

## **VARIABILIDADE DA TEMPERATURA MÍNIMA NO ESTADO DO PARANÁ.**

### **MINIMUM TEMPERATURE VARIABILITY IN THE STATE OF PARANÁ, BRAZIL.**

Jonas Teixeira Nery<sup>1</sup>, Maria Cleide Baldo<sup>2</sup> e Maria de Lourdes Orsini Fernandes Martins<sup>1</sup>

#### **RESUMO**

A partir de 26 séries de temperatura mínima, com dados diários, obtidos junto ao Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Londrina, Estado do Paraná, estudou-se, utilizando o método multivariado de agrupamentos, a caracterização dessas temperaturas no Estado do Paraná. Na obtenção do corte do dendograma (determinação dos grupos homogêneos), buscou-se gerar grupos homogêneos utilizando o relevo do Estado. Foram aplicados ainda, alguns parâmetros estatísticos (média, desvio padrão, coeficiente de variação) para entender os processos geradores desses grupos. Os resultados apresentaram cinco áreas homogêneas de temperatura mínima, sendo que as regiões central e sul do Estado, mostraram as menores temperaturas para o período estudado.

**Palavras-chave:** temperatura mínima, análise de agrupamento, classificação, relevo.

#### **SUMMARY**

Series of daily minimum temperature obtained from IAPAR, State of Paraná, Brazil, were used to perform cluster multivariate analysis for 26 location, aiming at classifying these temperatures in the State of Paraná. To determine the dendogram section or homogeneous clusters different aspects of the relief were used seeking to establish a number of homogeneous clusters with characteristics of each region of the state. Statistical parameters (mean, standard deviation, coefficient of variation) were applied to the resulting clusters in order to understand their generating processes. The results presented five

---

<sup>1</sup> DFI - Universidade Estadual de Maringá - Área de Meteorologia. Avenida Colombo, 5790. CEP 87020-900, Maringá - PR.

<sup>2</sup> DGE - Universidade Estadual de Maringá - Graduada em Geografia. Avenida Colombo, 5790. CEP 87020-900, Maringá - PR

homogeneous areas of minimum temperature and the central and south of the State areas showed the minor temperature for the studied period.

**Key words:** minimum temperature, cluster analysis, classification, relief.

## INTRODUÇÃO

Muitos trabalhos foram realizados estudando a variabilidade da temperatura mínima, por diversos autores, com diferentes metodologias, tais como os de BOLOGNESE (1978), que analisou distribuições de frequência de temperaturas e umidade relativa médias mensais em diferentes meses, na Argentina; PAPETTI & ALMEJUN (1872), que estudaram o comportamento da temperatura no aeroporto de Ejeiza (Buenos Aires - Argentina) e NERY & BRYNSZTEIN (1994), que estudaram a temperatura mínima de Maringá, utilizando análise espectral. Com relação à variabilidade da temperatura, MINETTI & VARGAS (1983), estudaram as flutuações da temperatura média na América do Sul e no hemisfério Sul e KATZ (1988), descreveu um procedimento estatístico para inferir sobre mudanças na variabilidade climática.

A ocorrência de geadas é bastante freqüente no Estado do Paraná, principalmente durante o outono-inverno, causando graves conseqüências para a agricultura. Essas geadas ocorrem em função do deslocamento de massas de ar polar que alteram o balanço regional de energia, propiciando condições para que se verifique a queda da temperatura até o ponto de congelamento da seiva no interior dos tecidos das plantas. Esse processo se torna bastante freqüente no inverno, ocorrendo inclusive no Norte do Estado (GRODZK et al., 1996).

A ocorrência de geadas no sul do Brasil é um fenômeno que vem sendo estudado e a maioria dos trabalhos realizados se referem à análise de casos particulares (HAMILTON & TARIFA, 1978; FORTUNE & KOUSKY, 1983; SATYAMURTY et al., 1990; NERY & BRYNSZTEIN, 1994).

O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo da temperatura mínima no Estado do Paraná, com dados diários, utilizando-se a análise multivariada.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram obtidos junto ao Instituto Agrônômico do Paraná, IAPAR - Londrina, Estado do Paraná. Foram utilizados 26 séries de temperatura mínima, dados diários, período 1978 - 1995 (Tabela 1).

