

1. INTRODUÇÃO

Nos meses de outono e inverno, as regiões Sul e Sudeste do Brasil, estão frequentemente sujeitas a passagem de sistemas frontais seguidos de intensos centros de alta pressão que favorecem a ocorrência de geadas. Os impactos sociais decorrentes deste fenômeno são bastante grandes ocasionando principalmente grandes prejuízos para o setor agrícola.

Conseguir prever estes fenômenos têm sido um grande desafio para a meteorologia. Com o desenvolvimento de modelos numéricos de previsão de tempo com alta resolução espacial a previsão dos fenômenos de geada tornou-se bastante eficaz.

Uma das maneiras de medir esta previsibilidade foi o desenvolvimento de um "índice de ocorrência de geadas" (IOG) calculado a partir dos produtos numéricos do modelo regional Eta que roda operacionalmente no Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). Este índice foi desenvolvido por um grupo de meteorologistas do setor de Meteorologia Operacional (METOP) da Divisão de Produtos Operacionais do CPTEC com o intuito de criar uma nova ferramenta que auxilie os previsores na previsão de geadas. Esta ferramenta já se encontra implantada operacionalmente no CPTEC e vêm sendo utilizada desde abril de 1999, demonstrando ter um alto grau de confiabilidade. Tanto o índice de ocorrência de geadas, quanto outros produtos que auxiliam na previsão do fenômeno estão disponíveis em uma homepage no seguinte endereço: <http://tucupi.cptec.inpe.br/products/geadas>.

Neste presente trabalho constam: uma breve descrição do modelo regional Eta; breve descrição da metodologia do cálculo do índice; testes de sensibilidade para a definição dos parâmetros meteorológicos a serem utilizados no cálculo do IOG; e um caso ilustrativo.

2. BREVE DESCRIÇÃO DO MODELO REGIONAL ETA.

O modelo regional operacional do CPTEC, denominado modelo Eta, é proveniente do National Center for Environmental Prediction (NCEP) (Mesinger et al., 1988; Black, 1994) e roda duas vezes por dia, as 00 e 12 UTC, utilizando como condição inicial à análise fornecida pelo NCEP e como condições de contorno as previsões do modelo global CPTEC/COLA atualizadas a cada 6 horas.

A resolução horizontal do modelo Eta é de 40 km e a resolução vertical de 38 camadas. A grade horizontal é a grade E de Arakawa e a coordenada vertical é a coordenada sigma. A topografia é em forma de degraus discretos. O esquema de integração é por partionamento explícito (forward backward - Euler backward). As principais parametrizações são: troca vertical pelo esquema de Mellor-Yamada; radiação de onda longa segundo esquema de Lacis e Hansen; radiação de onda curta pelo esquema de Fels e Schwarzkopf; água no solo segundo esquema Bucket. O domínio do modelo abrange a maior parte da América do Sul.

3. METODOLOGIA DO ÍNDICE DE OCORRÊNCIA DE GEADAS

O fenômeno de geada é caracterizado pela formação de uma camada de cristais de gelo em superfícies onde ocorre

a queda da temperatura de superfície abaixo de 0° C. As principais características deste fenômeno são: ausência de nebulosidade, vento calmo, queda acentuada de temperatura nas últimas 12 horas, predomínio de um centro de alta pressão, temperatura do ar próxima 0° C e umidade relativa alta.

Foi, então, desenvolvida uma ferramenta que utilizando os valores numéricos destas variáveis fornecidas pelas previsões do modelo Eta, fosse capaz de indicar a possibilidade de ocorrência de geadas. Para o cálculo do IOG a principal informação a ser retirada da previsão numérica do modelo Eta é a da temperatura mínima, visto que temperatura do ar próxima à 0° C é condição necessária para a ocorrência de geada.

O modelo regional Eta fornece previsões horárias que possibilitam a identificação dos valores mínimos de temperatura que ocorrerão dentro do prazo de integração do modelo. Para tanto são utilizadas as rodadas com condições iniciais às 00 UTC, das quais serão calculados os índices válidos para as próximas madrugadas. Por exemplo, a rodada do dia 28 às 00 UTC, fornecerá informações para as madrugadas dos dias 29 e 30.

Determinado o horário de ocorrência e o valor da temperatura mínima serão extraídas as previsões das demais variáveis (pressão ao nível médio do mar, umidade relativa, magnitude do vento e cobertura de nuvens). Os valores previstos serão comparados a valores críticos e então totalizados, gerando o IOG.

Deste modo foram definidos três níveis de possibilidade de ocorrência de geada:

1. Nenhuma possibilidade, quando a totalização indicar que os valores previstos estão acima dos valores críticos necessários.
2. Condições mínimas, quando a totalização indicar que os valores previstos estão próximos dos valores críticos necessários.
3. Condições favoráveis, quando a totalização indicar que os valores previstos satisfazem os valores críticos necessários.

4. TESTE DE SENSIBILIDADE

Numa primeira etapa os valores críticos foram extraídos de referências literárias (Hamilton et al., 1978). Com a execução de alguns testes pode-se observar que alguns fatores apresentavam uma maior influência no fenômeno do que outros. Por exemplo, a cobertura de nuvens mostrou ter maior influência no fenômeno do que os valores de pressão ao nível médio do mar. Os demais parâmetros relacionados os valores críticos inicialmente estimados e os valores ideais obtidos após vários testes de sensibilidade.

