



# Revista Brasileira de Geografia Física



Homepage: [www.ufpe.br/rbgfe](http://www.ufpe.br/rbgfe)

## Tendências climáticas das temperaturas do ar no estado do Rio Grande do Sul, Sul do Brasil<sup>1</sup>

Ana Paula Assumpção Cordeiro<sup>1</sup>; Moacir Antonio Berlato<sup>2</sup>; Denise Cybis Fontana<sup>3</sup>; Rita de Cássia Marques Alves<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Dra. pelo Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, UFRGS, Porto Alegre, RS, Autor Correspondente: [apacufrgs@yahoo.com.br](mailto:apacufrgs@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Dr., Professor Aposentado da Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS, [moacir.berlato@ufrgs.br](mailto:moacir.berlato@ufrgs.br)

<sup>3</sup> Dra., Professora no Programa de Pós-graduação em Fitotecnia e no Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, UFRGS, Porto Alegre, RS, [dfontana@ufrgs.br](mailto:dfontana@ufrgs.br)

<sup>4</sup> Dra., Professora no Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, UFRGS, Porto Alegre, RS, [rita.cma@terra.com.br](mailto:rita.cma@terra.com.br)

Artigo recebido em 13/05/2016 e aceito em 29/07/2016

### RESUMO

A temperatura média global (continente e oceano) da superfície mostra um aquecimento linear de 0,85 (0,65 a 1,06) °C no período 1880-2012. Com a hipótese de que as tendências climáticas observadas em escala global estejam, também, ocorrendo no sul do Brasil, o objetivo deste trabalho foi analisar, temporal e espacialmente, as tendências climáticas, anuais e estacionais, da temperatura mínima do ar, temperatura máxima do ar e temperatura média do ar no Estado do Rio Grande do Sul, bem como discutir possíveis causas. Espera-se que essas informações possam subsidiar pesquisadores em diversas áreas de atividade, especialmente na agricultura. Para tal foram utilizados dados mensais do período de 1950 a 2009, de 14 estações meteorológicas, obtidos no 8º Distrito Meteorológico - Instituto Nacional de Meteorologia. Neste período de sessenta anos, as três temperaturas apresentaram tendência de aumento nas quatro estações de ano e no caso anual, exceto a temperatura máxima no verão, que apresentou tendência de redução. A tendência de aumento das três temperaturas foi mais fraca no inverno e mais forte na primavera. A temperatura mínima do ar foi a que apresentou a mais forte tendência de aumento, exercendo grande influência na tendência de aumento da temperatura média do ar. As tendências observadas estão relacionadas, pelo menos em parte, com o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS), especialmente sua fase quente, El Niño, mais fortes, frequentes e extensos a partir da década de 1980, principalmente na primavera e início do verão (épocas de maior impacto do fenômeno no clima do Estado). No entanto, são coerentes também com o aumento do efeito estufa na atmosfera e com o aquecimento do sistema climático global e regional. Os resultados deste trabalho servem de subsídios para o planejamento de estratégias de adaptação e/ou mitigação de seus possíveis impactos negativos, ou para tirar proveito de possíveis condições climáticas favoráveis.

Palavras-chave: mudanças climáticas, El Niño, La Niña.

### Climate trends of air temperatures in the Rio Grande do Sul state, South Brazil

### ABSTRACT

The global average surface temperature (including land and ocean) shows a linear warming of 0.85 (0.65 to 1.06) °C in relation to the period from 1880 to 2012. With the hypothesis that observed climate trends on a global scale are also occurring in southern Brazil, the objective of this study was to analyze, temporally and spatially, annual and seasonal climate trends of the air temperatures (minimum, maximum and average) in Rio Grande do Sul State, Brazil, as well as discuss possible causes. It is hoped that this information can support researchers in various areas of activity, especially in agriculture. For this study were used monthly data from 14 meteorological stations in the period from 1950 to 2009, obtained in the 8th District Weather - National Institute of Meteorology. In this period of sixty years, the three temperatures showed increasing trends in the four seasons and in the annual case, except the maximum temperature in

