

AVALIAÇÃO DAS PREVISÕES DE TEMPERATURA DO AR DO MODELO ETA PARA APLICAÇÃO EM PRODUTO DE ALERTA DE RISCO DE GEADA NO ESTADO DO PARANÁ

ANGÉLICA GIAROLLA ⁽¹⁾; MARCELO BENTO PAES DE CAMARGO ⁽²⁾; GABRIEL BLAIN ⁽²⁾; CHOU SIN CHAN ⁽³⁾; FLÁVIO DEPPE ⁽⁴⁾ ROGÉRIO TEIXEIRA DE FARIA ⁽⁵⁾

(1) Eng. Agrônoma, Centro de Ciências do Sistema Terrestre – INPE. Av. dos Astronautas, 1758, Jd. Granja, CEP: 12227-010, São José dos Campos, SP, fone (12) 3945-7123, angelica.giarolla@cptec.inpe.br.

(2) Eng. Agrônomo, Centro de Ecofisiologia e Biofísica - IAC. Av. Theodureto de Almeida Camargo, 1500, CP 28, CEP 13001-970 Campinas, SP;

(3) Meteorologista, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos-INPE, Rod. Presidente Dutra, km 40, SP-RJ, Cachoeira Paulista, SP;

(4) Eng. Florestal, Instituto Tecnológico SIMEPAR, Centro Politécnico da UFPR, Caixa Postal 19.100, CEP 81.531-990, Curitiba, PR;

(5) Eng. Agrônomo, Instituto Agronômico do Paraná- IAPAR. Rod. Celso Garcia Cid, km 375. 86047-902, Londrina-PR

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 - GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções – Belo Horizonte – MG.

RESUMO: Avaliou-se o desempenho do modelo Eta para a previsão de risco de geada baseado na suscetibilidade das culturas agrícolas às baixas temperaturas em diferentes localidades do Paraná, durante os anos de 2000 a 2007. A partir das datas de ocorrência de geadas apresentadas pelo Instituto Agronômico do Paraná, coletou-se valores de temperaturas mínimas do ar referentes a postos meteorológicos e ao modelo Eta, sendo para esse último, em altura próxima a do padrão dos postos meteorológicos. Observou-se que o modelo Eta apresentou ligeira superestimativa dos valores de temperatura mínima do ar, para todos os locais. Em geral, os valores do coeficiente de determinação (R^2) e do índice de concordância d, foram maiores do que 0,65 e 0,89, respectivamente, exceto em Paranavaí, que apresentou valores mais baixos. Apesar do desempenho satisfatório do modelo, cuidados devem ser tomados para o uso desses resultados, uma vez que a superestimativa, juntamente com os erros apresentados, podem levar a interpretação errônea do risco de geadas. Novos estudos são necessários para verificar o desempenho do modelo Eta em outras localidades.

PALAVRAS-CHAVE: geada, modelo de previsão, culturas agrícolas

EVALUATION OF AIR TEMPERATURE FORECASTS FROM ETA MODEL FOR APPLICATION IN FROST ALERT RISK PRODUCT IN PARANA STATE

ABSTRACT: The performance of the Eta forecast model was evaluated for the frost risk based on the crop susceptibility to low temperatures in different localities in Parana State, during the years 2000 to 2007. From frost observed dates presented by Agronomic Institute of Parana, air minimum temperature values were obtained from meteorological stations and Eta model. In general, Eta model overestimated minimum temperature values, for all the places. The values of coefficient of determination (R^2) and the index of agreement d, were higher than 0.65 and 0.89, respectively, except for Paranavaí, which presented lower values. Although the satisfactory model performance, new studies are necessary to verify the performance of the Eta model in other localities due to the overestimated values and the random errors presented in this study.

KEYWORDS: frost, forecast model, crops.

