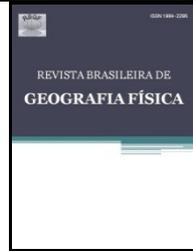




Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Previsão de Geadas para a Região Sul do Brasil: Uma Avaliação do Modelo ETA 15 km durante o Outono de 2012

Ana Paula Paes dos Santos¹, José Paulo Gonçalves¹, José Alberto da Silva Ferreira², Sérgio Rodrigo Quadros dos Santos³

¹Bolsistas no Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-CPTEC/INPE.

²Mestre em Meteorologia. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-CPTEC/INPE.

^{1,3}Mestrandos em Meteorologia. Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande-UFCG, Campina Grande/PB, Brasil.

Artigo recebido em 31/08/2012 e aceito em 17/10/2012

RESUMO

Com o objetivo de avaliar o Índice de Ocorrência de Geadas (IOG), ferramenta utilizada pelo modelo ETA 15 km do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), foram analisados eventos de geada na Região Sul do Brasil. Para isso, analisou-se cartas sinóticas de superfície, imagens de satélite e informações com dados observacionais de ocorrência de geada do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os resultados mostraram que as geadas para o período em estudo ocorreram devido a presença de um anticiclone pós-frontal, que provocou baixas temperaturas e ausência de nebulosidade, condições estas propícias à formação de geada. Na avaliação do modelo, observaram-se algumas divergências e convergências em relação aos horários e localidades de suas previsões, as mesmas acabaram influenciando no desempenho da previsão, resultando em melhores resultados quando houve convergência entre os horários e menores desempenhos, quando ocorreram as maiores divergências. O modelo apresentou menor desempenho, com 59% de acertos e melhor desempenho, com 90% de acertos. Vale ressaltar que a maioria dos erros ocorreram por superestimativa.

Palavras-chave: geada, modelo ETA 15 km, previsão.

Frost Forecast for the Southern Region of Brazil: An Evaluation of Model ETA 15 km during the autumn 2012

ABSTRACT

Aiming to evaluate the occurrence of Frost Index (IOG), a tool used by the ETA model 15 km Center for Weather Forecasting and Climate Studies (CPTEC) were analyzed frost events in Southern Brazil. Surface synoptic maps, satellite imagery and information with observational data of the occurrence of frost from the National Institute of Meteorology (INMET) were analyzed. The results showed that the frosts for the studied period occurred due to the presence of a post-frontal anticyclone, which caused low temperatures and absence of clouds, conditions leading to the formation of frost. In evaluating the model, we found that it showed some divergences and convergences in relation to the times and locations of their predictions, they ended up influencing the performance of the prediction, resulting in better outcomes when there was convergence between the schedules and smaller performances, when occurred the major differences. The model showed lower performance, with 59% of accuracy and better performance, with 90% of success. It is noteworthy that most of errors occurred for overestimation.

Keywords: frost, model ETA 15 km, prognosis.

Introdução

A ocorrência de geada no Brasil é um fenômeno frequente em latitudes acima do

paralelo 20°S, atingindo os Estados de São Paulo (SP), Mato Grosso do Sul (MS), Minas Gerais (MG), Paraná (PR), Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS) (Pereira et al., 2001). O fenômeno da geada, é o processo

* E-mail para correspondência:
paula.santos@cptec.inpe.br

por meio do qual cristais de gelo são depositados sobre uma superfície exposta, que resulta do fato da temperatura em superfície diminuir até a temperatura do ponto de orvalho, havendo a condensação do vapor d'água adjacente a superfície, e em seguida seu congelamento (sendo esta passagem muito rápida).

Analisando a formação de geadas no Sul do Brasil em um período de 10 anos (1980-1989), Algarve & Cavalcanti (1994) mostraram padrões sinóticos típicos. Observaram mais de um sistema atuando na região, antes da ocorrência de geada. Estes sistemas deslocaram-se em um curto espaço de tempo, favorecendo a entrada mais rápida das massas de ar frio e realimentando as altas pressões na região.

Com o objetivo de prognosticar situações sinóticas na Argentina, que proporcionaram a ocorrência de geadas no Sul do Brasil, Seluchi & Nery (1992) observaram que este fenômeno se vincula à incursão de intensas frentes frias, e consequente entrada de anticiclones migratórios pós-frontais bastante fortes desde o sul da Argentina. Observaram também, que estes sistemas tem um rápido deslocamento, seguindo uma trajetória predominantemente meridional, ao longo do qual se intensifica devido, entre outros fatores, a presença da Cordilheira dos Andes. A importância da Cordilheira dos Andes na advecção de ar frio em seu lado oriental foi também discutida em Gan & Rao (1994), Seluchi (1995), Seluchi et al. (1998), Garreaud & Wallace (1998) e Marengo et al. (1997).

Condições sinóticas semelhantes a esta foram encontradas por Pedrotti & Federova (2000) em um estudo realizado com o objetivo de identificar os processos de formação de geada em Pelotas, no Rio Grande do Sul.

