

# ANÁLISE DECADAL DA TEMPERATURA DO AR NO ESTADO RIO GRANDE DO SUL

ALBERTO CARGNELUTTI FILHO<sup>1</sup>, RONALDO MATZENAUER<sup>2</sup>, JAIME RICARDO TAVARES MALUF<sup>3</sup>, DENISE CYBIS FONTANA<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, Doutor, Prof. Adjunto, Depto. de Estatística, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre - RS, Fone: (0 xx 51) 3308 6225, cargnelutti@ufrgs.br.

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, Doutor, Pesquisador da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária, FEPAGRO, Porto Alegre, RS. Bolsista do CNPq.

<sup>3</sup> Eng. Agrônomo, Mestre, Pesquisador da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária, FEPAGRO, Porto Alegre - RS.

<sup>4</sup> Eng. Agrônoma, Doutora, Profª. Adjunta, Depto. de Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre - RS.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia - 02 a 05 de julho de 2007 - Aracaju - SE

**RESUMO:** Com o objetivo de investigar a variabilidade e possíveis tendências das temperaturas mínima, máxima e média do ar trimestrais foram avaliados dados de 37 localidades do Estado do Rio Grande do Sul, durante sete décadas do período de 1931 a 2000. Houve variabilidade das temperaturas mínima, máxima e média do ar trimestral entre os locais e entre as décadas em alguns trimestres. As décadas de 60, 70 e 80 apresentaram temperaturas médias superiores às temperaturas das décadas de 30, 40, 50 e 90.

**PALAVRAS-CHAVE:** temperatura do ar, variabilidade temporal e espacial, tendências climáticas.

## DECADAL ANALYSIS OF THE AIR TEMPERATURE IN RIO GRANDE DO SUL STATE, BRAZIL

**ABSTRACT:** The objective of this work was to investigate the variability and possible trends of the minimum, maximum and average quarterly air temperature. Data used of the 37 locations of the Rio Grande do Sul State, Brazil. It was collected 1931 the 2000 data were collected during seven decades of the period of 1931 to 2000. It had variability of the minimum, maximum and average quarterly air temperature between the locations and decades in some trimesters. The decades of 60, 70 and 80 had presented superior average air temperatures to the temperatures of the decades of 30, 40, 50 and 90.

**KEYWORDS:** air temperature, spatial and temporal variability, climatic trends.

**INTRODUÇÃO:** Séries temporais possibilitam estudar possíveis mudanças que possam estar ocorrendo em uma determinada variável. Assim, a avaliação de séries temporais é importante instrumento para, através do comportamento passado, avaliar tendências futuras, especialmente no momento em que tantas especulações estão sendo feitas sobre mudanças climáticas. No Estado do Rio Grande do Sul, a temperatura do ar foi objeto de estudos de identificação de regiões homogêneas (DINIZ et al., 2003) e de estimativas de probabilidade usando funções de distribuição de probabilidade teóricas (ESTEFANEL et al., 1995; MOTA et al., 1999). Além destes, aplicações de estudos de probabilidade em cultivos agrícolas (ESTEFANEL et al., 1994), e específicos para as culturas do feijão (CARGNELUTTI FILHO et al., 2005) e do arroz irrigado (MOTA et al., 1999; STEINMETZ et al., 2003) têm sido realizados. Ainda, o tamanho de amostra para estimativa de temperatura mínima

(CARGNELUTTI FILHO et al., 2006a) e temperatura máxima do ar (CARGNELUTTI FILHO et al., 2006b) tem sido investigado. Porém, estudos de séries temporais de temperatura do ar, visando identificar possíveis tendências, são pouco conhecidos no Estado do Rio Grande do Sul.

Assim, o objetivo deste trabalho foi investigar a variabilidade e possíveis tendências das temperaturas mínima, máxima e média do ar trimestrais, de 37 localidades do Estado do Rio Grande do Sul, durante sete décadas do período de 1931 a 2000.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Os dados de temperatura mínima e máxima do ar das 37 estações agrometeorológicas, oriundos de locais do Estado do Rio Grande do Sul (Tabela 1), foram obtidos do Banco de Dados do Centro de Meteorologia Aplicada, da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária - Fepagro/SCT-RS e do 8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Os dados foram coletados no período de 1931 a 2000, totalizando 70 anos de observações.

