

## **MODELO DE PREVISÃO ESTATÍSTICA DE GEADA PARA A REGIÃO DE MARINGÁ.**

### **STATISTIC MODEL FOR THE FORECASTING OF FROST IN THE REGION OF MARINGÁ.**

Jonas Teixeira Nery<sup>1</sup>, Marcelo Seluchi<sup>2</sup> e Saúl Brynsztein<sup>3</sup>.

#### **RESUMO**

A cidade de Maringá (23° 50' S, 51° 57' W, altitude 542 m) está localizada no norte do Estado do Paraná, sendo uma região eminentemente agrícola, centrada na produção de café, soja e trigo. A localização geográfica desta área determina uma bem diferenciada estação de inverno, ocorrendo geada com certa frequência. O objetivo do presente trabalho foi desenvolver um método de previsão de geada, usando os dados de superfície da estação de Maringá 1980, 1989. A classificação dos eventos foi feita, em primeiro lugar, agrupando-os da seguinte forma: não geada, geada fraca e geada forte. Esta classificação foi validada a seguir pelo método de análise discriminante. A variável que apresentou a melhor discriminação foi a temperatura mínima, a temperatura de bulbo úmido e a nebulosidade do dia anterior à ocorrência do fenômeno.

**Palavras-chave:** análise discriminante, geada, temperatura.

#### **SUMMARY**

The city of Maringá (23° 50'S, 51° 57'W, altitude 542 m) is located in the north zone of the Paraná State (Brazil) being this an eminently agricultural region, where the cultivation of coffee, soya and wheat are the most important. The geographic location of the area determines a well differentiated winter season, where frosts often occur. Though this event is not very frequent, important damages take place. The objective of the present paper is to develop an objective forecasting method for frost situations using the surface data of Maringá station (1980, 1989). First a classification of the events was done, grouping them according to

---

<sup>1</sup> Departamento de Física. Universidade de Maringá. Av. Colombo, 3690, CEP 87020-900, Maringá - Paraná.

<sup>2</sup> CIMA - Centro de Intervenção Mar Atmosfera. Universidade de Buenos Aires. Cidade Universitária, 1428, Pavilhão II, 1402 Buenos Aires, Argentina.

<sup>3</sup> Departamento de Ciências da Atmosfera. Universidade de Buenos Aires. Cidade Universitária, 1428, Pavilhão II, 1402, Buenos Aires, Argentina.

the following categories: no frost, weak frost and strong frost. This classification was then validated through the Discriminant Analysis. The variables which presented a greater weight in the discrimination were the minimum temperature of the previous day, the wet bulb temperature and the cloudiness.

**Key words:** discriminant analysis, frost, temperature.

## INTRODUÇÃO

O Estado do Paraná, compreendido entre o paralelo 22° 30' e 26° 43' de latitude sul e cortado pelo trópico de Capricórnio na sua parte setentrional, caracteriza-se no aspecto climático como uma área de transição entre dois regimes distintos: clima tropical, que domina as serras paulistas e clima subtropical, muito úmido, que caracteriza, em geral, a região sul do Brasil.