<sup>1</sup>Parte integrante de Projeto financiado pelo CNPq

the summer, which showed decreasing trend. The increasing trend of the three temperatures was weaker in the winter and stronger in the spring. The minimum air temperature showed the strongest increasing trend, exerting great influence on the increasing trend of average air temperature. The observed trends are related to the phenomenon El Niño Southern Oscillation (ENSO), especially its warm phase, El Niño, strongest and extensive from the 1980s, especially in the spring and beginning of summer (periods of greatest impact of the phenomenon on climate in the State). However, they are also consistent with increased greenhouse gases in the atmosphere and with the global and regional warming of the climate system. The results of this study serve as support for the planning of adaptation strategies and / or mitigation its potential negative impacts, or to take advantage of possible favorable climatic conditions.

Key words: climate change, El Niño, La Niña.

## Introdução

As pesquisas publicadas, principalmente na primeira década do século XXI, têm relatado fortes indicadores de tendências climáticas, tanto em escala global como regional. As análises de Frich et al. (2002) e de Alexander et al. (2006), em escala global, indicaram aumento da frequência de noites quentes, redução da amplitude de temperaturas extremas, e, também, do número de dias com geadas severas. Na América do Sul, os estudos de eventos extremos através da análise das tendências de índices de temperatura (Vincent et al., 2005) indicaram aumento da temperatura mínima e de noites quentes, redução de noites frias e da amplitude térmica.

Estudos das tendências de temperaturas extremas no período de 1959-1998 na Argentina mostraram um elevado número de estações com forte tendência positiva na temperatura mínima do ar, principalmente na região nordeste daquele país (Rusticucci e Barrucand, 2004). Várias dessas estações localizam-se na fronteira Brasil-Argentina, muito próximas às estações do noroeste do Rio Grande do Sul e do oeste de Santa Catarina. Os autores encontraram tendências de redução da temperatura máxima do ar para a maior parte da Argentina, mas, também de aumento, principalmente ao sul desse país e na fronteira Brasil-Argentina, referida acima.

No Rio Grande do Sul, resultados de trabalhos científicos indicam aumento da temperatura mínima do ar (Berlato e Althaus, 2010) e forte redução das amplitudes térmicas.

É consenso, entre os cientistas da área de meteorologia e afins, que as tendências climáticas observadas, especialmente a partir da segunda metade do século XX, aumentaram significativamente. Segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*), essas tendências observadas no passado recente apresentam alta probabilidade de continuarem no mesmo sentido no século XXI (IPCC, 2007; IPCC, 2014).

A partir da hipótese de que as tendências climáticas observadas em escala global estejam também ocorrendo no sul do Brasil, o objetivo deste trabalho foi analisar, temporal e espacialmente, as tendências climáticas, anuais e estacionais, da temperatura mínima do ar, temperatura máxima do ar e temperatura média do ar no Estado do Rio Grande do Sul, no período de sessenta anos (1950-2009), bem como discutir possíveis causas. Espera-se que essas informações possam subsidiar pesquisadores e tomadores de decisão em diversas áreas de atividade, especialmente na agricultura.

## Material e métodos

### Dados meteorológicos

Os dados médios mensais de temperatura mínima e temperatura máxima do ar (°C) do período de janeiro de 1950 a dezembro de 2009 foram obtidos junto ao 8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (8º DISME/INMET). O período foi escolhido a fim de obter séries históricas de 60 anos, compreendendo assim, duas normais climatológicas (1950-1979 e 1980-2009).