INTRODUÇÃO: A suscetibilidade das culturas agrícolas às geadas varia com a espécie e com o estágio fenológico das plantas (Camargo et al., 1993; Pereira et. al., 2002). A ocorrência dessa adversidade no Paraná tem sido um dos principais fatores responsáveis pela

perda de safras em culturas anuais e perenes, sendo que as regiões sul e centro-sul desse estado são as mais suscetíveis (Zaicovski et al., 2000). Diversos autores recomendam a utilização de um valor de temperatura mínima, observada em abrigo meteorológico, que represente a ocorrência de temperaturas prejudiciais à superfície vegetal ou, em outras palavras, a geadas na relva. Essa recomendação baseia-se na dificuldade em obter-se séries longas de dados de temperaturas mínimas de relva (Sentelhas et al., 1995; Silva e Sentelhas, 2001; Astolpho et al., 2004). O produto risco de geada atualmente gerado pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE) utiliza dados do modelo regional de previsão de tempo Eta, onde as informações iniciam-se com a rodada do dia e posteriormente é fornecida a previsão do risco de geada para os 7 dias subsequentes, com abrangência entre as regiões Sudeste e Sul do Brasil, além de algumas localidades em países vizinhos como Uruguai, Paraguai e Bolívia. Nesse produto são considerados os riscos de geadas para três grupos de culturas, baseados na suscetibilidade das culturas agrícolas às baixas temperaturas, conforme Camargo et al. (1993); Pereira et al. (2002), tais como: banana, batata, feijão, hortaliças, mamão e tomate (mais sensíveis, 4°C); café, cana de açúcar, manga e trigo (sensível, 2°C); laranja, maçã e pêra (menos sensível, 0 °C). O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho do produto de risco de geadas gerados pelo modelo Eta. As análises foram feitas baseadas em dados de estações meteorológicas distribuídas em diferentes locais do estado do Paraná para o período de 2004 a 2007.

MATERIAL E MÉTODOS: As datas de ocorrência de geadas no Paraná foram fornecidas pelo Instituto Agrônomo do Paraná (www.iapar.br) para o período de 2004 a 2007. Para essas datas, foram obtidos os valores de temperatura mínima do ar diária registrados em estações meteorológicas situadas em diferentes regiões do estado: **Cândido de Abreu** (24,63 S; 51,25 W; 645 m); **Cerro Azul** (24,82 S; 49,25 W; 366 m); **Guaira** (24,07 S; 54,25 W; 645 m); **Jaguariaiva** (24,22 S; 49,68 W; 900 m); **Palmital** (24,88 S; 52,22 W; 783 m); **Paranavaí** (23,08 S; 52,43 W; 480 m); **Ponta Grossa** (25,22 S; 50,02 W; 886 m); **Telemaco Borba** (24,33 S; 50,62 W; 768 m). Todas as estações pertencem ao Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR).

Posteriormente, as previsões de temperaturas mínimas do ar para os mesmos dias foram extraídas dos arquivos do CPTEC/INPE, as quais são geradas pelo Modelo regional Eta, com resolução horizontal de 20 km e 38 níveis verticais. Foram extraídas as previsões de cada caixa da grade do modelo que contém as coordenadas geográficas dos postos meteorológicos acima mencionados, em nível de abrigo meteorológico. O Modelo Eta (o nome provém da letra grega η utilizada para definir a coordenada vertical do modelo), foi inicialmente desenvolvido pela Universidade de Belgrado juntamente com o Instituto Hidrometeorológico da antiga Iugoslávia (Mesinger et. al, 1988), sendo posteriormente operacionalizado pelo *National Centers for Environmental Prediction* - NCEP (Black, 1994). Em 1996, o modelo tornou-se operacional no Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (Chou, 1996). As variáveis prognósticas do modelo são: temperatura do ar, umidade, pressão à superfície, vento horizontal, energia cinética turbulenta e água líquida ou gelo das nuvens previstas. Estas e outras variáveis derivadas são fornecidas a intervalos de seis horas. A condição inicial para o Eta é fornecida pelo NCEP e as condições de contorno lateral, atualizadas a cada 6 horas, são as previsões do modelo global do CPTEC/INPE. Neste trabalho foram extraídas as previsões para o horário das 06:00 UTC, que corresponde a 3:00 hora local. Para a avaliação dos dados do modelo Eta juntamente com os das estações meteorológicas, utilizou-se análises de regressão linear simples, coeficientes de determinação (R^2), além da quantificação dos erros sistemáticos (E_s), aleatórios (E_a), médios absolutos (EMA) e do índice "d" (índice de concordância) proposto por Willmot et al. (1985). O índice "d" varia entre 0 e 1, e quanto mais próximo de 1, melhor a exatidão do modelo em estimar a variável dependente.