Tabela 1 - Região ecoclimática, altitude, latitude, longitude dos locais avaliados no estudo.

Local	Altitude (m)	Latitude (°)	Longitude (°)	Local	Altitude (m)	Latitude (°)	Longitude (°)
Alegrete	130	-29,8092	-55,8486	Porto Alegre	10	-30,0310	-51,2220
Bagé	175	-31,3940	-53,9256	Rio Grande	5	-32,0017	-52,2991
Bento Gonçalves	635	-29,1641	-51,5336	Santa Maria	125	-29,6652	-53,9098
Bom Jesus	1047	-28,6678	-50,4167	Santana do Livramento	205	-30,8721	-55,4334
Caçapava do Sul	450	-28,6690	-53,4890	Santa Rosa	330	-27,8589	-54,4448
Cachoeira do Sul	75	-30,0460	-52,8940	Santa Vitória do Palmar	5	-33,5210	-53,3630
Caxias do Sul	840	-29,1420	-50,9868	Santiago	439	-29,1833	-54,8861
Cruz Alta	430	-28,6031	-53,6729	Santo Angelo	285	-28,2673	-54,2696
Encruzilhada do Sul	410	-30,5527	-52,4068	São Borja	90	-28,6929	-55,9614
Farrroupilha	680	-29,2023	-51,3350	São Francisco de Paula	922	-29,3333	-50,5225
Guaporé	472	-28,9289	-51,9125	São Gabriel	120	-30,3353	-54,2626
Ijuí	280	-28,4377	-54,0039	São Luiz Gonzaga	251	-28,3980	-54,9720
Iraí	227	-27,1960	-53,2340	Tapes	5	-30,8333	-51,5833
Júlio de Castilhos	490	-29,1762	-53,6887	Taquari	65	-29,7911	-51,8270
Lagoa Vermelha	807	-28,4260	-51,5980	Torres	43	-29,3430	-49,7280
Osório	25	-29,6601	-50,2125	Uruguaiana	80	-29,8395	-57,0811
Palmeira das Missões	634	-27,8990	-53,4460	Vacaria	915	-28,4536	-50,9465
Passo Fundo	690	-28,2264	-52,4030	Veranópolis	705	-28,8884	-51,5422
Pelotas	7	-31,7500	-52,3500				

Em cada local, com os dados diários, calculou-se a média mensal dos 12 meses do ano, obtendo-se, a temperatura mínima do ar média mensal ( $T_{MIN}$ ) e a temperatura máxima do ar média mensal ( $T_{MAX}$ ). Após, calculou-se a temperatura média do ar média mensal ( $T_{MED}$ ) pela expressão:  $T_{MED} = (T_{MIN} + T_{MAX})/2$ .

Calculou-se, também, em cada local e ano a média de  $T_{MIN}$ ,  $T_{MAX}$  e  $T_{MED}$  para quatro trimestres do ano. Os trimestres foram divididos da seguinte forma: primeiro trimestre: meses de janeiro, fevereiro e março (JFM); segundo trimestre: abril, maio e junho (AMJ); terceiro trimestre: julho, agosto e setembro (JAS) e; quarto trimestre: outubro, novembro e dezembro (OND).

Após, em cada local, para as 12 variáveis (combinação das 3 temperaturas -  $T_{MIN}$ ,  $T_{MAX}$  e  $T_{MED}$  - com os 4 trimestres - JFM, AMJ, JAS e OND), dividiu-se o período 1931-2000 em sete décadas (década 30 - período de 1931 a 1940; década 40 - período de 1941 a 1950; década 50 - período de 1951 a 1960; década 60 - período de 1961 a 1970; década 70 - período de 1971 a 1980; década 80 - período de 1981 a 1990 e década 90 - período de 1991 a 2000) e calculou-se a média de cada década. Assim, nesse estudo, por exemplo, as variáveis  $T_{MIN-JFM}$ ,  $T_{MIN-AMJ}$ ,  $T_{MIN-JAS}$ ,  $T_{MIN-OND}$ , representam, respectivamente, a temperatura mínima do ar média dos trimestres JFM, AMJ, JAS e OND, em cada uma das décadas. As demais variáveis são:  $T_{MAX-JFM}$ ,  $T_{MAX-AMJ}$ ,  $T_{MAX-JAS}$ ,  $T_{MAX-OND}$ ,  $T_{MED-JFM}$ ,  $T_{MED-AMJ}$ ,  $T_{MED-JAS}$  e  $T_{MED-OND}$ .