Existem vários métodos de classificação não hierárquicos, como por exemplo os de ANDERSON (1958) e de EVERITT & GRAHAM (1974). Em alguns, há superposição de grupos ou seja, algumas amostras pertencem a mais de um grupo e outros requerem muito tempo de computação.

A análise tipológica (“cluster”) é uma técnica de análise de dados, de caráter classificatório, que tem como finalidade a formação de classes, tipos de grupos, os mais similares possíveis, partindo de um conjunto de dados multivariáveis. Essa técnica baseia-se, principalmente, na obtenção de distâncias (medidas de proximidades entre as séries).

Outras estatísticas básicas foram utilizadas, envolvendo o estudo de média, da variância, da variabilidade relativa e do desvio padrão, para a geração de campos específicos de variabilidade. O coeficiente de variação, que mede a variabilidade relativa de qualquer série temporal, foi obtido para cada mês e para os meses de abril a setembro:  $CV = (\sigma / \bar{T})$ , sendo CV o coeficiente de variação,  $\sigma$  o desvio padrão e  $\bar{T}$  a temperatura mínima média.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela observação sistemática dos diferentes métodos de análise multivariada chegou-se ao método complete linkage, com distância euclidiana. Este método mostrou uma coerência das temperaturas mínimas com aspectos geográficos permitindo estabelecer a classificação dos grupos (foram obtidos cinco grupos homogêneos) dentro do Estado do Paraná. Grupo I: estações 2, 4, 6, 13 e 15; grupo II: 10, 12, 20, 24, 29 e 30; grupo III: 11, 16 e 26; grupo IV: 1, 7, 19, 21, 25 e 27; grupo V: 3, 5, 9, 14, 22 e 31. Os números que aparecem em cada grupo estão de acordo com a classificação apresentada na Figura 1 e na Tabela 1.

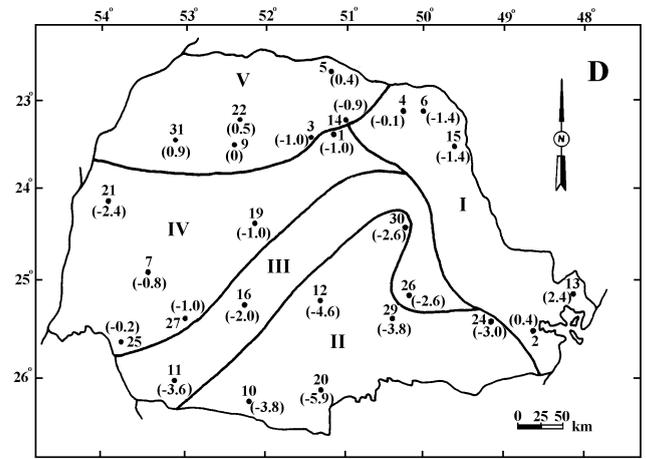
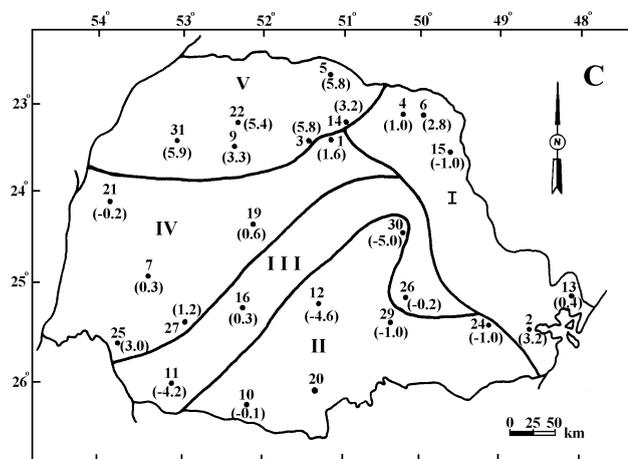
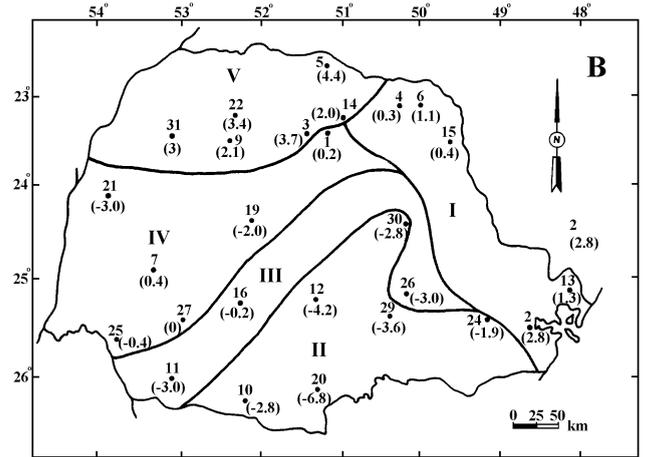
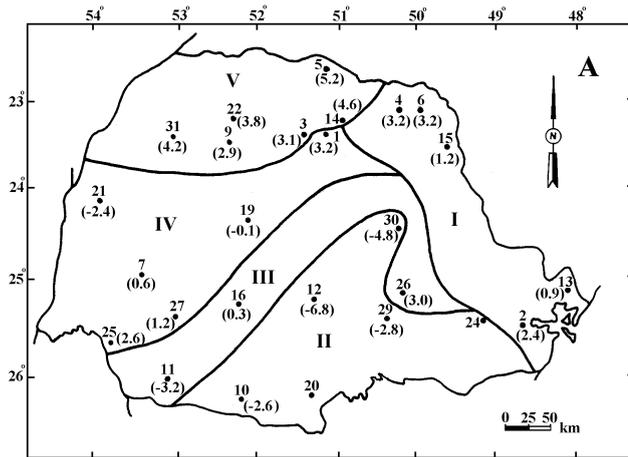
O grupo I abrange a planície costeira, parte norte do primeiro e segundo planaltos e nordeste do terceiro planalto. As maiores elevações são encontradas no Primeiro Planalto, precisamente na Serra do Mar com altitudes superiores a 1.000 metros. Esse grupo abrange as mais diferentes formas de relevo.