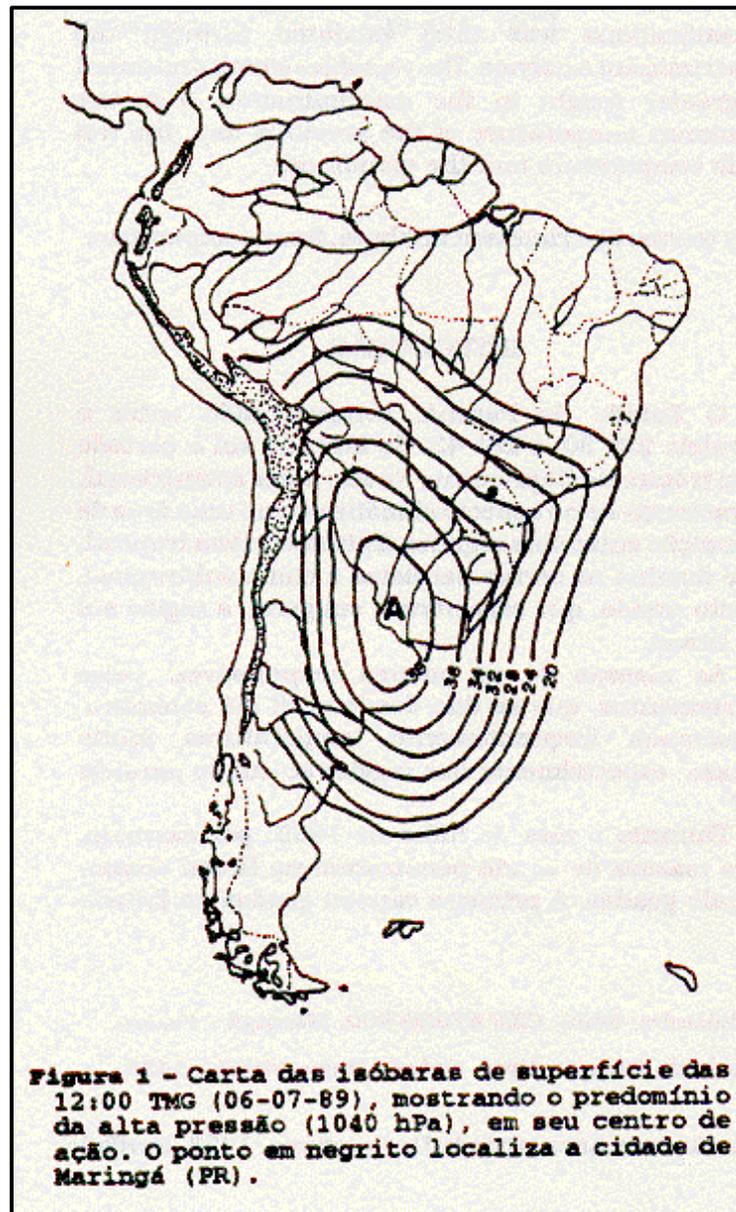
As massas de ar polares responsáveis pelos esfriamentos, que se dão desde abril até setembro, ocasionam frequentemente temperaturas muito baixas, especialmente nas regiões ao sul do paralelo 24° .

Durante o mês de julho de 1989, por exemplo, três massas de ar frio penetraram no Brasil ocasionando geadas. A primeira causou geadas no Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. A segunda, que atuou a partir do dia 6, foi a mais extensa do ano e causou fortes geadas na Região Sul, no extremo sul do Mato Grosso do Sul e nas regiões serranas do Estado de São Paulo. A terceira massa de ar foi responsável pela ocorrência de geadas nas regiões serranas dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina nos dias 14, 15, 16, 17 e 18 e nos lugares altos, desde Santa Catarina até Minas Gerais nos dias 19, 20, 21, 22, 23 e 24 (CLIMANÁLISE, 1989).

A Figura 1 apresenta um centro de alta pressão com 1.040 hPa, aproximadamente, sobre a América do Sul, atingindo Argentina, Uruguai, Paraguai, Bolívia e grande parte do Brasil, principalmente a região Sul deste país. Esta carta das isóbaras de superfície das 12 h TMG, corresponde ao dia 06 de julho de 1989 (CLIMANÁLISE, 1989).

A cidade de Maringá (23° 25' S; 51° 57' W) encontra-se localizada ao norte do Estado do Paraná (Figura 1), sendo uma zona eminentemente agrícola, destacando-se, principalmente, o cultivo de soja, trigo e café. Esta produção é afetada, em muitas oportunidades, pela ocorrência de baixas temperaturas que ocasionam danos sérios na economia da região e, portanto, do Estado.

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver uma metodologia de previsão para a ocorrência de geadas, de origem radiativas em Maringá, utilizando dados meteorológicos de superfície, no período de 1980 a 1989.



## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados diários de temperatura mínima e umidade relativa do ar, temperatura de bulbo úmido, direção e velocidade do vento, e nebulosidade determinados às 6 h, 9 h, 12 h, 18 h, 21 h e 24 h.

Efetou-se, em primeiro lugar, uma pré seleção dos dados, descartando das séries originais aqueles dias que apresentaram temperaturas mínimas superiores a 12°C. Realizou-se, a seguir, uma classificação das geadas por suas gênesis serem advectivas ou radiativas, selecionando estas últimas para a realização deste trabalho. Tal seleção se deve a freqüência das geadas radiativas e, também, por serem possíveis de combater por parte dos agricultores.

Considerou-se geada radiativa quando às 6 horas (hora local) ocorria ventos (medido a 10 metros de

altura) com intensidade menor que 1.5 m/s, nebulosidade inferior a 3/10 e umidade relativa do ar menor que 80%.

