

# ANÁLISE QUANTITATIVA DAS REGRAS DA FERRAMENTA OBJETIVA DE PREVISÃO DE TEMPO DO CPTEC

Cesar STRAUSS<sup>1,2</sup>, Stephan STEPHANY<sup>3</sup>, Marcelo B. ROSA<sup>4</sup>, Nelson J. FERREIRA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>CEA/INPE – São José dos Campos – São Paulo - [cstrauss@cea.inpe.br](mailto:cstrauss@cea.inpe.br)

<sup>3</sup>LAC/INPE – São José dos Campos – São Paulo

<sup>4</sup>CPTEC/INPE – Cachoeira Paulista – São Paulo

**RESUMO:** O Grupo de Previsão do Tempo do CPTEC/INPE utiliza como auxílio na previsão uma ferramenta objetiva que gera cartas para visualizar variáveis selecionadas de previsões do modelo numérico regional ETA. Essas cartas visam identificar a possibilidade de ocorrência de eventos tais como pancada de chuva com trovoadas, tempestade e granizo. A seleção das variáveis e os limiares adotados para esses 3 tipos de eventos foi realizada com base na experiência dos meteorologistas da previsão de tempo e em valores de referência citados na literatura da área. O presente trabalho apresenta uma análise quantitativa do grau de acerto das variáveis e limiares selecionados utilizando dados de radares meteorológicos como referência em termos de precipitação.

**ABSTRACT:** The Weather Forecast Group of CPTEC/INPE employs as an ancillary scheme given by an objective forecast tool. It generates charts to visualize selected variables of forecasts of the ETA regional numerical model. These charts are intended to identify the possibility of occurrence of events such as rainshowers with thunderstorms, storms and hailstorms. The selection of the variables and the adopted thresholds for these 3 types of events were done based on the experience of weather forecast meteorologists and on values cited in literature references. The current work presents a quantitative analysis of the hit ratio of the selected variables and thresholds employing weather radar data as reference for the precipitation.

## 1 – INTRODUÇÃO

O Grupo de Previsão do Tempo do CPTEC/INPE idealizou uma ferramenta objetiva de auxílio na previsão chamada ferramenta objetiva de previsão que gera cartas para visualizar variáveis selecionadas de previsões do modelo numérico regional ETA com resolução de 20 km (ANDRADE ET AL., 2010). Essas cartas visam identificar a possibilidade de ocorrência de eventos tais como pancada de chuva com trovoadas, tempestade e granizo. Em cada carta, os

pontos de grade do modelo são marcados conforme a possibilidade de ocorrência do evento considerado na carta. A seleção das variáveis e os limiares adotados para esses 3 tipos de eventos foi realizada de forma subjetiva com base na experiência dos meteorologistas e em valores de referência citados na literatura da área. As variáveis e limiares formam conjuntos de regras que identificam ou não a ocorrência de um dos tipos de evento extremo para a previsão considerada. Essas cartas identificam de forma automática a possibilidade de ocorrência desses eventos em dadas áreas, permitindo que o previsor as investigue com mais detalhe e contribuindo para uma melhor previsão de tempo.

As variáveis meteorológicas da ferramenta objetiva de previsão foram selecionadas de forma a ressaltar a combinação das componentes termodinâmica e dinâmica da atmosfera. Algumas variáveis obtidas do modelo foram combinadas na forma de índices de instabilidade. As variáveis adotadas e os respectivos limiares são descritas em (ANDRADE ET AL., 2010) sendo repetidos abaixo, além da descrição dos 3 tipos de eventos considerados:

Tipo 1) Pancada de Chuva com Trovoada: evento meteorológico caracterizado por chuvas geralmente moderadas ou intensas e acompanhadas, na maior parte dos casos, de atividade elétrica; a possibilidade de ocorrência deste tipo de evento é sinalizada pela combinação das seguintes variáveis e limiares: umidade relativa média na camada 1000/850 hPa e na camada média 850/500 hPa, acima de 60%; omega no nível de 500 hPa negativo inferior a  $-2.10^{-5}$  Pa/s; índices de instabilidade Total Totals (TTS)  $> 45$  e  $K > 30$ .

Tipo 2) Tempestade: evento meteorológico caracterizado por um maior grau de severidade, geralmente associado com chuvas torrenciais, grandes acumulados de chuva, rajadas de vento, fortes descargas elétricas e até presença de tornados; a possibilidade de ocorrência deste tipo de evento é sinalizada pela combinação das seguintes variáveis e limiares: os mesmos do tipo 1, exceto por  $TTS > 48$  e  $K > 33$ .