Dessa forma, obteve-se uma matriz de dados com 259 linhas (37 locais x 7 décadas) e 12 variáveis respostas ( $T_{\text{MIN-JFM}}$ ,  $T_{\text{MIN-AMJ}}$ ,  $T_{\text{MIN-JAS}}$ ,  $T_{\text{MIN-OND}}$ ,  $T_{\text{MAX-JFM}}$ ,  $T_{\text{MAX-AMJ}}$ ,  $T_{\text{MAX-JAS}}$ ,  $T_{\text{MAX-OND}}$ ,  $T_{\text{MED-JFM}}$ ,  $T_{\text{MED-AMJ}}$ ,  $T_{\text{MED-JAS}}$  e  $T_{\text{MED-OND}}$ ). Essas variáveis foram submetidas à análise de variância e teste F a 5% de probabilidade considerando locais e décadas de efeito fixo. As médias do efeito principal de décadas foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Independentemente da década, houve efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) em relação às temperaturas mínima, máxima e média nos quatro trimestres (Tabelas 2, 3 e 4). Esses resultados evidenciam variabilidade espacial da temperatura do ar no Estado do Rio Grande do Sul e concordam com CARGNELUTTI FILHO et al. (2006a e 2006b).

Houve efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) de décadas nos quatro trimestres do ano, evidenciando diferenças entre a temperatura mínima (Tabela 2).

O teste de Scott-Knott separou as décadas em 3, 2, 2 e 3 grupos, respectivamente, para os trimestres JFM, AMJ, JAS e OND. No entanto, de maneira geral, as décadas de 30, 40 e 50 apresentaram temperatura mínima do ar menor quando comparadas às décadas de 60, 70 e 80. Na década de 90 os valores de temperatura mínima do ar diminuíram aproximando-se dos valores das décadas de 30, 40 e 50 (Tabela 2). Então, é possível inferir que houve mudança da temperatura mínima nesse período.

Nos trimestres com maior temperatura mínima (JFM e OND) constatou-se maior amplitude das médias quando comparadas aos demais trimestres (AMJ e JAS).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância da temperatura mínima do ar média trimestral de janeiro, fevereiro e março ( $T_{\text{MIN-JFM}}$ ), de abril, maio e junho ( $T_{\text{MIN-AMJ}}$ ), de julho, agosto e setembro ( $T_{\text{MIN-JAS}}$ ) e de outubro, novembro e dezembro ( $T_{\text{MIN-OND}}$ ), observada em 37 locais do Estado do Rio Grande do Sul durante sete décadas (período de 1931-2000), e teste de Scott-Knott.

Fonte de variação	Pr>F				
	$T_{\text{MIN-JFM}}$	$T_{\text{MIN-AMJ}}$	$T_{\text{MIN-JAS}}$	$T_{\text{MIN-OND}}$	
Locais (GL = 36)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
Décadas (GL = 6)	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	
Coeficiente de Variação (%)	2,61	4,00	4,82	4,07	
Teste de Scott-Knott					
Década	$T_{\text{MIN-JFM}}$	$T_{\text{MIN-AMJ}}$	$T_{\text{MIN-JAS}}$	$T_{\text{MIN-OND}}$	Média
30	17,17 c	11,04 b	9,37 b	14,25 c	12,96
40	17,39 c	10,97 b	9,53 b	14,41 c	13,08
50	17,60 b	11,00 b	9,77 a	14,74 b	13,28
60	17,86 a	11,34 a	9,91 a	14,96 a	13,52
70	17,98 a	11,31 a	9,89 a	15,18 a	13,59
80	17,65 b	11,33 a	9,54 b	15,00 a	13,38
90	17,34 c	11,13 b	9,42 b	14,50 c	13,10
Média	17,57	11,16	9,63	14,72	13,27
Amplitude das médias	0,81	0,37	0,54	0,92	0,63

\* Médias não seguidas de mesma letra diferem pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de significância.