As situações diárias foram, a partir daí, classificadas segundo os seguintes grupos: Não geada (temperatura mínima do ar igual ou superior a 7.5°C), geada fraca (temperatura mínima do ar entre 2°C e 7.5°C) e geada forte (temperatura mínima do ar igual ou inferior a 2°C). Esta classificação foi validada posteriormente através do método análise discriminante multivariado.

A utilização da Análise Discriminante (ADM) (ANDERSON, 1958; GREEN, 1978) para prever fenômenos como ocorrências de tormentas, vento zonda (NORTE, 1988) e previsão de rendimento de cultivos em função da variabilidade climática (BRYNSZTEIN & VARGAS, 1983; SIERRA & BRYNSZTEIN, 1990) mostra uma importante tradição em meteorologia (DER-MERDITCHIAN, 1980).

Buscou-se diferenciar a ocorrência de geada, utilizando a metodologia de análise discriminante, particionando o conjunto de dados associados ao fenômeno anterior em um número finito de grupos, sendo que os centróides ou centro de gravidades (Figura 2), de cada grupo constituem os vetores médios das variáveis meteorológicas utilizadas.

Discute-se a significância destes centróides através da hipótese nula:

$$H_0: \mathbf{m}_1 = \dots = \mathbf{m}_g \quad (\text{Todos os centros de gravidade são iguais})$$

$$H_1 \quad : \text{nem todos são iguais}$$

onde  $\mathbf{m}_1, \dots, \mathbf{m}_g$  são os vetores médios das variáveis meteorológicas e "g" o número de grupos.

Este problema pode ser resolvido através do teste de WILKS LAMBDA (GREEN, 1978), cuja estatística está dada por:  $I = |W| / |T|$ , onde  $W$  define a matriz de covariância dentro dos grupos e  $T$  a matriz de covariância de todas as amostras.

Se o número de variáveis (temperatura mínima e umidade do ar, por exemplo) e grupos (geada, não geada, por exemplo) são relativamente grandes, a quantidade de aproximações que se deve fazer torna-se problemática na sua utilização. Neste caso é conveniente considerar a aproximação chi-quadrada de Barlett (ANDERSON, 1958) dada pela expressão:

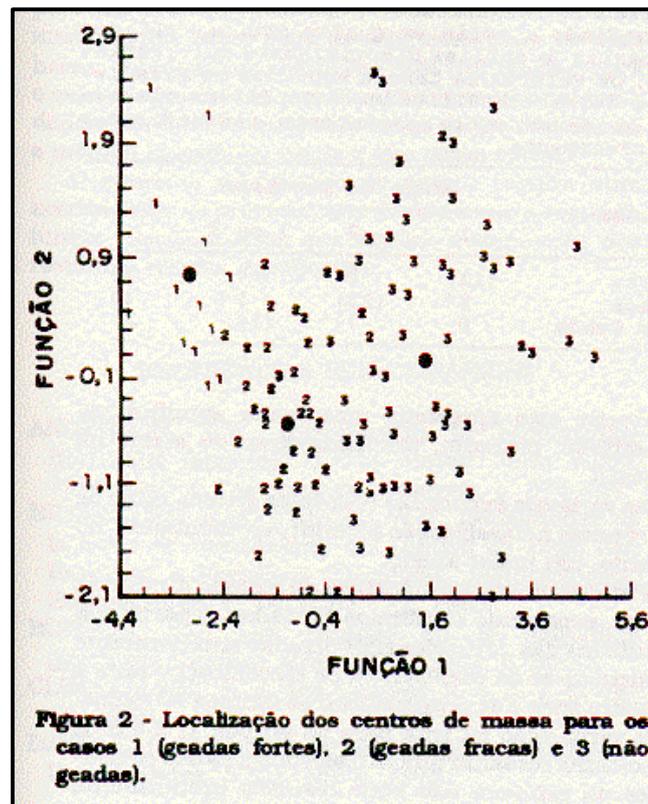
$$V = \left( \frac{-(m-1)(n-g)}{2} \right) \ln I$$

onde  $m$  representa o tamanho da amostra,  $n$  o número de variáveis e  $g$  o número de grupos.

Considera-se que  $V$  está distribuído aproximadamente como chi-quadrado com  $n(g-1)$  graus de liberdade.

Os eixos discriminantes são aqueles que determinam a maior separação entre os grupos eleitos. Isto se logra maximizando a separação das observações entre grupos e dentro dos mesmos. Cada um dos grupos

determina os centróides ou centro de massa que constituem os vetores médios das variáveis climáticas utilizadas, Figura 2.