RESULTADOS: A Tabela 1 contém os valores de Es, Ea, EMA, além de R^2 e do índice d, respectivamente. Na Figura 1 (a-h) são apresentados os gráficos de dispersão contendo os valores de temperaturas mínima do ar referentes aos postos meteorológicos e às previsões do modelo Eta. Nota-se que as previsões apresentaram valores de R^2 acima de 0,65 para todos os locais, exceto Paranavaí, que teve o pior desempenho (0,59). Enquanto as previsões para a estação de Paranavaí apresentaram, em geral, o pior desempenho entre as localidades, as previsões para Telêmaco Borba foram, em geral, as melhores. É interessante notar que os erros aleatórios são mais elevados do que os sistemáticos em todos os locais. Isso talvez possa ser explicado pelo fato de se utilizar apenas 1 (um) valor de temperatura mínima por dia de ocorrência de geada extraído do modelo às 06:00 UTC (ou 3 horas da manhã em hora local), fato que não corresponde exatamente ao horário de medida do posto meteorológico para a verificação de ocorrência de geadas. Contudo, os resultados mostraram que os erros sistemáticos do modelo podem ser considerados desprezíveis, pois os mesmos possuem valores menores a 0,10°C. Observou-se ligeira superestimativa dos valores de temperatura mínima para todos os locais, de forma geral. Este fato pode também ter contribuído ao aumento dos erros aleatórios do modelo Eta e esse resultado foi notado também em previsões de maior prazo (4 meses) nas análises de Vieira Júnior et al. (2009). Da mesma forma, o erro médio absoluto, que indica a magnitude dos erros independente do sinal, variou de 1,35 a 1,70 °C entre as estações selecionadas. Este erro também foi notado em previsões a longo prazo (Vieira Júnior et. al, 2009). No entanto, apesar dos erros aleatórios encontrados, os valores dos R^2 e dos índices d foram elevados, indicando que o modelo Eta apresentou bom desempenho quando comparado aos valores das estações meteorológicas.

CONCLUSÃO: De maneira geral, pode-se concluir que as previsões de temperatura mínima do modelo Eta em nível de abrigo meteorológico apresentam desempenho satisfatório ao ser aplicado para o alerta do risco de geadas em agricultura. No entanto, deve-se ressaltar os cuidados a serem tomados na adoção desses resultados, uma vez que o modelo demonstrou ligeira superestimativa dos valores de temperatura mínima. Acréscimos de apenas 1 grau podem gerar avisos errôneos, já que o intervalo de variação de temperatura para o aviso de geadas é pequeno. Pretende-se nos próximos passos verificar o desempenho do produto em outros Estados ou localidades. A utilização da extração da temperatura mínima do ar a partir do modelo Eta em valores horários seria mais adequado para um alerta de risco de geada.

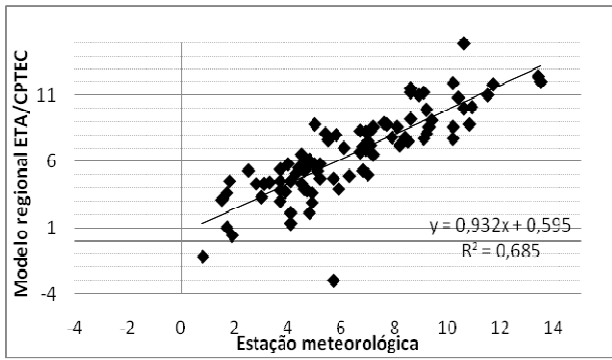
Tabela 1. Valores dos coeficientes de determinação (R^2); dos erros médios absolutos, sistemáticos e aleatórios (oC) e do índice d para diferentes localidades no estado do Paraná.