Em relação à temperatura máxima, houve efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) de décadas nos trimestres JFM, JAS, OND, o que mostra diferenças significativas entre as médias de décadas. Nesses três trimestres houve a formação de dois grupos pelo teste de Scott-Knott (Tabela 3).

A temperatura máxima nos trimestres JFM e JAS foi menor nas décadas de 50, 60, 70 e 80 quando comparadas às décadas de 30, 40 e 90. No trimestre AMJ, apesar de não haver diferença significativa entre as décadas houve comportamento similar aos trimestres JFM e JAS. No trimestre OND o comportamento não foi o mesmo dos demais trimestres. Esses resultados, de maneira geral, indicam que a temperatura máxima no Estado do Rio Grande do

Sul nas décadas de 50, 60, 70 e 80 foi menor (média das 4 décadas = 23,91 °C) que a temperatura das décadas de 30, 40 e 90 (média das 3 décadas = 24,08 °C).

A temperatura máxima, portanto, comportou-se inversamente proporcional a temperatura mínima, ou seja, décadas com maior temperatura mínima apresentaram menor temperatura máxima e vice-versa.

As amplitudes de variação da temperatura máxima (Tabela 3) foram de magnitude inferior às amplitudes de variação da temperatura mínima (Tabela 2). Portanto, é esperado que a temperatura média tenha comportamento mais próximo ao comportamento da temperatura mínima.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância da temperatura máxima do ar média trimestral de janeiro, fevereiro e março ( $T_{MAX-JFM}$ ), de abril, maio e junho ( $T_{MAX-AMJ}$ ), de julho, agosto e setembro ( $T_{MAX-JAS}$ ) e de outubro, novembro e dezembro ( $T_{MAX-OND}$ ), observada em 37 locais do Estado do Rio Grande do Sul durante sete décadas (período de 1931-2000), e teste de Scott-Knott.

Fonte de variação	Pr>F				
	$T_{MAX-JFM}$	$T_{MAX-AMJ}$	$T_{MAX-JAS}$	$T_{MAX-OND}$	
Locais (GL = 36)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
Décadas (GL = 6)	0,0010	0,2692	0,0000	0,0162	
Coeficiente de Variação (%)	1,73	2,04	1,88	1,74	
Teste de Scott-Knott					
Década	$T_{MAX-JFM}$	$T_{MAX-AMJ}$	$T_{MAX-JAS}$	$T_{MAX-OND}$	Média
30	28,75 a	21,42 a	20,15 a	26,12 b	24,11
40	28,74 a	21,31 a	20,06 a	26,15 b	24,06
50	28,50 b	21,18 a	19,87 b	25,98 b	23,88
60	28,32 b	21,26 a	19,79 b	26,02 b	23,85
70	28,50 b	21,19 a	19,78 b	26,16 b	23,91
80	28,53 b	21,29 a	19,84 b	26,37 a	24,01
90	28,70 a	21,33 a	20,04 a	26,18 b	24,07
Média	28,58	21,28	19,93	26,14	23,98
Amplitude das médias	0,43	0,24	0,37	0,40	0,26

\* Médias não seguidas de mesma letra diferem pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de significância.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância da temperatura média do ar média trimestral de janeiro, fevereiro e março ( $T_{MED-JFM}$ ), de abril, maio e junho ( $T_{MED-AMJ}$ ), de julho, agosto e setembro ( $T_{MED-JAS}$ ) e de outubro, novembro e dezembro ( $T_{MED-OND}$ ), observada em 37 locais do Estado do Rio Grande do Sul durante sete décadas (período de 1931-2000), e teste de Scott-Knott.