Para previsão das geadas no Brasil entre o outono e o inverno, Girardi (1982) fez uma retrospectiva nas imagens dos satélites meteorológicos nas bandas visível e infravermelho de invernos passados, visualizando com facilidade o fenômeno "Poço dos Andes", na costa Chilena. Este fenômeno indica a existência de insurgência de ar polar e dá uma ideia de sua intensidade

e, por isso, evidenciando a presença de um anticiclone migratório frio que provoca as baixas temperaturas nas regiões Sul e Sudeste do Brasil.

Além de condições em superfície, Muller et al. (2009) apresentou a importância de forçantes remotas em gerar ondas planetárias (Rossby), que em condições especiais do fluxo básico podem criar condições necessárias para favorecer eventos de geadas generalizadas sobre regiões do sudeste da América do Sul. Dentre os principais resultados encontrados neste trabalho, evidenciou-se que o aquecimento diferencial observado na região do Pacífico tropical ocidental, ao noroeste da Austrália, atuaria como gerador das ondas de Rossby, que se propagam até o continente Sul Americano, favorecendo assim a ocorrência destes eventos. Um estudo que corrobora este resultado foi realizado por Muller & Ambrizzi (2006).

Fortune et al. (1982a) estudaram duas geadas críticas que ocorreram no Brasil em 1979 e 1981. Os autores concluíram que observações, em tempo real, de uma rápida intensificação de ondas longas no Pacífico Sul podem fornecer um alerta preliminar sobre entrada de ar anormalmente frio no Brasil com 3 a 5 dias de antecedência.

As geadas na Região Sul é um assunto de muito interesse para meteorologistas ligados a previsão de tempo, que procuram disseminar avisos meteorológicos, alertando a sociedade e principalmente os agricultores, sobre a aproximação sistemas de alta pressão, causadores de temperaturas mínimas extremas e consequente ocorrência de geadas.

Em Santa Catarina o fenômeno das geadas afeta diretamente de maneira negativa a agricultura, que representa importante setor da economia catarinense, podendo causar prejuízos parciais ou totais em muitas culturas. Os danos às culturas dependem do número de dias consecutivos com geadas e da intensidade das mesmas, ou seja, quanto maior o número de dias e maior sua intensidade, maiores serão os prejuízos na produção agrícola. O impacto social e econômico também poderá ser significativo se os danos à produção repercutirem no preço dos alimentos.

No Estado do Paraná, o IAPAR (Instituto Agrônomo do Paraná), criou o sistema de alerta de geadas para elaborar previsões detalhadas, com o intuito de amenizar o problema que as geadas causam ao café. O potencial de retorno deste Sistema é de 50 a 60 milhões por ano em economia de novos plantios. A margem de acerto das previsões tem sido em torno de 100%, dando total segurança ao produtor. No inverno de 2000, todas as geadas ocorridas foram previstas, possibilitando que muitos agricultores evitassem prejuízos em viveiros e plantios recentes (Caramori et al., 2001).

Com a grande evolução dos computadores e a melhora quantitativa e qualitativa das pesquisas atmosféricas é possível, atualmente, realizar previsões de tempo e temperatura com qualidade para vários dias através de modelos numéricos. Com o grande interesse atual da sociedade pela meteorologia tornou-se imprescindível a melhoria da qualidade nas previsões sendo a confiabilidade na previsão de geadas extremamente importante para diversos setores principalmente, como já citado anteriormente, a agricultura.

Para auxiliar na previsão da geada, pesquisadores do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) desenvolveram uma ferramenta denominada Índice de Ocorrência de Geadas (IOG), que é definido comparando-se os valores previstos das variáveis do modelo regional ETA 20 km, com valores críticos pré-estabelecidos. O índice indica três condições para ocorrência de geada e tem sido utilizado desde abril de 1999, apresentando bom desempenho desde então. Com a substituição do ETA 20 km pelo novo ETA com resolução espacial de 15 km, uma avaliação do IOG se faz necessária para verificar a eficácia da previsibilidade do índice. Pretende-se desta forma avaliar o IOG, e verificar a confiabilidade das condições de geada apresentadas pelo CPTEC/INPE.

Material e métodos

O índice de ocorrência de geadas (IOG)

é obtido através das variáveis meteorológicas de temperatura no solo, nebulosidade, pressão atmosférica, vento e umidade relativa de previsão horária do modelo Eta 15 km para diversos pontos das Regiões Sul e Sudeste do Brasil.

O IOG fornece três níveis de possibilidades de geada. Através de seu cálculo, para determinados limiares deste são indicadas três cores diferentes, referentes ao nível da probabilidade. Quando o valor do índice é menor ou igual a menos dois ($IOG \leq -2$) nenhuma condição para geada existe para determinado ponto no domínio do índice, sendo plotada a cor azul, neste caso. Para valores entre menos dois e dois ($-2 < IOG < 2$) significa que existe pequena condição (mínima) para a formação, e a cor verde é plotada. Quando o valor do IOG é igual ou supera dois ($IOG \geq 2$) as condições são favoráveis à ocorrência do fenômeno, e a cor vermelha é indicada na saída gráfica. Para isto, utiliza-se as seguintes condições:

$$PNM > 1015 + Td(2m) < 7 +$$

$$URM(1000/850) < 40 + URM(850/500) < 40$$

Onde:

PNM = Pressão ao Nível do Mar

Td = Temperatura do Ponto de Orvalho

URM = Umidade Relativa Média

Em estudos anteriores já foram relatadas a estrutura e cálculo do IOG, como Bustamante et al. (2001), Rozante et al. (2001) e Gonçalves & Ferreira (2011).