Locais	R^2	Erro Médio Absoluto (°C)	Erro Sistemático (°C)	Erro Aleatório (°C)	Índice d
Cândido de Abreu	0,69	1,35	0,03	0,19	0,90
Cerro Azul	0,74	1,50	0,08	0,17	0,92
Guaíra	0,66	1,62	0,05	0,22	0,89
Jaguariaíva	0,71	1,46	0,07	0,18	0,90
Palmital	0,69	1,50	0,10	0,20	0,90
Paranavaí	0,59	1,70	0,07	0,24	0,87
Ponta Grossa	0,72	1,45	0,07	0,17	0,92
Telemaco Borba	0,74	1,42	0,09	0,16	0,91

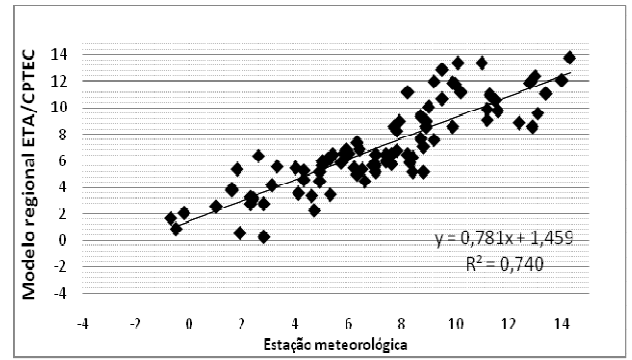
AGRADECIMENTOS: Ao José Fernando Pesquero pelo auxílio na parte operacional.

REFERÊNCIAS:

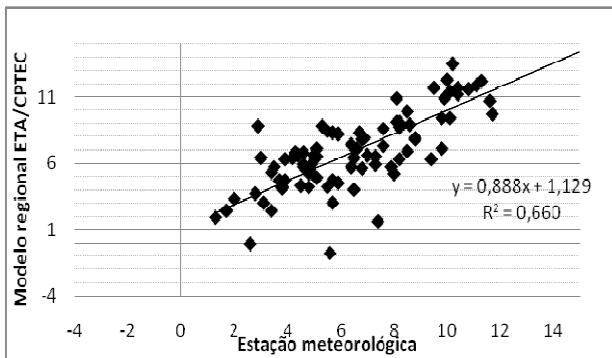
- ASTOLPHO, F.; CAMARGO, M. B. P. ; BARDIN, L. Probabilidades mensais e anuais de ocorrência de temperaturas mínimas do ar adversas à agricultura na região de Campinas (SP), de 1891 a 2000. *Bragantia*, v. 63, n. 1, 2004.
- BLACK, T. L. The new NMC mesoscale Eta model: Description and forecast examples. *Weather and Forecasting*, v. 9, n. 265-278, 1994.
- CHOU, S. C. Modelo regional Eta. *Climanálise*. v.1, Ed. Especial, p.203-207, 1996.
- CAMARGO, M.B.P.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; ALFONSI, R.R.; ORTOLANI, A.A.; BRUNINI, O. Probabilidades de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas mensais e anual no Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v. 52, n.2, p. 161-168, 1993.
- MESINGER, F., Z. I. JANJIC, S. NICKOVIC, D. GAVRILOV, E D. G. DEAVEN, The step-mountain coordinate: Model description and performance for cases of Alpine lee cyclogenesis and for a case of Appalachian redevelopment. *Monthly Weather Review*, 1493-1518, 1988.
- PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. *Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas*. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.
- SENTELHAS, P.C; ORTOLANI, A.A.; PEZZOPANE, J. R. M. Estimativa da temperatura mínima de relva e da diferença de temperatura entre o abrigo e a relva em noites de geada. *Bragantia*, Campinas, v. 54, n. 2, p. 437- 445, 1995.
- SILVA, J.G.; SENTELHAS, P.C. Diferença de temperatura mínima do ar medida no abrigo e na relva e probabilidade de sua ocorrência em eventos de geada no estado de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 9 -15, 2001.
- VIEIRA JUNIOR, P. A. ; DOURADO NETO, D.; CHOU, S. C.; MARTIN, T. N. Previsões meteorológicas do Modelo Eta para subsidiar o uso de modelos de previsão agrícola no Centro-Sul. *Ciência Rural*, v. 39, p. 1-2, 2009.
- 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*, Ottawa, v. 90, n. 5, p. 8995-9005, 1985.
- ZAICOVSKI, M. B.; GUETTER, A. K.; QUADRO, M. F. L. Monitoramento e previsão climática de geadas no Paraná. *Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Rio de Janeiro, Anais, p. 1148-1155, 2000.