A quantidade de funções discriminantes é igual a  $g-1$ , onde o primeiro deles maximiza a discriminação entre os distintos grupos e os demais discriminam o resíduo.

A separação explicada por cada um dos eixos está dada pelos autovalores através da expressão:  $(A - \lambda W)k = 0$ , onde  $A$  representa a matriz de covariância entre grupos,  $W$  a matriz de covariância dentro dos grupos,  $\lambda$  o autovalor e  $k$  autovetores.

Com a finalidade de lograr uma interpretação mais fácil dos resultados, utilizou-se um índice descritivo que permite interpretar a importância relativa dos diferentes eixos, dado por:

$$I(I_j) = \frac{I_j}{\sum_{j=1}^r I_j}$$

onde  $r$  representa o número de eixos.

O significado da discriminação pode também ser comprovado através da aproximação da estatística de Barlett (ANDERSON, 1958), cuja expressão é:

$$V = \frac{(m - l - n + g)}{2} \sum_{j=1}^r \ln(1 + I_j)$$

com  $df(j) = (n-j+1) (g(j))$  graus de liberdade, onde  $j$  é o número de eixos.

A eleição das variáveis que melhor discriminam está dada pelos pesos dos coeficientes padronizados das funções discriminantes.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados da Tabela 1 mostram a percentagem explicada para cada uma das funções discriminantes (eixos discriminantes) e seu nível de significância através do teste de WILKS - LAMBDA (GREEN, 1978).

Considerando os dados dos dias prévios ao evento obteve-se as variáveis que apresentaram um maior peso na discriminação e que, portanto, melhor permitiram a realização de uma previsão. Estas foram a temperatura mínima, a nebulosidade (em décimos) medida as 24 h e a temperatura de bulbo úmido das 18 e 24 h.

Observa-se que foram classificados corretamente 101 das 117 situações analisadas, não prognosticando corretamente somente uma geada fraca e dando 10 falsos alarmes, (Tabela 1).

**Tabela 1 - Classificação da previsão de geada, obtida a partir da análise discriminante multivariada. Os valores na tabela seguidos de asterisco foram classificados como falsos alarmes e os dados entre parênteses classificados corretamente.**

Geadas	Grupo de previsão			Total
	1	2	3	
Forte	(13)	0	0	13
Fraca	4*	(35)	1*	40
Não Geada	0	11*	(53)	64

Mesmo sendo altamente satisfatórios estes resultados, as previsões acima são para um período muito curto. Assim, realizou-se uma nova classificação, descartando os dados das 24 h, com o objetivo de aumentar o tempo de previsão, possibilitando ao agricultor tomar providências no caso da ocorrência deste fenômeno. Neste caso as variáveis que apresentaram um maior peso na discriminação, foram a nebulosidade e a umidade relativa do ar observadas as 18 h, assim como a temperatura mínima do dia.

Os dados da Tabela 2 mostram que a eficiência desta previsão, não melhorou a classificação anterior,

mas possibilitou um maior tempo para o agricultor tomar medidas de proteção à sua produção.

Com o objetivo de tentar melhorar ainda mais a previsão de geadas dividiu-se a série original em quatro subséries. Para este estudo o conjunto de dados correspondente ao grupo não geada foi dividido em dois subgrupos, levando em consideração o valor da temperatura mínima, da nebulosidade e da intensidade do vento.

Na Tabela 3 encontra-se a classificação, utilizando o terceiro eixo de classificação. Pode-se observar que o terceiro eixo apresenta uma maior significância permitindo, portanto, um maior grau de acerto na previsão.

As variáveis explicadas com estes grupos estão de acordo com a classificação anterior, apresentando, no entanto, um maior acerto.

**Tabela 2 - Classificação da previsão de geadas utilizando dados das 18h e temperatura mínima, obtidos a partir da análise discriminante multivariada. Os valores seguidos de asteriscos foram classificados como falsos alarmes e os dados entre parênteses classificados corretamente.**

Geadas	Grupo de previsão			Total
	1	2	3	
Forte	(13)	0	0	13
Fraca	1*	(37)	2*	40
Não Geada	0	12*	(52)	64

Para verificar a significância do método dividiu-se a série, separando os últimos 40 dados. A partir dos resultados das previsões encontradas anteriormente recalculou-se os coeficientes de classificação para a primeira série e se prognosticou os últimos 40 dados. Esta verificação foi feita para os grupos 1, 2 e 3. É importante ressaltar que as classificações dos coeficientes da primeira subsérie resultou praticamente idêntica aos coeficientes da série original. Os resultados foram: 33 eventos classificados corretamente, uma geada fraca classificada como geada forte e dois casos de falsos alarmes.