Para identificar os casos de ocorrência de geada foram utilizadas cartas sinóticas de superfície, confeccionadas pelo Grupo de Previsão de Tempo do CPTEC, e imagens do satélite GOES 12, no canal infravermelho – 4, com o propósito de identificar os sistemas sinóticos cujos padrões atmosféricos associados favorecem a formação de geada. Foram utilizados também, dados observacionais de ocorrência de geada do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Através destas informações foram selecionados quatro casos, os dias 13 e 14 de maio, e 07 e 08 de junho de 2012, onde a situação sinótica favorecia a ocorrência de geada na Região Sul do Brasil. Para estes dias foram comparados e analisados as plotagens e os dados previstos pelo IOG com 96h, 72h,

48h e 24h de antecedência.

Resultados e discussão

A Figura 1 mostra as cartas sinóticas de superfície às 06Z, dos dias com ocorrência de geada nos meses de maio e junho de 2012. Observou-se que em todos os casos a presença de um anticiclone migratório pós-frontal, com núcleo de alta pressão de 1019 hPa e 1021 hPa nos dias 13 e 14 de maio, e em torno de 1030 hPa e 1027 hPa nos dias 07 e 08 de junho, respectivamente, sobre a Região Sul do Brasil. Este sistema de alta pressão atmosférica provoca as condições meteorológicas propícias à formação de

geadas de radiação, como baixas temperaturas, ausência de nebulosidade e dependendo do posicionamento, ausência de vento em superfície. Estas podem ser vistas na imagem de satélite (Figura 2), onde os tons de cinza indicam a presença de ar frio em superfície. Este resultado corrobora resultados encontrados por Fortune (1982b), que analisou geadas que ocorreram durante o inverno de 1981, no Sul e Sudeste do Brasil, além de Seluchi & Nery (1992), Souza (1998a, b e 2002). Fortune (1982b) descreveu a formação de geada posterior à passagem de um sistema frontal, com intenso anticiclone migratório pós-frontal.