A qualidade dos dados meteorológicos foi examinada, verificando-se, em todas as séries de dados os valores que apresentaram grande discrepância, quando comparados aos observados em estações vizinhas, ou na própria série de dados da estação. Também foi inspecionada a provável ocorrência de saltos nas séries históricas por fatores não climáticos, como por exemplo, mudança de local da estação meteorológica, troca de instrumento e mudança de métodos de observação. Com base nessa triagem, foram selecionadas 14 estações meteorológicas, bem distribuídas no Rio Grande do Sul: Bagé, Bom Jesus, Caxias do Sul, Cruz Alta, Encruzilhada do Sul, Iraí, Passo Fundo, Pelotas, Porto Alegre, Rio Grande, Santa Maria, Santa Vitória do Palmar, São Luiz Gonzaga e Uruguaiana.

A série de dados mensais de temperatura média do ar (°C) foi obtida a partir da média aritmética entre a temperatura mínima e máxima

do ar, para as 14 estações meteorológicas, para o período de 1950 a 2009.

Para todas as séries de dados, foram calculadas as médias anuais e estacionais: verão (dezembro-janeiro-fevereiro), outono (março-abril-maio), inverno (junho-julho-agosto) e primavera (setembro-outubro-novembro).

#### Tendência temporal

A tendência temporal das séries climáticas de dados anuais e estacionais das variáveis meteorológicas foi identificada pelo método clássico dos mínimos quadrados para o ajuste da regressão linear (Wilks, 1995), avaliando-se a tendência com o teste de hipótese (teste  $\tau$ ), para o coeficiente de regressão  $\beta_1$  ( $\beta_1=0$ , não existe tendência;  $\beta_1 \neq 0$ , existe tendência), nos níveis de significância de 10%, 5% e 1%.

Foi calculada, também, a média móvel de sete anos para as três temperaturas. A média móvel suaviza a variabilidade dos dados, indicando sazonalidades e tendências, quando existentes.

A exibição dos resultados deste tópico foi realizada no Microsoft Excel®.

#### Distribuição espacial das tendências

Foram gerados mapas da distribuição espacial dos sinais das tendências climáticas, anuais e estacionais, das três variáveis meteorológicas, a fim de identificar regiões no Rio Grande do Sul onde as tendências das variáveis estudadas são mais intensas. Os sinais de aumento ou redução das tendências para os três níveis de significância foram editados no Paint®, sobre as coordenadas geográficas das estações meteorológicas, especialmente localizadas no Surfer®.

#### ENOS

Para discutir os efeitos associados ao fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) nas tendências climáticas observadas no Rio Grande

do Sul, foram identificados, de 1950 a 2009, os eventos quentes, El Niño, e frios, La Niña, nos gráficos de tendência temporal para as estações do ano: verão e primavera.

A identificação dos eventos ENOS baseou-se na classificação do *National Weather Service/Climate Prediction Center da National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, 2016), a qual considera o desvio de  $\pm 0,5$  °C na Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Pacífico equatorial (média móvel de três meses de anomalia na região do Niño 3.4, por no mínimo cinco trimestres consecutivos).

Esta classificação utilizada no presente trabalho foi atualizada em junho de 2016 em: <[http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml)>, devido a algumas alterações na mesma, quando o período base mudou de 1971-2000 para 1981-2010. No verão e primavera, alguns eventos neutros foram reclassificados como El Niño e alguns eventos La Niña, reclassificados como neutros. A classificação de ENOS é atualizada a cada cinco anos pelos pesquisadores da NOAA.

#### Diagramas de dispersão

No SigmaPlot, foram elaborados, diagramas de distribuição para as três temperaturas, para os períodos de 1950-1979 e 1980-2009, bem como para todo o período de estudo (1950-2009).

## Resultados e discussão

Tendência observada da temperatura mínima do ar

No Rio Grande do Sul, a temperatura mínima do ar apresentou tendência de aumento na média anual e nas quatro estações do ano (Figura 1).