Fonte de variação	Pr>F				
	$T_{MED-JFM}$	$T_{MED-AMJ}$	$T_{MED-JAS}$	$T_{MED-OND}$	
Locais (GL = 36)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
Décadas (GL = 6)	0,0191	0,0880	0,1321	0,0000	
Coeficiente de Variação (%)	1,42	2,13	2,05	2,04	
Teste de Scott-Knott					
Década	$T_{MED-JFM}$	$T_{MED-AMJ}$	$T_{MED-JAS}$	$T_{MED-OND}$	Média
30	22,96 b	16,23 a	14,76 a	20,19 b	18,53
40	23,07 b	16,14 a	14,80 a	20,28 b	18,57
50	23,05 b	16,09 a	14,82 a	20,36 b	18,58
60	23,09 b	16,30 a	14,85 a	20,49 a	18,68
70	23,24 a	16,25 a	14,84 a	20,67 a	18,75
80	23,09 b	16,31 a	14,69 a	20,69 a	18,69
90	23,02 b	16,23 a	14,73 a	20,34 b	18,58
Média	23,07	16,22	14,78	20,43	18,63
Amplitude das médias	0,28	0,22	0,16	0,50	0,21

\* Médias não seguidas de mesma letra diferem pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de significância.

Em relação à temperatura média houve efeito de décadas ( $P \leq 0,05$ ) nos trimestres JFM e OND (trimestres mais quentes) (Tabela 4). No trimestre JFM a década de 70 apresentou temperatura superior às demais décadas, enquanto que no trimestre OND as décadas de 60, 70 e 80 apresentaram médias superiores às médias das décadas (30, 40, 50 e 90). Por outro lado, apesar de não haver efeito significativo ( $P > 0,05$ ) entre as médias das décadas, os trimestres

AMJ e JAS, apresentaram comportamento similar, ou seja, as décadas de 60, 70 e 80 apresentaram valores mais altos de temperatura. Então, considerando todos os trimestres, as décadas de 60, 70 e 80 apresentaram temperaturas superiores às demais décadas.

A temperatura média das décadas de 30, 40, 50 foi 18,58 °C, de 60, 70 e 80 foi 18,71 °C e de 90 foi 18,58 °C. Assim, parece haver uma tendência de as duas próximas décadas apresentarem valores em torno de 18,58 °C. No entanto, isso não é uma afirmativa, pois há necessidade de estudos detalhados sobre o assunto. A abordagem desse estudo é ampla e mostra uma visão geral do Estado do Rio Grande do Sul, não contemplando as possíveis particularidades que possam existir. Então, há necessidade de em próximos estudos, investigar a tendência em nível de meses, locais e ou regiões ecoclimáticas.

**CONCLUSÕES:** No período de 1931 a 2000 houve variabilidade das temperaturas mínima, máxima e média do ar trimestral entre os locais e entre as décadas em alguns trimestres.

As décadas de 60, 70 e 80 apresentaram temperaturas médias superiores às temperaturas das décadas de 30, 40, 50 e 90.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem aos pesquisadores, técnicos, observadores meteorológicos, estagiários e demais pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho. Ao 8º DISME/INMET e à FEPAGRO pelos dados.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Temperaturas máximas prejudiciais ao feijoeiro no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, p.1019-1026, 2005.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Variabilidade temporal e espacial do tamanho de amostra da temperatura mínima do ar no Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, p.1156-1163, 2006a.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Variabilidade temporal e espacial do tamanho de amostra para a estimativa das médias mensais de temperatura máxima do ar no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Piracicaba, v.14, p.76-84, 2006b.

DINIZ, G.B. et al. Identificação de regiões homogêneas de temperaturas máxima e mínima do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.11, p.303-312, 2003.

ESTEFANEL, V. et al. Estimativa da duração da temperatura do ar acima de determinados níveis térmicos em Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.3, p.121-127, 1995.

ESTEFANEL, V. et al. Probabilidade de ocorrência de temperaturas máximas do ar prejudiciais aos cultivos agrícolas em Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.2, p.57-63, 1994.

MOTA, F.S. et al. Probabilidade de ocorrência de dias com temperaturas iguais ou superiores a 35°C no florescimento do arroz no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, p.147-149, 1999.

STEINMETZ, S. et al. Probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas do ar durante o período reprodutivo do arroz irrigado, na metade norte do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.11, n.1, p.107-121, 2003.