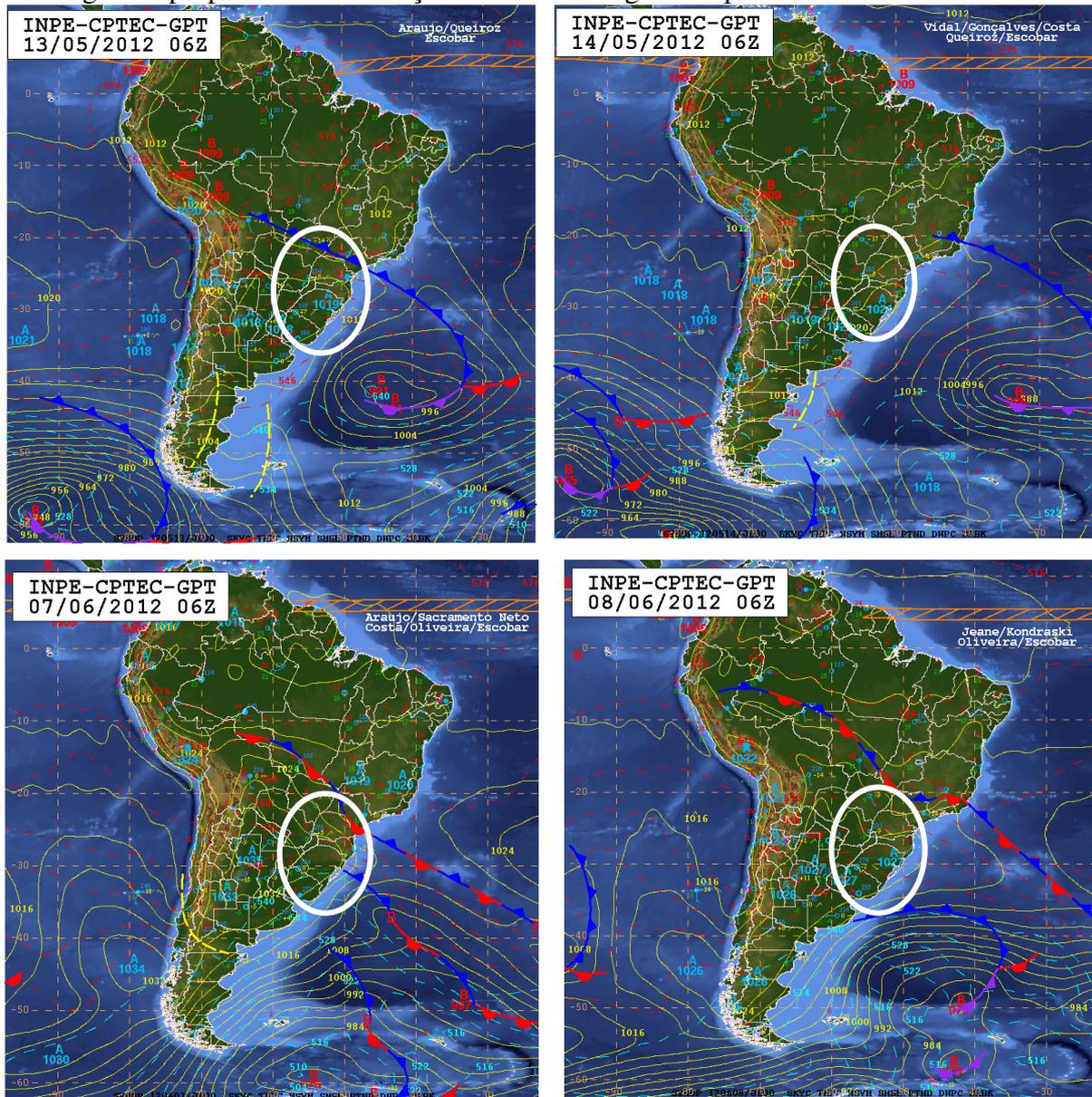


Figura 1. Cartas sinóticas de superfície, às 06Z, para os dias 13 e 14 de maio e 07 e 08 de junho de 2012.

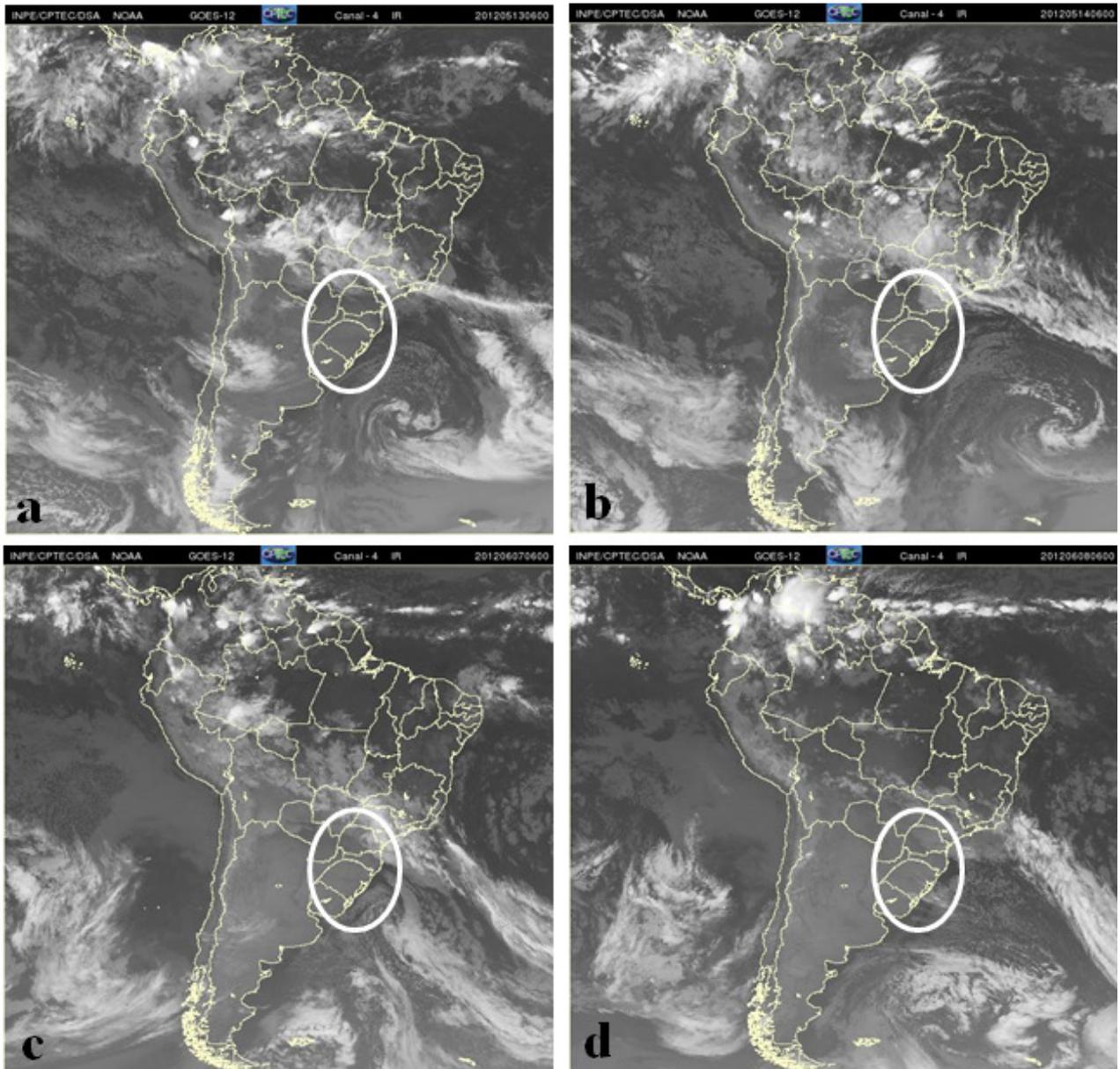


Figura 2. Imagens do satélite GOES-12, no canal infravermelho-4, às 06Z, para os dias 13 e 14 de maio e 07 e 08 de junho de 2012.