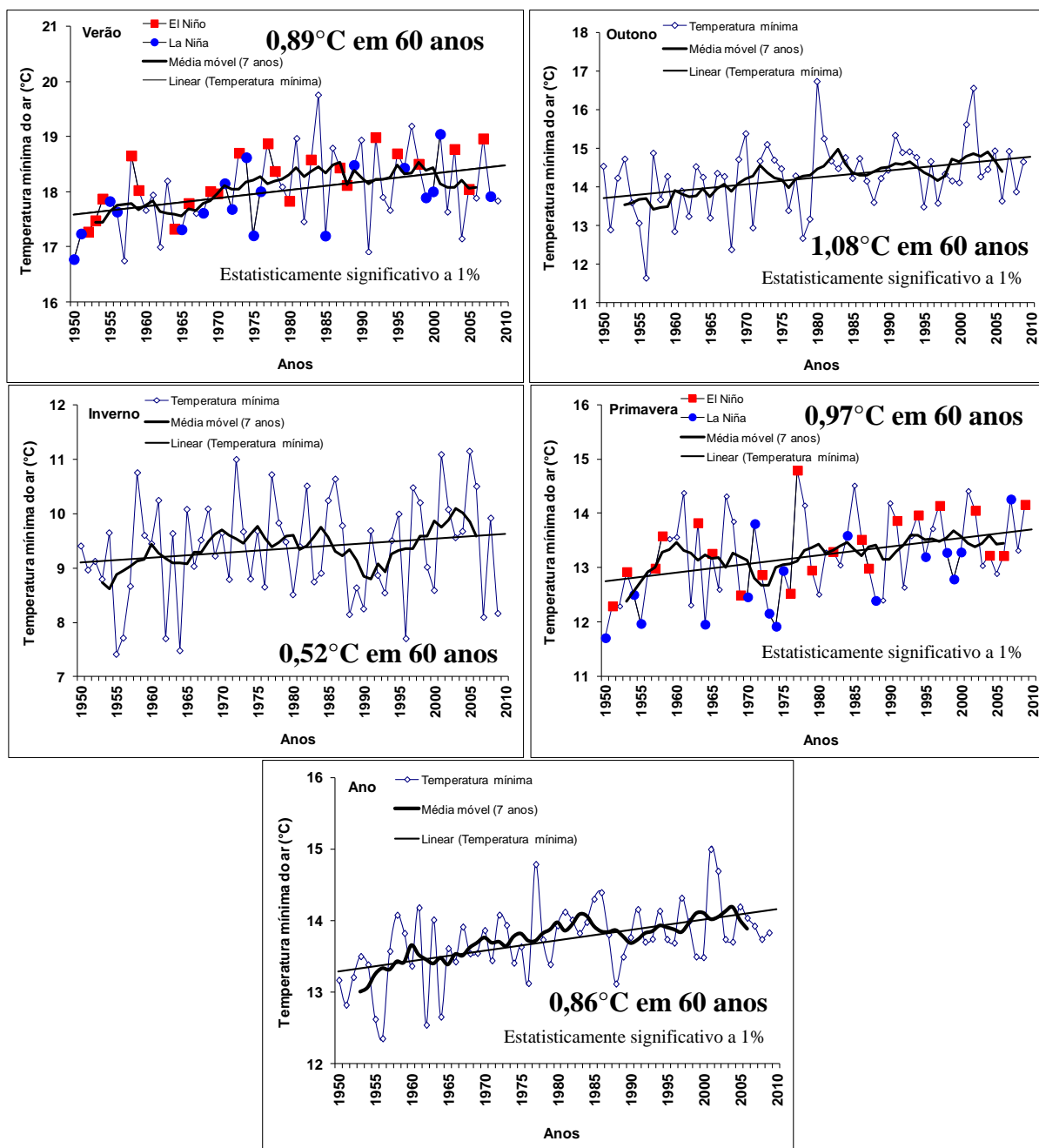


Figura 1. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

De 1950 a 2009, o aumento foi de 0,86 °C na média anual; 0,89 °C no verão; 1,08 °C no outono; e 0,97 °C na primavera, estatisticamente significativos a 1%. O inverno foi a estação do ano de menor incremento da temperatura mínima do ar (0,52 °C), no período estudado, e a única com aumento não estatisticamente significativo.