O grupo II estende-se desde a Serra do Mar, passando pelo Primeiro e Segundo Planalto e atingindo o Terceiro Planalto na sua porção centro-sul. Por ser uma região serrana, os obstáculos formados por cadeias montanhosas fazem com que os sistemas de ar predominantes, no período de inverno, permaneçam por um período de tempo maior. O ar frio escoar através das linhas de topografia irregular, acumulando-se nos vales que, principalmente à noite, são sensivelmente mais frios.

**Figura 1.** Localização das estações com os respectivos valores de temperaturas mínimas no dia 10/06/1978 (A), no dia 19/06/1981 (B), no dia 02/06/1978 (C) e no dia 26/06/1984 (D).

**Tabela 1.** Estações meteorológicas utilizadas, com suas respectivas latitudes, longitudes, altitudes e período de observação

Estação	Lat (S)	Long (W)	Alt (m)	Período
1 Londrina	23° 22'	51° 10'	585	1978-95
2 Antonina	25° 13'	48° 48'	60	1978-95
3 Apucarana	23° 30'	51° 32'	746	1978-95
4 Bandeirantes	23° 06'	50° 21'	440	1978-95
5 Bela V. Paraíso	22° 57'	51° 12'	600	1978-95
6 Cambará	23° 00'	50° 02'	450	1978-95
7 Cascavel	24° 53'	53° 33'	660	1978-95
9 Cianorte	23° 40'	52° 35'	530	1978-95
10 Clevelândia	26° 25'	52° 21'	930	1978-95
11 F. Beltrão	26° 05'	53° 04'	650	1978-95
12 Guarapuava	25° 21'	51° 30'	1020	1978-95
13 Guaraqueçaba	25° 16'	48° 32'	40	1978-95
14 Ibiporã	23° 16'	51° 01'	484	1978-95
15 Joaquim Távora	23° 30'	49° 57'	512	1978-95
16 Laranjeiras	25° 25'	52° 25'	880	1978-95
19 Nova Cantu	24° 40'	52° 34'	540	1978-95
20 Palmas	26° 29'	51° 59'	1100	1978-95
21 Palotina	24° 18'	53° 55'	310	1978-95
22 Paranavaí	23° 05'	52° 26'	480	1978-95
24 Pinhais	25° 30'	49° 25'	750	1978-95
25 Planalto	25° 42'	53° 47'	400	1978-95
26 Ponta Grossa	25° 13'	50° 01'	880	1978-95
27 Quedas do Iguaçu	25° 31'	53° 01'	513	1978-95
29 Teixeira Soares	25° 27'	50° 35'	893	1978-95
30 Telêmaco Borba	24° 20'	50° 37'	768	1978-95
31 Umuarama	23° 44'	53° 17'	480	1978-95