A Figura 3 mostra a previsão de 24h do modelo ETA 15 km, calculada pelo IOG. Todavia, para o dia 07 de maio, o modelo não rodou a previsão de 24h, sendo analisada assim, a previsão de 48h de antecedência para este dia. Os pontos representam as localidades configuradas no IOG. De acordo com o valor do índice calculado, os pontos assumem diferentes cores para tais probabilidades. Como já citado anteriormente, os pontos em vermelho, verde e azul representam condições favoráveis, mínimas e nenhuma condição, respectivamente.

No dia 13 de maio (Figura 3a), observaram-se condições favoráveis à

formação de geadas nas localidades do centro-oeste do RS e condições mínimas na capital, Porto Alegre. Condições favoráveis também foram verificadas no sul de SC. No leste do RS, nas demais áreas de SC e no PR, o IOG indicou condições não favoráveis ao fenômeno. Notaram-se condições favoráveis à formação de geada no dia 14 de maio (Figura 3b), em grande parte do RS, na região central de SC e no sul do PR, nas demais áreas da Região, não houve condições. Nos dias 07 e 08 de junho (Figuras 3cd), observou-se grande área sobre a Região Sul favorável a formação de geadas, exceto no norte/nordeste do PR e no dia 8, em Porto Alegre-RS.

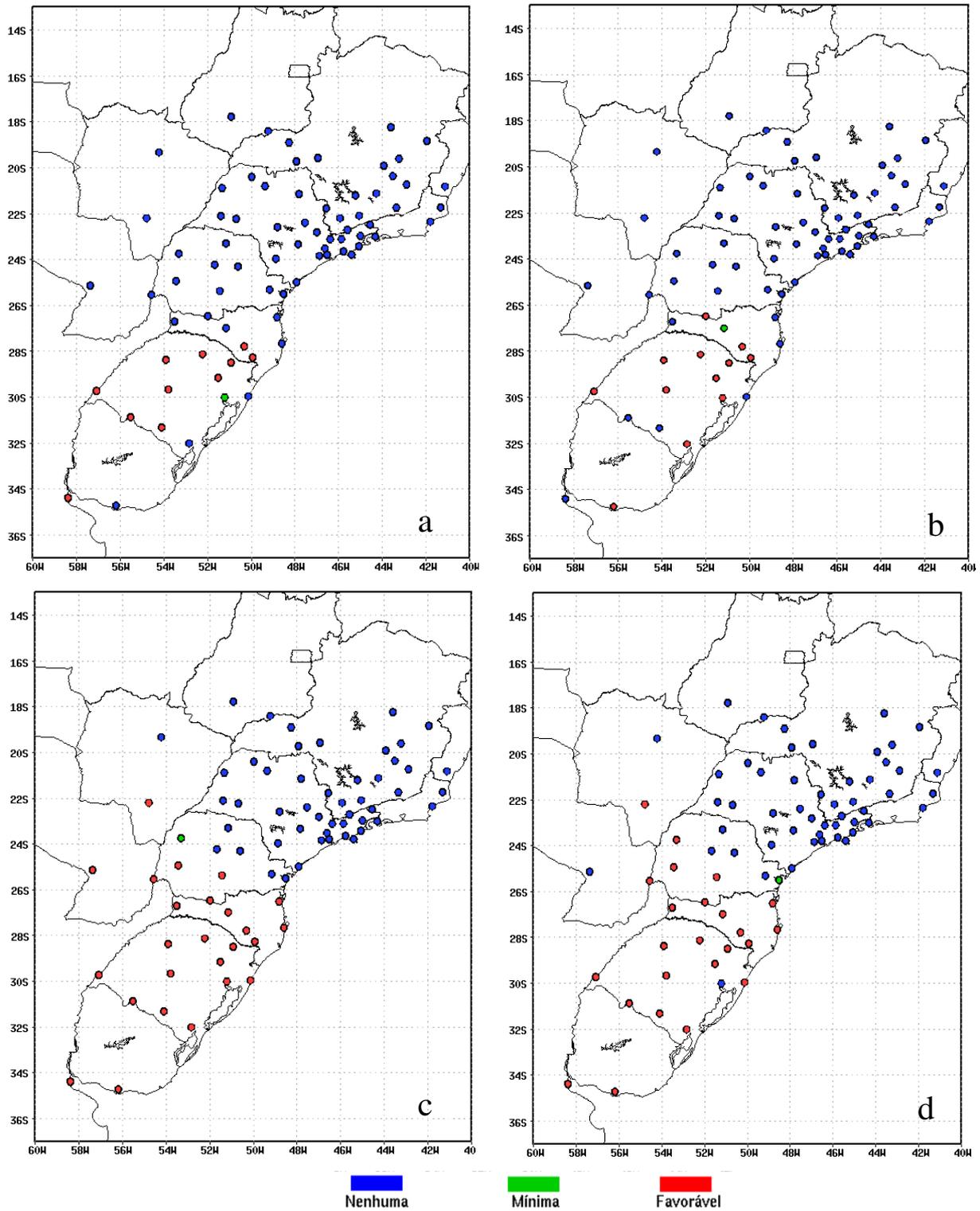


Figura 3. Previsões do Índice de Ocorrência de Geadas (IOG), calculado a partir de dados previstos pelo modelo ETA 15 km, a) para os dias 13 e b) 14 de maio e c) 07 e d) 08 de junho de 2012.