Os testes de sensibilidade indicaram a necessidade de diferentes valores críticos para a pressão ao nível médio do mar, definidos de acordo com a latitude. Foi determinado um valor crítico para latitudes mais altas que 23° S e outro para latitudes mais baixas que 23° S. Os demais parâmetros também foram ajustados. Aos parâmetros finais foram incluídos pesos a cada uma das variáveis do seguinte modo:

$$IOG = p + nebu^{0.4} + \frac{1}{5} \sum_{i=1}^n q_i^{0.5} + 10$$

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE)

Tabela 1. Testes de sensibilidade

Valor crítico	Valores iniciais	Valores finais
Pressão (m)	1030 hPa	Dependente da latitude
Vento (m/s)	< 1 m/s	< 6 m/s
Umidade Relativa (%)	> 90%	> 80%
Nebulosidade (nebu)	0%	0,1%
Temp. ar (temp)	0° C	0° C

Os resultados destes testes estão ilustrados na seção a seguir.

5. UM CASO ILUSTRATIVO

Dentre os vários casos avaliados para a elaboração desta ferramenta de cálculo do IOG, foi escolhido o caso do dia 05 de junho de 1999 como exemplo. A tabela 2 indica as localidades onde ocorreram geadas neste dia, enquanto a figura 1 mostra a posição geográfica destas localidades e de outras para as quais também são gerados os IOGs.

Tabela 2: Geadas ocorridas em 05/06/1999

LOCALIDADE	UF	DIA	Tmin	GEADA
Passo Fundo	RS	5	1,8	Moderada
São Joaquim	SC	5	0,0	Fraca
Uruguaiana	RS	5	2,0	Forte
Santa Maria	RS	5	1,2	Forte
Sant. do Livramento	RS	5	1,6	Forte
Bagé	RS	5	0,8	Forte

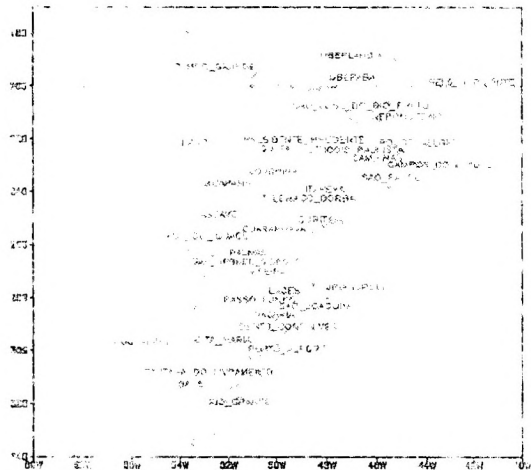


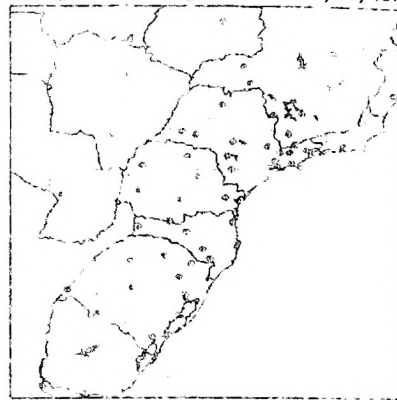
Figura 1. Organização geográfica

As figuras 2 a e b mostram os IOGs de acordo com os testes relacionados na tabela 1.

No dia 5 de junho de 1999 ocorreram geadas em praticamente todo o estado do Rio Grande do Sul e na Serra gaúcha em Santa Catarina, com intensidade variando de fraca a forte. Na tabela 2 constam apenas os pontos para os quais também há previsão do IOG.

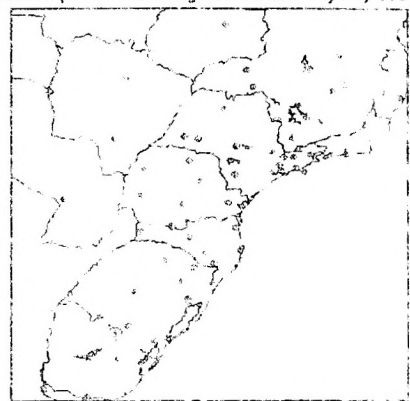
Nota-se que com os parâmetros iniciais não havia previsão de geadas para Uruguaiana, Passo Fundo e São Joaquim, e apenas condições mínimas para Santana do Livramento e Bagé. Após os ajustes dos parâmetros a previsibilidade do IOG foi muito superior, indicando

Previsão de Geadas  
Valido para a Madrugada do dia 05/06/1999



a) valores críticos da literatura

Previsão de Geadas  
Valido para a Madrugada do dia 05/06/1999



b) valores finais

Figura 2: IOGs dos testes de sensibilidade

condições favoráveis para geadas em todas as localidades onde as observações indicaram a ocorrência.

6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nos diversos testes de sensibilidade levaram a determinação dos valores críticos do IOG. Ficou evidente que dentre as condições necessárias para a ocorrência de geadas, fatores como temperatura mínima e cobertura de nuvens, tem papel fundamental.

Este índice é utilizado pelos previsores do CPTEC desde 1999, e demonstra na prática um bom grau de confiabilidade.

Outros testes estão sendo realizados levando em consideração: a influência da resolução horizontal, uma nova versão do modelo que melhor represente as condições de superfície, e a influência de uma topografia mais detalhada.

7. REFERÊNCIAS

Mesinger, F., 1984. A blocking technique for representation of mountains in atmospheric models. *J. M. Aer.*, 44, 195-202.  
 Black, T. L., 1994. The new NMC mesoscale Eta model: Description and forecast examples. *Wea. and Forecasting*, 9, 265-278.  
 Hamilton, M. G. and Tarifa, J. R., 1978. Synoptic aspects of a polar outbreak leading to frost in tropical Brazil. *July 1972. Monthly Wea. Rev.*, 106, 1545-1556.