Os resultados concordam com Berlato e Althaus (2010), que apesar de utilizarem período de estudo (1936 a 2000) e algumas estações meteorológicas diferentes do presente trabalho, também verificaram tendência de aumento da temperatura mínima do ar no Rio Grande do Sul.

Coerentes, também, com resultados encontrados por pesquisadores da Embrapa Clima Temperado para a região de Pelotas, no sul do Estado, em que foi verificado um aumento na temperatura mínima anual de até 1,01 °C, no período de 1893 a 2004. Quando analisado período mais recente (1955 a 2004), este aumento foi ainda maior, de até 1,66 °C, conforme citado por Silva et al. (2015).

Em Passo Fundo, no norte do Rio Grande do Sul, também, foi verificada tendência de aumento significativo (1,1 °C) na temperatura mínima do ar, quando analisados os desvios da

temperatura mínima anual, utilizando dados diários, em relação à média da série climatológica do período de 1917 a 2006 (Cunha et al., 2007).

No verão e na primavera, ainda na Figura 1, pode-se observar a influência do ENOS na temperatura mínima do ar no Rio Grande do Sul; a maioria dos eventos La Niña coincide com valores menores de temperatura mínima, enquanto que a maioria dos eventos El Niño coincide com valores maiores.

Berlato e Althaus (2010) analisando a tendência dos desvios da temperatura mínima anual e estacional (°C) no período 1936-2000, em relação à normal climatológica 1961-1990, para o Rio Grande do Sul (média de 18 estações meteorológicas) observaram que vários picos de temperaturas mínimas (maiores desvios positivos) ocorrem em anos de El Niño e, também, vários valores de baixas temperaturas mínimas (maiores desvios negativos) ocorrem em anos de La Niña.

A maior frequência de eventos El Niño na segunda metade do século passado, especialmente nas décadas de 1980 e 1990, que, além do forte El Niño de 1982/1983, inclui o chamado longo El Niño da década de 1990, com duração de mais de três anos e, o El Niño mais forte da última metade do século XX (1997/1998) contribuem para a tendência positiva da temperatura mínima do ar.

Os dados do presente trabalho corroboram a associação da temperatura do ar com o fenômeno ENOS, já que trabalhos preliminares da equipe de Agrometeorologia da UFRGS verificaram correlação positiva significativa entre a TSM da região do Niño 3.4 no Pacífico equatorial e a temperatura mínima do ar no Rio Grande do Sul. Também, Diniz (2002) já tinha observado a existência de correlações, estatisticamente, significativas, entre a temperatura mínima do ar no Estado e a TSM, não só da região dos Niños, como de algumas áreas do Atlântico sul próximas ao Rio Grande do sul.

O mecanismo El Niño e temperatura mínima é simples: El Niño, comprovadamente, provoca no Rio Grande do Sul, aumento de precipitação pluvial (Fontana e Berlato, 1997; Berlato e Fontana, 2003) e aumento da nebulosidade (Custódio et al., 2009). Essas condições à noite provocam menor perda de radiação de onda longa ( $OL\uparrow$ ) da superfície e, portanto, maior temperatura mínima.

Kuinchtner et al. (2007) analisando a variabilidade das temperaturas do ar (mínima, média e máxima) na Região do Planalto Meridional-riograndense, utilizando dados de cinco estações meteorológicas no norte do Rio Grande do Sul (Cruz Alta, Iraí, Lagoa Vermelha, Passo Fundo e São Luiz Gonzaga) concluíram que houve tendência temporal significativa de aumento da temperatura mínima (0,02 °C/ano) para o período de 1938-2004. Este incremento linear no período de 67 anos totaliza um aumento de 1,3 ° C. Os autores encontraram, em todas as séries temporais avaliadas, associação com o fenômeno El Niño. E, no caso da temperatura mínima encontraram, também, associação com o ciclo das manchas solares, que corresponde a 11 anos.

