

ESTIMATIVA DO NÚMERO DE HORAS DE FRIO EM JUNDIAÍ-SP, PARA FRUTICULTURAS DE CLIMA TEMPERADO, COM BASE NAS PREVISÕES SAZONAIS DO MODELO REGIONAL ETA

PRISCILA S. TAVARES¹, ANGÉLICA GIAROLLA², SIN CHAN CHOU³,

¹Meteorologista, pesquisadora bolsista do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais / Centro de Ciências do Sistema Terrestre (INPE/CCST), Cachoeira Paulista-SP, Brasil, Fone: (12) 3186-8546, e-mail: priscila.tavares@inpe.br.

²Engenheira agrônoma, pesquisadora do INPE-CCST, São José dos Campos – SP, Brasil, e-mail: angelica.giarolla@inpe.br.

³Meteorologista, pesquisadora do INPE-CCST, Cachoeira Paulista – SP, Brasil, e-mail: chou.sinchan@cptec.inpe.br.

*Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011.
SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari – ES.*

Resumo - O presente estudo teve como objetivo avaliar as previsões sazonais de temperatura do ar geradas pelo modelo regional Eta, referente ao mês de julho, para o cálculo do número de horas de frio (NHF) para culturas de clima temperado na região de Jundiaí- SP. Os prazos das previsões abrangeram um, dois, três e quatro meses de antecedência que correspondem, respectivamente, as rodadas iniciadas em junho, maio, abril e março para cada ano em questão. Os anos de 1997 a 2001 foram usados para avaliação do modelo, com intuito de identificar possíveis erros sistemáticos e os anos de 2004 a 2010 foram usados para cálculo do NHF. Os resultados para o período de 1997 a 2001 mostraram que a remoção dos erros contribuiu satisfatoriamente para o ajuste das previsões. Posteriormente, os resultados do NHF calculado para o período de 2004 a 2010, com valores de temperatura já ajustados (sem o erro sistemático) apresentaram em média, com um e dois meses de antecedência, resultados coerentes com a observação. Desse modo, as previsões sazonais do modelo regional Eta podem fornecer indícios do comportamento do NHF com prazos razoáveis de antecedência auxiliando no planejamento das fruticulturas.

Palavras-chave: horas de frio, Modelo Eta, previsão sazonal

CHILLING HOURS FOR TEMPERATE CLIMATE CROPS IN JUNDIAI-SP, ESTIMATED FROM ETA MODEL SEASONAL FORECAST

Abstract – The objective of this work is evaluate monthly air temperature generated from seasonal forecast Eta model for July months, for calculating the number of chilling hours (NCH) for temperate climate crops in Jundiai-SP region. The forecasts of one, two, three and four month lead time, which correspond to the forecasts generated in June, May, April and March for each year, respectively. The years from 1997 to 2001 were used to identify systematic errors and the years from 2004 to 2010 were used to calculate the number of chilling hours (NHF). The results for the test period showed that the removal of errors contributed to the satisfactory adjustment of the predictions. Then, NHF results calculated from 2004 to 2010, with the air temperature values adjusted (systematic error removed) presented, in general, for the case of one and two months in advance, results agreed with observations. Seasonal air temperature forecasts generated from Eta model may provide some evidences of NHF in advance and this information can be useful for fruit trees cultivation.

Keywords – chilling hours, Eta model, seasonal forecast.

1.0 Introdução

As fruteiras de clima temperado caracterizam-se pela queda das folhas no final do ciclo e a conseqüente entrada em dormência. Um novo ciclo vegetativo será iniciado após as plantas sofrerem a ação das baixas temperaturas, sendo que a quantidade de frio requerida para o término do repouso é conhecida como Número de Horas de Frio (NHF) (Pereira et al., 2002). Dessa forma, o NHF é definido como o número de horas em que a temperatura do ar permanece abaixo de determinada temperatura crítica durante certo período, geralmente, igual a 7°C, para culturas mais exigentes, e 13°C, para culturas menos exigentes. Quando a necessidade de frio não é suficiente, são necessárias algumas práticas culturais especiais e o uso de produtos químicos para a quebra da dormência (Caramori et al., 2008). Da mesma forma, quando as condições não ocorrem satisfatoriamente e o inverno se caracteriza por temperaturas mais elevadas, há baixa percentagem de brotação das gemas laterais e forte dominância apical, formando longos ramos terminais. Como conseqüência, forma-se baixo número de ramos e de esporões laterais, com floração e brotação desuniformes. Assim, estudos que antecipem possíveis alterações nas condições que afetam a produção são de grande importância para os produtores. Previsões sazonais realizadas por modelos regionais podem contribuir para o planejamento da agricultura tendo em vista que, além de fornecer indícios do estado climático para os próximos meses, possuem alta resolução espacial, de dezenas de quilômetros, contribuindo para informações mais refinadas. O presente estudo teve como objetivo avaliar o desempenho das previsões sazonais do modelo Eta (Mesinger et al., 1988; Black, 1994; Chou, 1996) para o número de horas de frio em Jundiaí-SP.