Tipo 3) Granizo: evento meteorológico similar ao anterior (tempestade), mas com potencial ocorrência de granizo; a possibilidade de ocorrência deste tipo de evento é sinalizada pela combinação das seguintes variáveis e limiares: umidade relativa média na camada 1000/850 hPa e na camada média 850/500 hPa, acima de 60%; omega negativo em 500 hPa inferior a  $-3.10^{-5}$  Pa/s; SWEAT  $> 220$ , Total Totals (TTS)  $> 52$ .

ANDRADE ET AL. (2010) apresentaram uma análise qualitativa da ferramenta objetiva de previsão para um evento meteorológico severo ocorrido na região da tríplice fronteira Brasil-Argentina-Paraguai em setembro de 2009. Pode-se dizer que essa ferramenta apresenta um conjunto de regras para a verificação de ocorrência de cada um dos tipos de eventos extremos considerados. Uma análise quantitativa do grau de acerto das possibilidades mostradas nesses 3 tipos de cartas exigiria dados meteorológicos bem detalhados, oriundos de radiossondagem e/ou

estações meteorológicas.

O presente trabalho propõe e apresenta uma análise quantitativa do grau de acerto das variáveis e limiares selecionados utilizando dados de radares meteorológicos. Dessa forma, permite uma análise parcial tomando como referência apenas a precipitação e abordando os tipos de pancada de chuva com trovoadas e tempestades, mas não o tipo de granizo. Esta restrição levou à adoção de diversos limiares de precipitação, objetivando distinguir casos de ausência de chuva, chuva fraca, chuva moderada e chuva forte. Assim, tornou-se possível comparar a possibilidade de ocorrência de eventos extremos dada pela ferramenta objetiva de previsão com a estimativa de precipitação inferida dos dados dos radares meteorológicos considerados.

Além disso, esses dados permitiram treinar e testar uma árvore de decisão utilizando o pacote RPART, implementado no ambiente de software gratuito R para computação estatística e gráfica, de forma a refinar os limiares relativos às variáveis do modelo para os tipos de eventos considerados. A comparação entre as taxas de acerto do conjunto original de variáveis e limiares e aquelas refinadas pela árvore de decisão é também apresentada.

## **2 – DADOS E METODOLOGIA DE ANÁLISE**

Utilizaram-se dados de radares meteorológicos do mês de janeiro de 2010 para estimar a precipitação, de forma a avaliar a ocorrência de precipitação, que caracteriza os tipos 1 e 2 abordados pela ferramenta objetiva de previsão do tempo descrita em Andrade et. al. (2010). Os radares encontram-se nas cidades de Presidente Prudente, Bauru e São Roque, sendo considerada uma cobertura de 150 km em relação ao radar mais próximo. Os dados de radar referentes ao produto CAPPI (*constant altitude position plan indicator*) de 3 km de altitude foram interpolados para uma grade espacial de 0,02 grau e para intervalos de 10 minutos. Para converter a refletividade (Z) do radar em precipitação (R) testaram-se a relação Z-R de Calheiros ( $Z = 32 \cdot R^{1,63}$ ) e a de Marshall-Palmer ( $Z = 200 \cdot R^{1,60}$ ). Admitiu-se como chuva fraca a precipitação até 10mm/h, chuva média, entre 10 e 20 mm/h, e chuva forte, acima de 20 mm/h. Testaram-se também limiares baseados somente em refletividade, adotando-se para chuva fraca a faixa entre 20 e 30 dBZ, para chuva média, entre 30 e 40 dBZ e, para chuva forte, acima de 40 dBZ. Entretanto, apresentam-se aqui apenas os resultados em termos de ocorrência (com qualquer intensidade) ou não de precipitação.

Para fins de avaliação das regras da ferramenta objetiva de previsão de tempo de Andrade et. al. (2010) foram utilizados dados do modelo ETA 20 km para o mesmo período de janeiro de 2010. Para cada dia considerado, dispõe-se da análise da 00:00 UTC (dados reais assimilados), a qual é utilizada para as previsões de 6 em 6 horas. O resultado da aplicação das regras é um valor “atende/não atende” atribuído a cada ponto de grade do ETA para a área e o período

considerados. Esse resultado é comparado à ocorrência ou não de precipitação para cada ponto de grade (mesma área e período) com base na estimativa de precipitação feita com os dados de radar. Dada a diferença de resolução espacial entre os dados de radar (~0.02 grau) e do modelo (~0.2 grau), que faz com que a cada pixel do modelo ETA 20 km correspondam 11 x 11 pixels do radar, adotou-se o seguinte critério: considera-se o pixel do ETA como apresentando precipitação caso o número de pixels correspondentes do radar que apresentem precipitação supere 10%. Com relação à diferença de resolução temporal, para cada saída do ETA 20km, considerou-se o dado de radar temporalmente mais próximo.