Na região abrangida pelo grupo III, predomina uma série de patamares devido à sucessão de derrames basálticos, à erosão diferencial e ao desnível de blocos falhados. Esse grupo está inserido numa faixa de transição entre o grupo II e IV, na porção oriental do Terceiro Planalto.

O grupo IV estende-se na porção oeste e sudoeste do Terceiro Planalto, está praticamente em área de basalto, onde as formas de relevo são do tipo patamares e mesetas, apresentando suaves ondulações. As altitudes da área abrangida por esse grupo vão decaindo em sentido ao Vale do Rio Paraná, a oeste do Estado.

O grupo V encontra-se no Terceiro Planalto, na porção norte e noroeste, com predomínio de altitudes entre 300 e 600 metros. Este grupo caracteriza-se por ser uma região de transição (Trópico de Capricórnio), existindo uma grande confluência de energia que interfere no tempo atmosférico e no clima.

O solo é um fator geográfico importante dentro da tipificação realizada, pois o mesmo encontra-se numa área de transição onde predominam solos derivados do arenito caiuíá (Podzólico-Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-escuro) e do basalto (Latossolos-Roxos e Terra-Roxa Estruturada). O processo de absorção da radiação solar é bem maior nesses últimos, em comparação à área onde predominam solos oriundos do arenito caiuíá (ATLAS GEOGRÁFICO DO ESTADO DO PARANÁ, 1987).

Analisando a geomorfologia do grupo V, pode-se concluir que a permanência do ar frio nesta porção não é intenso devido ao próprio relevo ser característico de pequenas ondulações, permitindo o escoamento mais rápido dos sistemas atuantes.

O levantamento da temperatura mais baixa registrada em todo o período e, a partir dessa temperatura utilizando-se a mesma data para compará-la com os dados das demais estações, observou-se que nas estações meteorológicas dos grupos II, III e IV ocorreu um aumento gradativo na temperatura no sentido sudeste-noroeste, ou seja, em direção à calha do rio Paraná (Figuras 1A, 1B, 1C e 1D).

Um dos fatores que explicam esse comportamento é a predominância de fluxos permanentes dos sistemas atuantes no período de inverno, somada a um relevo que vai diminuindo sua altitude nesse sentido (sudeste a noroeste). O aspecto geográfico do relevo também influencia. Constatou-se que os mesmos grupos apresentam diferença de altitude significativa, como Palmas (1100m), Laranjeiras do Sul (880m) e Palotina (310m). Estas estações estão, respectivamente inseridas nos grupos II, III e IV.

No dia 26/06/1994, todas as estações do Estado do Paraná registraram temperaturas mínimas do ar (abrigo) negativa devido à entrada de uma massa de ar frio intensa sobre o sul do país, tendo a trajetória totalmente continental, o que favoreceu sua intensificação durante o deslocamento (CLIMANÁLISE,1994).

Na Tabela 2, encontraram-se os números de dias com temperaturas mínimas inferiores a 0°C. Observa-se que a região sul do Estado (grupo II, III e IV) apresentou uma quantidade significativa de dias frios, com temperaturas inferiores a 0°C, no período estudado.

Na Tabela 3, pôde-se observar, de modo geral, que esses grupos apresentaram uma variabilidade relativa significativa ou seja, as temperaturas mínimas variaram de valores negativos a valores positivos, no período de inverno (abril a setembro), principalmente, com relativa frequência. A exemplo disso as estações de Palmas e Guarapuava (grupo II), Francisco Beltrão (grupo III) e Palotina (grupo IV), apresentaram maior amplitude das temperaturas mínimas neste período, dentro dos 18 anos analisados. Já os locais do grupo V apresentaram baixa variabilidade representando assim uma menor amplitude das temperaturas mínimas.