2.0 Material e métodos

O Modelo Eta é um modelo atmosférico utilizado operacionalmente pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) para previsões de tempo e clima. O Eta descreve a dinâmica e a física dos processos atmosféricos de forma complexa e robusta, e por ser um modelo regional, o qual possui alta resolução espacial, possibilita a investigação da influência das características topográficas e dos detalhamentos da superfície sobre o clima de uma determinada região (Bustamante et al., 2002; Chou et al., 2008). O Eta versão climática é rodado mensalmente pelo CPTEC e as previsões são produzidas para um horizonte de quatro meses, com um domínio que cobre grande parte da América do Sul na resolução horizontal de 40km. Utiliza como condição inicial as análises do National Center for Environment Prediction (NCEP) e como condição de contorno lateral as previsões do Modelo Global do CPTEC/INPE, atualizadas a cada 6 horas. Detalhes da configuração da previsão climática realizada com o Modelo Eta podem ser encontrados em Chou et al (2005) e Bustamante et al. (2002). Foram utilizadas neste estudo, as previsões geradas pelo modelo para o mês de julho dos anos de 1997 a 2001 e de 2004 a 2010, com prazos de um, dois, três e quatro meses de antecedência que correspondem, respectivamente, as rodadas iniciadas em junho, maio, abril e março dos anos referentes. Os anos de 1997 a 2001 foram usados para avaliação do modelo, com intuito de identificar possíveis erros sistemáticos, e os anos de 2004 a 2010 foram usados para cálculo do Número de Horas de Frio (NHF). Foram considerados valores da temperatura média do ar (°C), calculados pela média aritmética das temperaturas nos horários das 1800 UTC e das 0600 UTC, e extraído do modelo, através do software *Grid Analysis and Display System* (GrADS), para a caixa de grade referente ao município de Jundiaí-SP (23° 06'S; 46° 55'W; 725m). Os dados observados de temperatura média do ar (°C) foram cedidos pelo Centro APTA (Agencia Paulista de Tecnologia dos Agronegócios) de Frutas do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Em Jundiaí, o clima segundo a classificação de Köppen, é

mesotérmico de inverno seco (Cwa), também denominado tropical de altitude, com temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C e a do mês mais quente superior a 22°C, sendo a precipitação total do mês mais seco inferior a 30 mm.

O NHF foi quantificado de acordo com relações estatísticas determinadas por Pedro Jr et. al. (1979), para o estado de São Paulo (eq.1 e eq.2). Os autores estabeleceram equações para estimativa do NHF com temperaturas inferiores a 7°C (NHF<7) e 13°C (NHF<13) em função da temperatura média do mês de julho, mês mais frio da região, cujo os coeficientes de correlação encontrados foram de -0,88 e -0,93, respectivamente (Pedro Jr. et.al., 1979). As expressões estão descritas abaixo:

- $NHF<7 = 401,9038 - 21,5142 * T_{med_{julho}}$ (eq.1)

- $NHF<13 = 4482,8811 - 231,2112 * T_{med_{julho}}$ (eq.2)

3.0 Resultados e discussão

3.1 Identificação do erro sistemático e ajuste do modelo

Erros sistemáticos da temperatura do ar prevista pelo modelo, para julho, com prazos de um a quatro meses de antecedência (Eta/1m, Eta/2m, Eta/3m e Eta/4m) foram identificados tomando valores médios dos anos de 1997 a 2001 (Figura 1). O erro foi calculado pela diferença entre a temperatura média prevista e a temperatura média observada. Notou-se que, em Jundiaí-SP, a temperatura do ar em julho variou em torno de 18°C para os cinco anos analisados, apresentando valores abaixo desse apenas em julho de 2000, enquanto que o modelo mostrou valores, para os diferentes prazos de previsão, entre 19°C e 20°C, superestimando sistematicamente a temperatura em 1,84°C, 1,75°C, 1,46°C e 1,25°C, para Eta/1m, Eta/2m, Eta/3m e Eta/4m, respectivamente (Figura 1b).