Rossato (2011) também encontrou tendência de aumento linear das temperaturas mínimas médias (0,05 a 0,14°C no período de 1970 a 2007) nas estações de Júlio de Castilhos, Farroupilha, Rio Grande, São Borja, São Gabriel e Cruz Alta. Além destas estações, na análise polinomial, a autora encontrou tendência de aumento gradual, nos 38 anos de estudo, em Bom Jesus, Cachoeirinha, Maquiné, Quaraí, Santa Rosa e Veranópolis.

Verificando-se a distribuição do sinal da tendência linear da temperatura mínima do ar nas 14 estações meteorológicas estudadas, observa-se a ampla coerência espacial, tanto para o ano como para as quatro estações (Figura 2).

No ano, 79% das estações apresentaram tendência de aumento da temperatura mínima do ar; no outono 86%, na primavera e no verão 79%; e, no inverno 71%. No ano e nas quatro estações do ano, as estações meteorológicas que apresentaram tendência de aumento da temperatura mínima do ar, em sua maioria, foram aumentos estatisticamente significativos.

Rusticucci e Barrucand (2004) estudaram a tendência de temperaturas extremas na Argentina, no período de 1959 a 1998. Os resultados do presente trabalho são bastante similares aos encontrados por estes autores, que mostraram um elevado número de estações com tendências positivas significativas na temperatura mínima do ar, principalmente na região nordeste da Argentina, de mesmo tipo climático que a maior parte da área do Rio Grande do Sul (Subtropical).

