, 1977.
- IAFFE, A. **Avaliação da disponibilidade hídrica no solo na produção de laranjas Baianinha e Hamlin, em Pindorama, SP.** 1996, 98 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Agrícola/Universidade Estadual de Campinas, 1996.
- JENSEN, M.E. Water consumption by agricultural plants. In: KOZLWSKY, T.T. (ed.) **Water deficits and plant growth.** New York: Academic Press, 1968. v.2, p.1-22.
- 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. 413-17.
- MEYER, S.J. **The development of a crop specific drought index corn.** 1990. 165 p. Doctoral Dissertation, University of Nebraska, Lincoln/USA. 1990.
- MEYER, S.J.; HUBBARD, K.G. Extending the crop-specific drought index to soybean. In: CONFERENCE OF APPLIED CLIMATOLOGY, 9., 1995, Dallas, Texas. **Abstracts...** Dallas, Texas: American Meteorological Society, 1995. p. 258-259
- PAULINO, S.E.P.; VOLPE, C.A. Relações entre a produção de laranjeira – “Pêra” e algumas variáveis meteorológicas, em Limeira, SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 1, p. 130-1333. 2001.
- PICINI, A.G.; CAMARGO, M.B.P.; ORTOLANI, A.A.; FAZUOLI, L.C.; GALLO, P.B. Desenvolvimento e teste de modelos agrometeorológicos para estimativa de produtividade do cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 1, p. 157-170. 1999.
- SILVA, F.L.S.P.; VICENTE, S.R.; CASER, D.V. **Variações do tempo e produtividade agrícola: um subsídio à previsão de safras no Estado de São Paulo.** Campinas: Fundação Cargill, 1986. 148 p.
- SYVERTSEN, J.P. Physiological determinants of citrus tree growth and development. In: RODRIGUEZ, J.D. et al. (Coord). SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FRUTICULTURA, 1., PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS CÍTRICOS, 1., 1999, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FAPESP, 1999. p.123-160.
- THORNTON, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance.** Centerton: Drexel Institute of Technology, 1955. 104 p. (Publications in Climatology, v. 8, n. 1).
- TUBELIS, A.; SALIBE, A.A. A estimativa de safra de laranja Hamlin em cinco porta- enxertos. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 2, n. 10, p.531-543, 1988.
- WILLMOTT, C.J.; ACKLESON, S.G.; DAVIS, J.J.; FEDDEMA, K.M.; KLINK, D.R. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v.90, n.C5, p.8995-9005, 1985.