Em todas as figuras apresentadas (Figuras 1A a 1D), pode-se observar um gradiente de temperatura mínima de sudeste para noroeste, com valores mais altos nos locais do grupo II (sudeste) e valores mais baixos nos locais do grupo IV (noroeste), da região estudada.

O coeficiente de variação da temperatura mínima mensal para cada estação, no período de abril a setembro, apresentou uma maior variabilidade para aquelas estações dos grupos II, III e IV. Nas estações do grupo V, essa variabilidade foi significativamente menor e naquelas do grupo I não foi homogênea, sendo de 0,43 (valor máximo) e 0,24 (valor mínimo). Além da falta de dados desse grupo, esse fato se explica devido a porção nordeste do mesmo pertencer a uma zona de transição climática onde a influência do sistema tropical atlântico advecta ar úmido e frio para o continente (Figura 2).

**Tabela 2.** Número de ocorrência de temperaturas abaixo de 0°C para o período de 1978-1995.

Localidade	Nº de dias
Palmas	125
Guarapuava	72
Clevelândia	63
Pinhais	48
Teixeira Soares	47
Telemaco Borba	46
Ponta Grossa	43
Palotina	38
Francisco Beltrão	35
Laranjeiras do Sul	30
Cascavel	19
Nova Cantu	13
Joaquim Tavora	11
Planalto	08
Quedas	06
Cambará	06
Bandeirantes	05
Apucarana	02
Londrina	02
Bela Vista do Paraíso	01
Ibiporã	01

## CONCLUSÕES

**Tabela 3.** Média mensal (a) e respectivos coeficiente de variação (b) para algumas séries de temperatura mínima do Estado do Paraná. Antonina, Cambará e Guaraqueçaba, são estações do grupo I, Guarapuava e Palmas do grupo II, Francisco Beltrão do grupo III, Londrina e Palotina do grupo IV e Apucarana do grupo V.

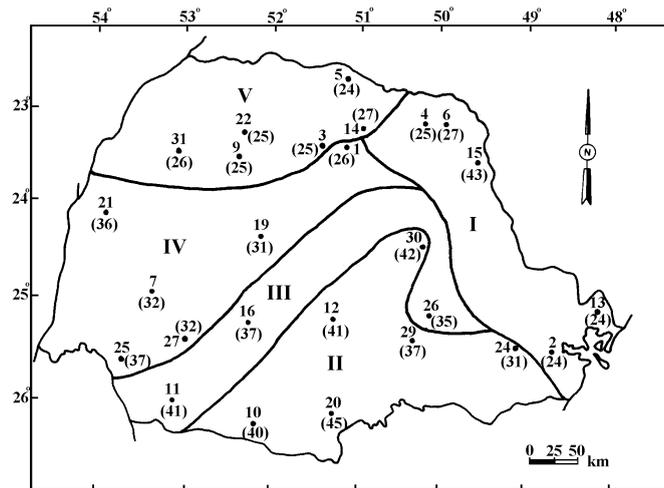
Local		Jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	Set	out	nov	dez
Antonina	(a)	20,2	20,4	19,7	17,8	15,0	12,5	12,2	9,50	18,4	16,3	18,1	10,1
	(b)	0,10	0,08	0,10	0,13	0,20	0,27	0,26	0,40	0,19	0,15	0,13	48,9
Apucarana	(a)	19,3	19,4	18,8	7,1	15,1	12,6	13,2	14,6	16,3	18,2	17,8	18,6
	(b)	0,09	0,12	0,10	0,15	0,20	0,27	0,31	0,29	0,24	0,17	0,14	0,10
Cambará	(b)	19,8	19,9	18,9	16,8	14,1	11,7	11,4	12,6	14,5	17,0	18,5	19,5
	(b)	0,09	0,08	0,10	0,16	0,24	0,32	0,31	0,27	0,20	0,16	0,13	0,09
Francisco Beltrão	(a)	18,5	18,2	16,50	14,3	10,9	9,10	9,20	10,2	11,8	14,4	16,0	0,13
	(b)	0,11	0,12	,15	0,24	0,39	0,50	0,51	0,39	0,32	0,22	0,18	17,7
Guarapuava	(a)	16,4	16,4	15,5	13,3	10,1	8,50	8,30	9,30	10,6	12,9	14,2	15,7