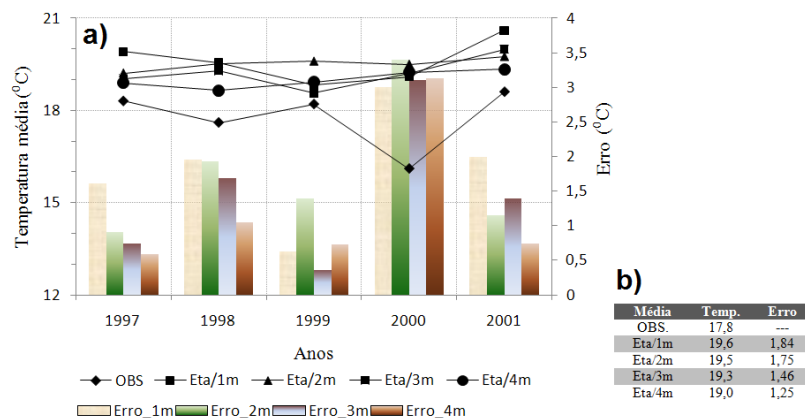


Figura 1 – Temperatura média mensal observada e prevista pelo modelo Eta com um (Eta/1m), dois (Eta/2m), três (Eta/3m) e quatro meses (Eta/4m) de antecedência e erro sistemático do modelo (eixo vertical secundário), para julho de a) 1997 a 2001 e b) Média do período, de Jundiaí-SP.

Uma vez identificados os erros sistemáticos, foram feitas remoções dos mesmos no período de 2004 a 2010, anos considerados para teste do modelo, e as previsões foram avaliadas por três medidas estatísticas, a saber: o erro médio (BIAS), o erro médio absoluto (MAE) e o erro quadrático médio (RMSE), definidos pelas equações 2, 3 e 4, respectivamente, além do índice SS (“Skill Score”), que mede em porcentagem o ganho das previsões corrigidas em relação as não corrigidas, definido pela equação 5.

- $$BIAS = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (T_i - T_{obs_i}) \quad (eq.2)$$

- $$MAE = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M |T_i - T_{obs_i}| \quad (eq.3)$$

- $$RMSE = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (T_i - T_{obs_i})^2} \quad (eq.4)$$

- $$SS = \left(\frac{E_{Eta} - E_{corr}}{E_{Eta}} \right) \quad (eq.5)$$

onde M é o número total das previsões, T_i é a i-ésima temperatura prevista, T_{obsi} é a i-ésima temperatura observada, E_{Eta} e E_{corr} são umas das três medidas estatísticas de erro antes e após a remoção do erro sistemático, respectivamente.

Um resumo com a avaliação dos erros do modelo, antes e após a remoção do erro sistemático (CES e SES, respectivamente), como também o ganho das previsões após a correção está apresentado na Tabela 1. Nota-se que a remoção do erro contribui satisfatoriamente para o ajuste das previsões, apresentando BIAS, que representa a tendência do modelo em subestimar (valores negativos) ou superestimar (valores positivos) a temperatura, abaixo de 0,5°C para 3 e 4 meses de antecedência e quase não apresentou desvio para os prazos de 1 e 2 meses (Tabela 1). Para as outras medidas dos erros a redução foi menos significativa, no entanto ainda ocorreram ganhos na previsão da ordem de 50 a 68% para o MAE e de 29 a 44% para o RMSE, denotando a importância de se realizar ajuste das previsões antes de utilizar as saídas do modelo.

Tabela 1 – Erros médios das previsões do Modelo Eta, referente aos meses de julho de 2004 a julho de 2010, antes e após a remoção do erro sistemático (CES – Com Erro Sistemático/ SES – Sem Erro Sistemático, respectivamente), e índice de desempenho do modelo (SS- Skill Score) (%) após a remoção do erro sistemático, para Jundiaí-SP.

Prazos	BIAS		MAE		RMSE		SS_BIAS	SS_MAE	SS_RMSE
	CES	SES	CES	SES	CES	SES			
Eta/1m	2,0	0,1	2,2	1,0	2,4	1,3	93	68	44
Eta/2m	1,7	0,0	2,0	1,3	2,3	1,5	102	56	34
Eta/3m	1,9	0,5	2,0	1,4	2,4	1,6	75	59	36
Eta/4m	1,6	0,4	2,0	1,5	2,2	1,6	77	50	29

3.2 Número de Horas de Frio em Jundiaí-SP (2004 a 2010)

Calculou-se o NFH para condições de temperatura abaixo de 7,2°C e 13°C, durante o período de 2004 e 2010. Verificou-se que os valores de NHF, calculados com o modelo sem ajuste das previsões, permaneceram a maioria das vezes próximos de zero. Entretanto, após o ajuste houve melhoria dos resultados, apresentando-se, em média, coerentes com os valores observados, fornecendo indícios do comportamento do NHF com prazos razoáveis de antecedência. Ressalta-se que, apesar da melhoria do desempenho do modelo Eta nas previsões sazonais, após a remoção do erro sistemático, esquemas de refinamento estatísticos tais como redes neurais artificiais –RNA (Haykin, 1994) ou Model Output Calibration –MOC (Mao et al., 1999) podem contribuir significativamente para previsões mais ajustadas.