Para fins de comparação dos valores preditos pelas regras (no caso, ocorrência de precipitação com qualquer intensidade), e observados (precipitação estimada não nula), adotamos as seguintes métricas:

- Taxa de acerto (ocorrência de precipitação):  $\text{verdadeiros-positivos} / \text{positivos} * 100\%$
- Precisão (ocorrência de precipitação):  $\text{verdadeiro-positivos} / \text{preditos} * 100\%$

onde os “*positivos*” referem-se ao nº de pixels onde foi estimada qualquer precipitação pelos dados de radar, os “*preditos*” referem-se ao nº de pixels onde as regras dos tipos 1 ou 2 foram atendidas, e os “*verdadeiros-positivos*”, ao número de pixels em que as regras foram atendidas e também foi estimada precipitação. Entretanto, essas métricas podem subestimar os acertos, devido aos erros sistemáticos inerentes aos modelos de previsão. Isso foi contornado por meio da definição de “vizinhanças relaxadas”, as quais consideram acertos relativos a pixels do ETA 20 km próximos, sendo consideradas vizinhanças 3x3 e também 5x5 de pixels desse modelo. Essas vizinhanças foram importantes para minimizar incapacidade dos modelos atuais em preverem, com exatidão, o posicionamento de um sistema precipitante de meso-escala ou menor, ao longo de sua rotina de integração.

### **3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A análise quantitativa da ferramenta objetiva de previsão de tempo em termos de seu grau de acerto quanto à ocorrência ou não de precipitação estimada por radar é apresentada na Tabela 1. Para refinamento das regras propostas originalmente, foram geradas novas regras utilizando uma árvore de decisão do pacote RPART, usando as mesmas variáveis de modelo e índices de instabilidade anteriormente descritos, o que exigiu o particionamento dos dados do modelo ETA 20km, para a área e período considerados, em conjuntos de treinamento e teste, numa proporção 80% - 20 %. Geraram-se assim quatro conjuntos de regras, oriundos de quatro árvores de decisão e referentes às previsões do modelo para as saídas de 0-6-12-18 hs UTC, 24-30-36-42 hs UTC, 48-54-60-66 hs UTC e, finalmente, 72-78-84-90 hs UTC. Os resultados dessas novas regras são também apresentados na Tabela 1, sendo que as taxas de acerto foram

mais que o dobro e as precisões similares àquelas das regras objetivas. É importante enfatizar que essa tabela apresenta os resultados mais favoráveis para ambos classificadores (regras objetivas e árvore de decisão), seja em termos do critério para ocorrência ou não de precipitação ou de adoção das vizinhanças relaxadas.

<b>Horários de Previsão</b>	<b>Regras objetivas (tipo 1)</b>		<b>Regras objetivas (tipo 2)</b>		<b>Árvore de decisão</b>	
	Taxa de acerto	Precisão	Taxa de acerto	Precisão	Taxa de acerto	Precisão
<b>0-6-12-18</b>	41,4	69,8	4,1	78,5	94,3	70,0
<b>24-30-36-42</b>	38,9	79,9	8,2	83,3	92,6	72,2
<b>48-54-60-66</b>	41,2	66,5	7,4	69,9	93,7	73,9
<b>72-78-84-90</b>	42,5	73,1	11,4	75,5	92,7	74,5

Tabela 1: Resultados numéricos para as regras de Andrade et. al. (2010) e da árvore de decisão

#### **4 – CONCLUSÕES**

Este trabalho apresentou uma avaliação quantitativa da ferramenta objetiva de previsão de tempo do CPTEC/INPE em termos de ocorrência ou não de precipitação. Essa análise foi possível graças à utilização de estimativas de precipitação feitas a partir de dados de radares meteorológicos. Foram propostas árvores de decisão geradas a partir dos mesmos dados de forma a refinar os limiares originais das regras da ferramenta, as quais apresentaram um desempenho de classificação significativamente melhor em termos de previsão de precipitação.

#### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem as explicações e sugestões dadas pelo Grupo de Previsão do Tempo (GPT) do CPTEC/INPE, o qual criou e utiliza a ferramenta objetiva de previsão que é objeto do presente trabalho, em especial a Gustavo C. J. Escobar e Kelen Andrade.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANDRADE, K. M.; MOURA, C. R. W.; ESCOBAR, G. C. J.; SILVA, P. E. D. Avaliação qualitativa do desempenho da ferramenta objetiva de previsão de tempo utilizado no ambiente operacional do CPTEC/INPE para um caso de evento severo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16., 2010, Belém. **Anais eletrônicos...** Belém: SBMET, 2010. Disponível em: <<http://www.cbmet2010.com/anais>>. Acesso em: 11 jul. 2012.