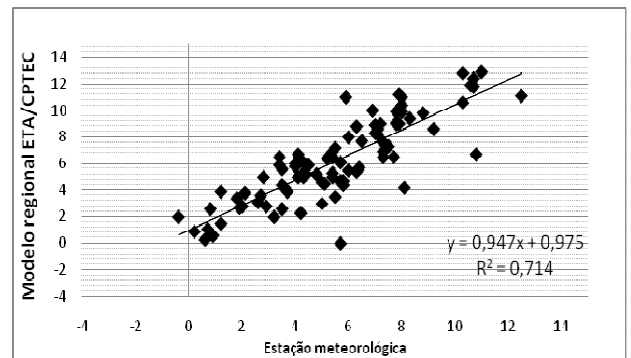
a) Candido de Abreu



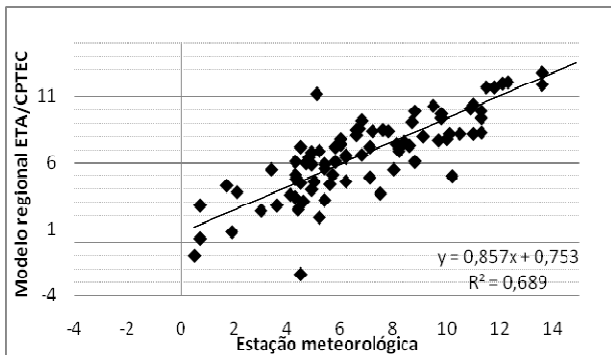
b) Cerro Azul



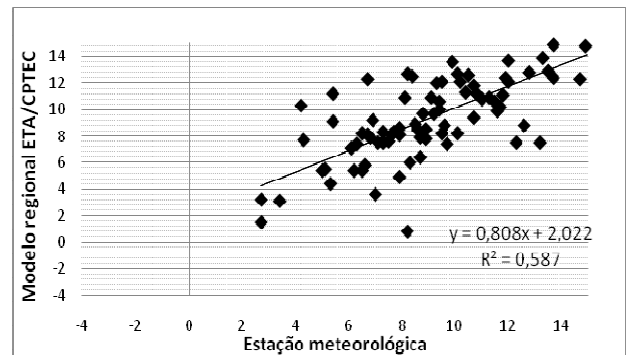
c) Guaira



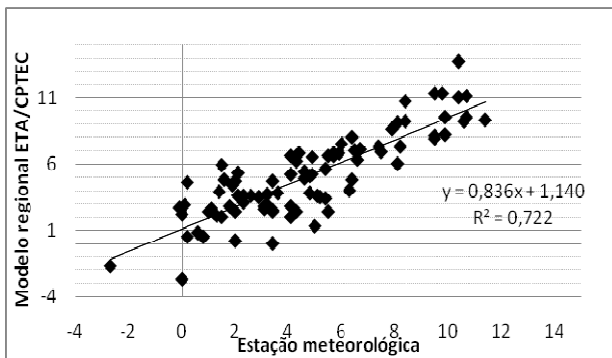
d) Jaguariaiva



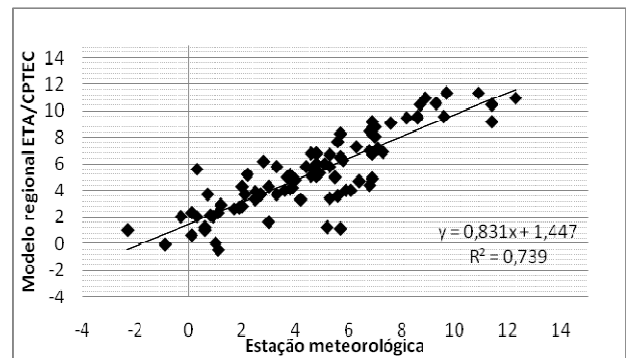
e) Palmital



f) Paranaí



g) Ponta Grossa



h) Telemaco Borba

Figura 1. Dispersão entre os valores de temperaturas mínima do ar referentes aos postos meteorológicos e às previsões do modelo Eta, durante os anos de 2004 a 2007.