Tabela 2 – Número de horas de frio abaixo de 7,2°C (NHF <7,2) e 13°C (NHF<13) para julho dos anos de 2004 a 2010, em Jundiá-SP. Estimativa realizada com valores de temperatura média observada e valores previstos pelo modelo Eta com um (Eta/1m), dois (Eta/2m), três (Eta/3m), e quatro meses (Eta/4m) de antecedência. O NHF calculado com os valores previstos já corrigidos correspondem as variáveis EtaCor.

NHF	Ano	Obs.	Eta/1m	Eta/2m	Eta/3m	Eta/4m	EtaCor/1m	EtaCor/2m	EtaCor/3m	EtaCor/4m
NHF<7	2004	42,6	0,0	0,0	0,0	0,0	13,8	11,3	25,4	9,2
	2005	31,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	3,8
	2006	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	7,0	0,0	0,0
	2007	25,4	0,0	0,0	0,0	0,0	22,7	1,3	0,0	0,0
	2008	34,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,4	24,8	21,0	17,8
	2009	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,5	14,7	0,3	18,3
	2010	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,9	0,0	0,0
	Média	19,7	0,0	0,0	0,0	0,0	11,7	10,8	6,7	7,0
NHF<13	2004	621,7	0,0	0,0	100,0	0,0	311,8	284,8	436,4	262,1
	2005	506,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,8	179,1	36,9	204,2
	2006	205,5	0,0	0,0	0,0	0,0	222,7	239,3	121,7	2,5
	2007	436,7	0,0	0,0	0,0	0,0	407,2	178,0	0,0	0,0
	2008	529,2	0,8	25,5	53,2	66,3	425,6	430,7	389,6	354,8
	2009	0,0	0,0	0,0	0,0	71,5	329,9	322,1	166,9	360,0
	2010	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	323,7	153,7	122,0
	Média	328,4	0,1	3,6	21,9	19,7	248,9	279,7	186,5	186,5

4.0 Conclusões

O resultado do número de horas de frio (NHF) calculado para o período de 2004 a 2010, com valores de temperatura já ajustados (sem o erro sistemático) apresentaram em média, com um e dois meses de antecedência, resultados satisfatórios em relação aos dados observados. Desse modo, as previsões sazonais do modelo regional Eta podem fornecer indícios do comportamento do NHF com prazos razoáveis de antecedência e essas informações podem auxiliar no planejamento das fruticulturas. Ressalta-se, no entanto, que apesar da melhoria do desempenho do modelo Eta nas previsões sazonais após a remoção do erro sistemático, esquemas de refinamento estatísticos podem contribuir significativamente para previsões mais ajustadas.

5.0 Agradecimentos:

Ao Instituto Agronômico de Campinas (IAC), pela concessão dos dados observados de Jundiá-SP.

6.0 Referências bibliográficas

- Black, T. L. The New NMC mesoescala Eta model: description and forecast examples. NMC Notes. Weather and Forecasting, v. 9, 256-278, 1994.
- Bustamante, J. F. F.; Gomes, J. L.; Chou, S. C. Influência da temperatura da superfície do mar sobre as previsões climáticas sazonais do Modelo regional Eta. In: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu-PR, 2002
- Caramori, P. H.; Caviglione, J. H.; Wrege, M. S.; Herter, F. G.; Hauagge, R.; Gonçalves, S. L.; Citadin, I.; Ricce, W. S. Zoneamento agroclimático para o pessegueiro e a Nectarineira no estado do Paraná. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 30, n. 4, p. 1040-1044, 2008.
- Chou, S. C.; Bustamante, J. F. F.; Gomes, J. L. Evaluation of Eta Model seasonal precipitation forecasts over South America. Nonlinear Processes in Geophysics, 12, 537-555, 2005.
- Chou, S. C. Modelo regional Eta. Climanálise Especial Edição Comemorativa de 10 anos, MCT/INPE/CPTEC, Cachoeira Paulista, 1996.
- Chan, C. S.; Bustamante, J. F.; Gomes, J. L.; Tavares, P. S. Previsão do início da estação chuvosa na bacia do Rio Paraná utilizando o Modelo Eta. In: II Simpósio de Recursos Hídricos do Sul e Sudeste, 2008, Rio de Janeiro. II Simpósio de Recursos Hídricos do Sul e Sudeste, 2008.
- Haykin, S. Neural Networks. A comprehensive foundation. Macmillan College Publishing Company, 1994.
- Mao, Q.; Mcnider, R. T.; Muellere, S. F.; Juang, H. An Optimal Model Output Calibration Algorithm Suitable for objective temperature forecasting. Wea. Analysis and Forecasting, v.14, p. 190-202, 1994.
- Pereira, A.R.; Angelocci, L.R.; Sentelhas, P.C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.