A Figura 4 mostra a previsão do IOG para 96h, 72h, 48h e 24h de antecedência, para os dias em estudo. Notou-se que as maiores divergências entre os horários e localidades da previsão ocorreram nos dias do mês de maio. Em junho, os valores mostraram-se mais convergentes. Essas

divergências e convergências refletiram na eficiência da previsão (Tabela 1, Figura 5). A Tabela 1 mostra o registro de ocorrência de geadas e a avaliação do IOG para cada localidade.

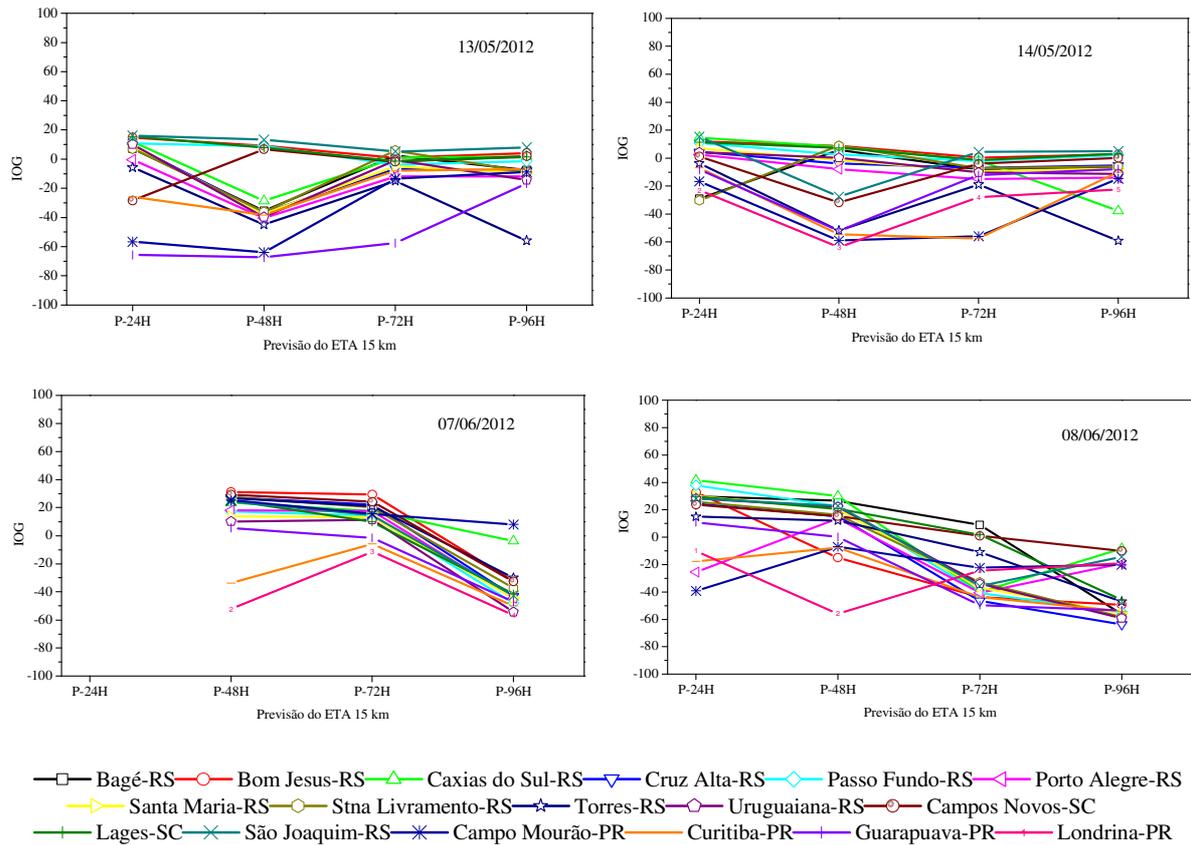


Figura 4. Evolução da previsão dos valores do Índice de Ocorrência de Geadas (IOG) para cada uma das localidades analisadas, para os dias de estudo: 13 e 13/05/2012 e 07 e 08/06/2012.

Tabela 1. Registro de ocorrência de geada e avaliação do Índice de Ocorrência de Geadas (IOG) para cada localidade, para os dias de estudo: 13 e 13/05/2012 e 07 e 08/06/2012. (*) ausência de informação; AV = avaliação.