A Tabela 4 mostra a previsão que se realizou para às 18 h, com um grau de acerto altamente satisfatório.

Recomenda-se estudar este modelo para outros conjuntos de dados, de outras estações, com o objetivo de estabelecer uma base mais sólida para a utilização do mesmo.

**Tabela 3 - Classificação da previsão de geadas, dividindo a série em quatro grupos, obtidos a partir da análise discriminante multivariada. Os valores na tabela seguidos de asteriscos foram classificados como falsos alarmes e os dados entre parêntesis classificados corretamente.**

Geadas	Grupo de previsão			Total
	1	2	3 ou 4	
Forte	(13)	0	0	13
Fraca	5*	(32)	2*	40
Não Geada	0	7*	(16)	20

**Tabela 4 - Classificação da previsão de geadas, utilizando dados das 18h e a temperatura mínima obtida através da análise discriminante multivariada. Os valores na tabela seguidos de asteriscos foram classificados como falsos alarmes e os dados entre parêntesis classificados corretamente.**

Geadas	Grupo de previsão			Total
	1	2	3	
Forte	(5)	0	0	5
Fraca	1*	(12)	2*	15
Não Geada	0	4*	(16)	20

## CONCLUSÃO

Os resultados obtidos pelo modelo de previsão mostram um grau de acerto altamente satisfatório para um prazo de previsão de 6 a 12 horas, aproximadamente. Tanto para às seis como para as doze horas,

obtem-se um acerto de 100% (ver tabelas) para o caso das geadas fortes. Para doze horas de antecedência, do total de quarenta casos de geadas fracas, o método classificou trinta e oito como certas.

O aumento do número de grupos resulta num acerto maior de previsão, isto devido a que a segunda função discriminante, que explica a separação dos resíduos, resulta significativo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, T.W. Introduction to Multivariate Statistical Analysis. United States: John Wiley, 1958. Cap. 4: Discriminant Analysis. p. 375-420.
- BRYNSZTEIN, S.M., VARGAS, W.M. Sensibilidad de la Serie de Rendimiento del Cultivo de Trigo con Respecto a Variables Climáticas. Meteorológica. Buenos Aires, V. 14, p. 63 - 72, 1983.
- BURGOS, J.J. Las Heladas en la Republica Argentina, Buenos Aires: INTA, 1963, p. 20-36.
- CLIMANÁLISE. S. J. dos Campos, v. 4, n. 7, p. 14-15, 1989.
- DAVIS, C.J. Statistics and Geological Data Analysis. United States: Wiley, 450 p. 1973.
- DER - MEREDITCHIAN, G. Application of the Discriminant Analysis in Meteorology: Statistical Climatology. Amsterdam: Elsevier, 1980. 241 p.
- GLAHN, H.R. Statistical Weather Forecasting. In: A. H. Murphy and R. W. Katz (Editors). .... título da obra? ....Local: editor?, 1985. 345 p.
- GREEN, P.E. Analzing Multivariate Data. The Dryden Press, Ilions, USA: 1978. 340 p.
- NERY, T.J., SELUCHI M., BRYNSZTEIN S. Modelo de Prognóstico Estadístico de Heladas para la Región de Maringá. In: CONGRESSO ARGENTINO DE METEOROLOGIA, VI, Buenos Aires, 1991. Anales ..., Buenos Aires: Sociedade Argentina de Meteorologia, 1991. p. 41-42.
- NORTE, F.A. Características del Viento Zonda en la Región de Cuyo. Buenos Aires: Universidade de Buenos Aires, 1988. 180 p. Tese (doutorado?), Curso de Pós-graduação em Climatologia Sinóptica. Universidade de Buenos Aires, 1988.
- SELUCHI M., NERY T.J. Condiciones Meteorológicas Asociadas a la Ocurrencia de Heladas en la Región de Maringá (Sur de Brasil). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, VII, São Paulo, 1992. Anais ..., São Paulo: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1992. p. 685-688.
- SIERRA, E.M., BRYNSZTEIN, S.M. Wheat Yield Variability in the S.E. of province of Buenos Aires. Agric. For. Meteorol., Amsterdã, v 49, p. 281 - 290, 1990.