A classificação obtida pela análise de agrupamentos permite a obtenção de cinco grupos homogêneos de temperaturas mínimas, para o Estado do Paraná. A caracterização devido a aspectos geográficos mostra uma coerência com a geomorfologia do Estado, na constituição dos grupos, com exceção do grupo I.

As temperaturas mínimas mais baixas do Estado são registradas nas estações incluídas dos grupos II, III e IV, no período de abril a setembro, com gradiente de temperatura diminuindo no sentido sudeste a noroeste, ocorrendo nos locais do grupo V as mínimas mais elevadas.

As estações que apresentam um número maior de ocorrências de temperaturas abaixo de zero são as pertencentes aos grupos II e III (região sul e centro-sul do Estado).

As estações do grupo I não apresentam uma característica específica em nenhum dos parâmetros estatísticos aplicados, devido ao fato desse agrupamento abranger a porção leste e nor-deste onde a região não se apresenta homogênea.



**Figura 2.** Localização das estações com os respectivos coeficientes de variação da temperatura mínima para o Estado do Paraná, no período de abril a setembro, 1978-1995. Os valores, entre parêntesis, são valores percentuais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, T.W. **An Introduction to Multivariate Statistical Analysis**, New York : John Wiley, 1958. 312 p.
- ATLAS GEOGRÁFICO DO ESTADO DO PARANÁ. Curitiba : Secretaria do Estado da Agricultura e do Abastecimento/Instituto de Terras, Cartografias e Florestas, 1987. 73 p.
- BOLOGNESE, E. Análisis de criterios para clasificar con respecto a la normal datos de temperatura media mensual aplicada a las series de la República Argentina. **Meteorológica**, Buenos Aires, v. 2, n. 1, p. 300-330, 1971.
- EVERITT, B.S, GRAHAM, D. **Applied Multivariate Data Analysis**. Edward Arnold, USA : British Library Cataloguing in Publication Data, 1991. 400 p.
- CLIMANÁLISE. **Boletim de monitoramento e análise climática**, São José dos Campos, v. 9, n. 6, p. 25, 1994.
- FORTUNE, M.A, KOUSKY, V.E. Two Severe Freezes in Brazil: Precursor and Synoptic Evolution. **Monthly Weather Review**, Washington, v. 111, n. 1, p. 181-196, 1983.
- GRODZK, L., CARAMORI, P.H., BOOTSMA, A., et al. Riscos de ocorrência de geada no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 93-99, 1996.

- HAMILTON, G.M., TARIFA. R.J. Synoptic Aspects of a Polar Outbreak Leading to Frost in Tropical Brazil, July 1972. **Monthly Weather Review**, Washington, v. 106, n. 1, p. 1545-1556, 1978.
- KATZ, R. Statistical Procedures for Making Inferences About Climate Variability. **J. Climate**, Boston, v. 1, n. 1, p. 1057-1064, 1988.
- MINETTI, J., VARGAS, W. El enfriamiento de la década del 50 en la República Argentina. **Meteorológica**, Buenos Aires, v. 14, n. 1/2, p. 230-248, 1983.
- NERY, J.T., BRYNSZTEIN, S. Variabilidade da temperatura mínima de Maringá: máxima entropia. **Revista UNIMAR**. Maringá, v. 16, n. 3, p. 539-553, 1994.
- PAPETTI, E., ALMEJUN, B. Contribución al conocimiento del régimen térmico de Ejeiza. **Meteorológica**, Buenos Aires, v. 3, n. 1, p. 180-198, 1972.
- SATYAMURTY, P., ETCHICHURY, P.C., STUDZINSKI, C., et al. A primeira friagem de 1990: uma descrição sinótica. **Climanálise**. São José dos Campos, v. 5, n. 5, p. 43-51, 1990.