Localidade	13/05/2012		14/05/2012		07/06/2012		08/06/2012	
	Ocorrência	AV	Ocorrência	AV	Ocorrência	AV	Ocorrência	AV
Bagé-RS	Não	Erro	Não	Acerto	Fraca	Acerto	Moderada	Acerto
Bom Jesus-RS	Forte	Acerto	Moderada	Acerto	Forte	Acerto	Forte	Acerto
Caxias do Sul-RS	Fraca	Acerto	Fraca	Acerto	Forte	Acerto	Forte	Acerto
Cruz Alta-RS	Não	Erro	Não	Erro	*		*	
Passo Fundo-RS	Fraca	Acerto	Não	Erro	Moderada	Acerto	Forte	Acerto
Porto Alegre-RS	Não	Acerto	Não	Erro	Não	Erro	Forte	Erro
Santa Maria-RS	Não	Erro	Fraca	Acerto	Forte	Acerto	Forte	Acerto
Stna. Livramento-RS	Não	Erro	Forte	Erro	Forte	Acerto	Moderada	Acerto
Torres-RS	Não	Acerto	Não	Acerto	*		*	
Uruguaiana-RS	Não	Erro	Não	Erro	Moderada	Acerto	Forte	Acerto
Campos Novos-SC	Fraca	Erro	Não	Erro	Fraca	Acerto	Moderada	Acerto
Lages-SC	Fraca	Acerto	Não	Erro	Fraca	Acerto	*	
São Joaquim-SC	Moderada	Acerto	Forte	Acerto	Forte	Acerto	Forte	Acerto
Campo Mourão-PR	Não	Acerto	Não	Acerto	Não	Acerto	*	
Curitiba-PR	Não	Acerto	Não	Acerto	Não	Acerto	*	
Guarapuava-PR	Não	Acerto	Não	Acerto	Não	Erro	*	
Londrina-PR	Não	Acerto	Não	Acerto	Não	Acerto	*	

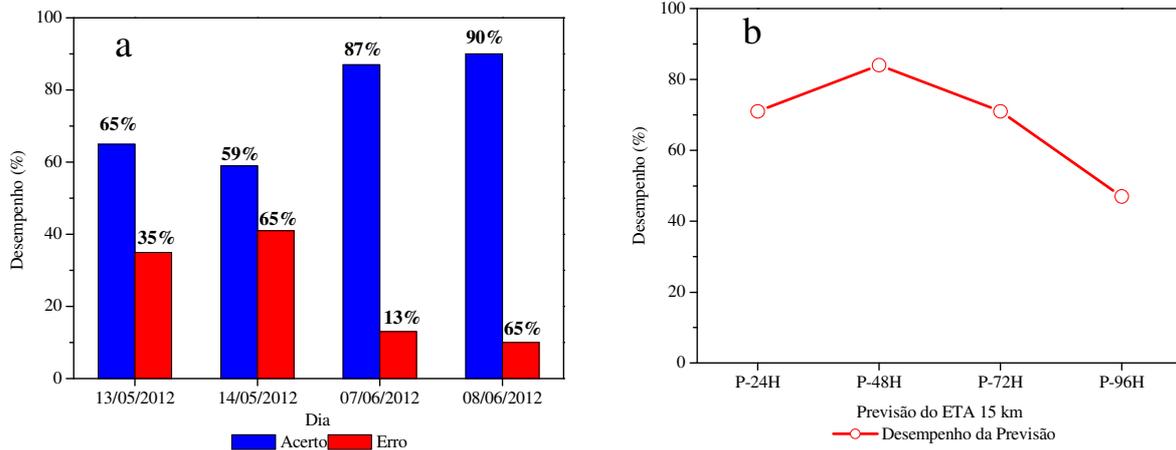


Figura 5. Desempenho do modelo ETA 15 km para um curso: a) diário e b) horário.

Observou-se que para a previsão de 24h do dia 13 de maio, o IOG apresentou desempenho relativo, das 17 cidades em estudo, acertou 11, representando assim 65% de acerto e 35% de erro. Não muito diferente do dia anterior, no dia 14 de maio o índice acertou a previsão em 10 localidades das 17, representando assim 59% de acertos e 41% de erro. Nos dias 07 e 08 de junho algumas cidades estiveram com ausência de informações de geada, sendo assim, não foi possível analisar o desempenho do IOG para estas. Contudo, para as localidades com informações, o IOG apresentou um ótimo desempenho. No dia 07, das 15 cidades em estudo, o índice conseguiu prever com sucesso 13, representando 87% dos acertos e 13% de erro. Similar ao dia 07, no dia 08, das 10 cidades em estudo, acertou 9, representando 90% de acerto e 10% de erro. Estes valores em porcentagem podem ser vistos na Figura 5a. Vale ressaltar que observou-se que a maioria dos erros ocorreram por superestimativa dos valores calculados pelo índice. A Figura 5b mostra o desempenho do IOG em cada horário. Verificou-se que os melhores desempenhos ocorreram com 48h de antecedência, seguido de 24h, 72h e por fim 96h.

Conclusões

As geadas, para o período em estudo, ocorreram devido a presença de um anticiclone pós-frontal que provocou baixas temperaturas e ausência de nebulosidade, condições propícias a formação de geada.

Na avaliação do modelo, observou-se que ele apresentou algumas divergências e convergências em relação aos horários e localidades de suas previsões. As mesmas acabaram influenciando no desempenho da previsão, resultando em melhores resultados, quando houve convergência entre os horários e menores desempenhos, quando ocorreram as maiores divergências. O modelo apresentou menor desempenho (59% de acertos) no dia 14 de maio e melhor desempenho (90% de acertos) no dia 08 de junho.

Em termos gerais, a avaliação do IOG mostrou um bom desempenho ao acertar grande número das ocorrências de geada previstas principalmente nas previsões de 48h e 24h. Dentre os percentuais de erros, destaca-se que a maior parte destes ocorreu por superestimativa. Portanto, os erros de subestimativa, que são os mais graves, foram observados em menor número e, principalmente, nas previsões para 72h e 96h, sendo suprimidos nas previsões após 48h e 24h.