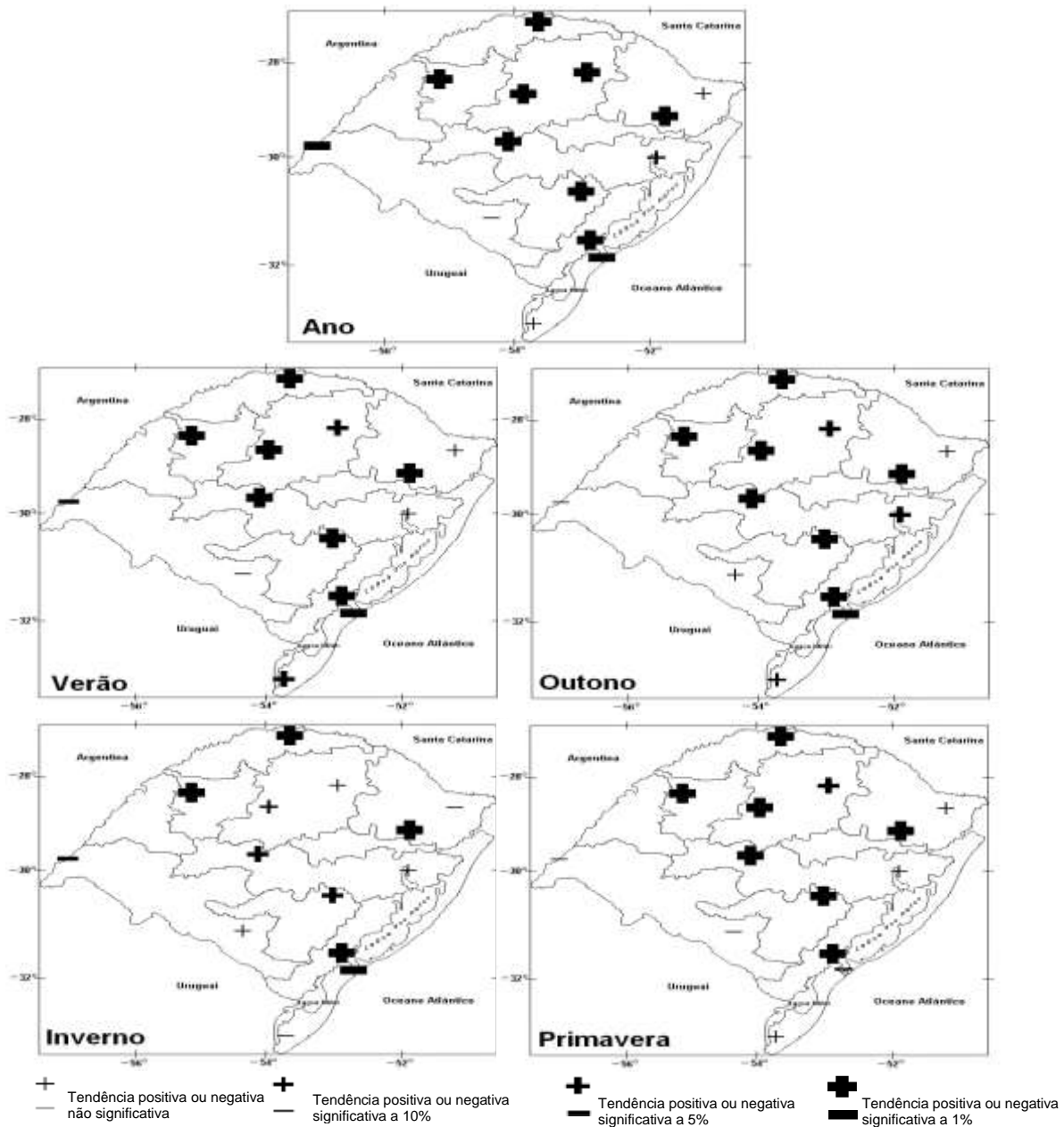


Figura 2. Sinal de tendência da temperatura mínima do ar anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

Várias dessas estações com forte tendência de aumento da temperatura mínima do ar localizam-se na fronteira com o Brasil, muito próximas às estações meteorológicas do oeste do Rio Grande do Sul. Este fato indica, pela ampla coerência espacial, que um fenômeno de grande escala seja, possivelmente, o causador dessas tendências.

Todos esses resultados, em relação à temperatura mínima, estão também de acordo com os de Vincent et al. (2005), que analisaram as tendências das temperaturas extremas (máxima e mínima) na América do Sul. Aumento da temperatura mínima, que ocorre no final da noite, consequência da menor perda de radiação de onda

longa (OL↑), significa aumento de noites relativamente mais quentes.

A Figura 3 mostra a distribuição da temperatura mínima do ar para todo o período estudado (1950-2009) e para os dois subperíodos (1950-1979 e 1980-2009); além da mudança de distribuição de probabilidade. Por exemplo, para o subperíodo 1980-2009, cerca de 75% dos dados estão acima da mediana de todo o período (1950-2009) e cerca de 90% dos dados estão acima da mediana do primeiro subperíodo. Analisando, por outro lado, no período de 1980-2009, 50% dos dados de temperatura mínima do ar anual foram maiores do que em 75% dos anos do primeiro sub-período de 1950-1979.

Portanto, ainda na Figura 3, é possível observar pela posição dos diagramas de caixa, que nos trinta anos mais recentes (1980-2009) as temperaturas mínimas foram maiores (noites mais quentes), principalmente se comparadas a 1950-1979.