Pretende-se aumentar o número de eventos de ocorrência de geada para gerar resultados ainda mais significativos estatisticamente, além de discutir a necessidade da inclusão de novos parâmetros meteorológicos em seus cálculos, visando melhorar a sua previsibilidade.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pela Bolsa de Desenvolvimento Tecnológico Industrial concedida à Rede Clima do INPE;

ao INMET pelo fornecimento de dados de ocorrência de geada; e ao Grupo de Previsão de Tempo do CPTEC.

Referências

- Algarve, V.R.; Cavalcanti, I.F.A. (1994). Características de circulação atmosférica associada à ocorrência de geadas no Sul do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8, 1994, Belo Horizonte. Anais Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Meteorologia. v. 2, p. 545-47.
- Bustamante, J.F.; Rozante, J.R.; Gonçalves, L.G.G., (2001). Índice de ocorrência de geadas utilizando o modelo regional. In: XII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Fortaleza. Anais... pp. 611-612.
- Caramori, P.H.; Caviglione, J.H.; Wrege, M.S.; Gonçalves, S.L.; Faria, R.T.; Androcioli Filho, A.; Sera, T.; Chaves, J.C.D.; Koguish, M.S. (2001). Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do café (*Coffea arabica* L.) no Paraná. Londrina: IAPAR.
- Fortune, M.A.; Kousky, V.N.; Ferreira, N.J. (1982a). Duas geadas críticas no Brasil: precursores no Oceano Pacífico e evolução na América do Sul. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, Pelotas. Anais ... Pelotas: Sociedade Brasileira de Meteorologia, v. 2, p. 180-214.
- Fortune, M.A.A (1982b). Severidade da grande geada de 1981 - uma avaliação por satélite em tempo real In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, Pelotas. Anais...Pelotas: Sociedade Brasileira de Meteorologia, v. 3, p. 179-87.
- Gan, A.M.; Rao, B.V. (1994). The influence of the Andes Cordillera on transient disturbances. Mon. Weather Rev., v. 122, p. 1141-1157.
- Garreaud, R.D.; Wallace, J.W. (1998). Summertime Incursions of Midlatitude Air into Subtropical and Tropical South America. Mon. Weather Rev., v. 126, p. 2713-2733.
- Girardi, C.O (1982). Poço dos Andes. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2, 1982, Pelotas. Anais ... Pelotas: Sociedade Brasileira de Meteorologia, v. 4, p. 41-66.
- Gonçalves, J.P.C. Ferreira, J.A.S. (2011). Avaliação da ferramenta de previsão de geada do modelo ETA 15 km. Cachoeira Paulista-SP. INPE. Relatório INCT para Mudanças Climáticas e Rede Clima.
- Marengo, J.A.; Cornejo, A.; Satyamurty, P.; Nobre, C.; Sea, W. (1997). Cold Surges in the Tropical and Extratropical South America. The strong event in June 1994. Mon. Weather Rev., v. 125, p. 2759-2788.
- Muller, G.V.; Ambrizzi, T. (2006). Rossby Wave Propagation and its Relationship with Severe Frosts over South America. Clivar Exchanges. v. 11, n. 3, p. 18-20.
- Muller, G.V.; Ferraz, S.E.T.; Ambrizzi, T. (2009). Propagação das Ondas de Rossby nos Invernos de Máxima Frequência de Ocorrência de Geadas na Pampa Úmida. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 24, n. 1, p. 56-62.
- Pedrotti, C.B.; Federova, N. (2000). Processos de Formação de Geada em Pelotas no ano de 1996. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 15, n. 2, p. 1-19.
- Pereira, A.R.; Angelocci, L.R.; Sentelhas, P.C. (2001). Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba-RS: Agropecuária Guaíba. 478p.
- Rozante, J.R.; Bustamante, J.F; Gonçalves, L.G.G. (2001). Influência da resolução horizontal na previsibilidade do Índice de Geada. In: XII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Fortaleza. Anais... pp. 619-620.
- Seluchi, M.E.; Nery, J.T. (1992). Condiciones Meteorologicas Asociadas a la Ocurrencia de Heladas en la Region de Maringá. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 7, n. 1, p. 523-534.

Seluchi, M.E. (1995). Diagnóstico y pronóstico de situaciones sinópticas conducentes a ciclogênesis sobre el este de Sudamérica. *Geofísica Internacional*, v. 34, p. 171-186.

Seluchi, M.E.; Serafini, Y.V.; Treut, H.Le (1998). The Impact of the Andes on Transient Atmospheric Systems: A Comparison between Observations and GCM Results. *Mon. Weather Rev.*, v. 126, n. 4, p. 895-912.

Souza, R.O. (1998a). Condicionantes Meteorológicas e Geográficas para a Ocorrência de Neve no Sul do Brasil. In: X

Congresso de Meteorologia de Brasília, Brasília, DF, volume único disponível em CD-ROM.

Souza, R.O. (1998b). A Ocorrência de Neve em Planaltos Subtropicais: o caso do sul do Brasil. Faculdade Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. 144p.

Souza, R.O. (2002). Caracterização dos invernos no sul do Brasil em função dos dias de neve e da participação das massas de ar. Faculdade de Geografia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. 148 p.