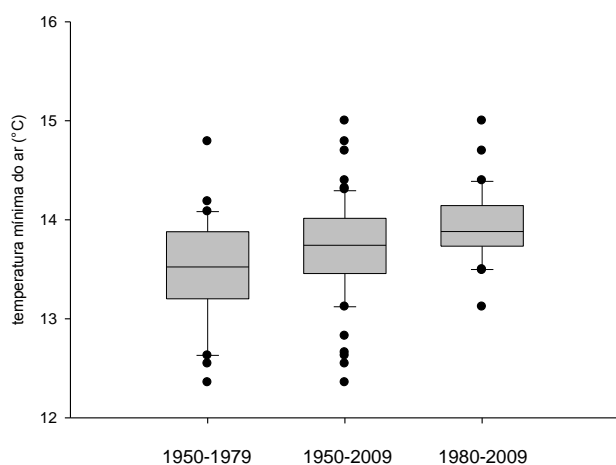


Figura 3. Distribuição da temperatura mínima do ar no Estado do Rio Grande do Sul nos períodos 1950-1979, 1950-2009 e 1980-2009.

Tendência observada da temperatura máxima do ar

A temperatura máxima do ar no Rio Grande do Sul no período de 1950 a 2009 apresentou tendência de aumento no ano, no outono e na primavera, sendo as duas primeiras estatisticamente significativas a 10%, e a última a 5% (Figura 4). O aumento no período estudado foi de 0,28 °C no ano; 0,57 °C no outono; e 0,52 °C na primavera. No verão, a tendência foi de redução (-0,26 °C) e, no inverno, de aumento (0,27 °C), porém, ambas não estatisticamente significativas.

Os resultados para a temperatura máxima do ar divergem de trabalho de Kuinchtner et al. (2007), que analisando a variabilidade da temperatura do ar na Região do Planalto Meridional-riograndense no norte do Rio Grande do Sul concluíram que não houve tendência da temperatura máxima no período de 1938-2004.

Os aumentos na temperatura máxima no presente trabalho foram bem menores se comparados aos aumentos ocorridos na temperatura mínima do ar. Isto indica que o impacto de El Niño e La Niña sobre a temperatura mínima é maior do que sobre as temperaturas máximas no Rio Grande do Sul.

Na Figura 4, ainda, pode se observar que há uma tendência de eventos quentes do ENOS (El Niño) produzirem efeito contrário na temperatura máxima comparado com o efeito na mínima no Estado. Isto por que, anos de El Niño são, em geral, anos de maiores precipitações pluviais, especialmente na primavera e verão, no Rio Grande do Sul (Puchalski, 2000; Berlatto & Fontana, 2003), menor insolação e maior nebulosidade diurna (Custódio et al., 2009). Maior nebulosidade diurna tende diminuir a temperatura máxima.

Tanto no ano como nas quatro estações do ano (Figura 5), a distribuição do sinal da tendência linear da temperatura máxima do ar não apresentou tanta coerência espacial, como no caso da temperatura mínima do ar.

No entanto, no ano 57% das estações apresentaram tendência de aumento da temperatura máxima do ar; no outono 86%, e na primavera 79%, grande parte delas com aumentos estatisticamente significativos. O verão foi a estação do ano que apresentou mais estações meteorológicas com tendência de redução da temperatura máxima, 79% das estações, sendo 60% destas com reduções estatisticamente significativas.

No verão, inclusive, a Campanha e extremo sul apresentaram redução altamente significativa (1%). Além disso, no ano, no verão e no inverno duas estações meteorológicas muito próximas (Pelotas e Rio Grande) tiveram sinais contrários de tendência, para o mesmo período de dados. Pelo que consta, a estação de Rio Grande mudou de local nos anos 1980, e isso, em geral, provoca saltos nas séries históricas. Portanto, para àquela região é provável que os dados de Pelotas sejam mais confiáveis.

No entanto, os resultados do presente trabalho coincidem com estudos de Rusticucci e Barrucand (2004) que, apesar de mostrarem um grande número de estações com forte tendência de redução da temperatura máxima do ar, principalmente na região nordeste da Argentina, mostraram também, que nas estações que fazem fronteira com o Brasil as tendências da temperatura máxima do ar são de aumento, assim como nas estações do noroeste do Rio Grande do Sul, especialmente no ano, no outono e na primavera (Figura 5).

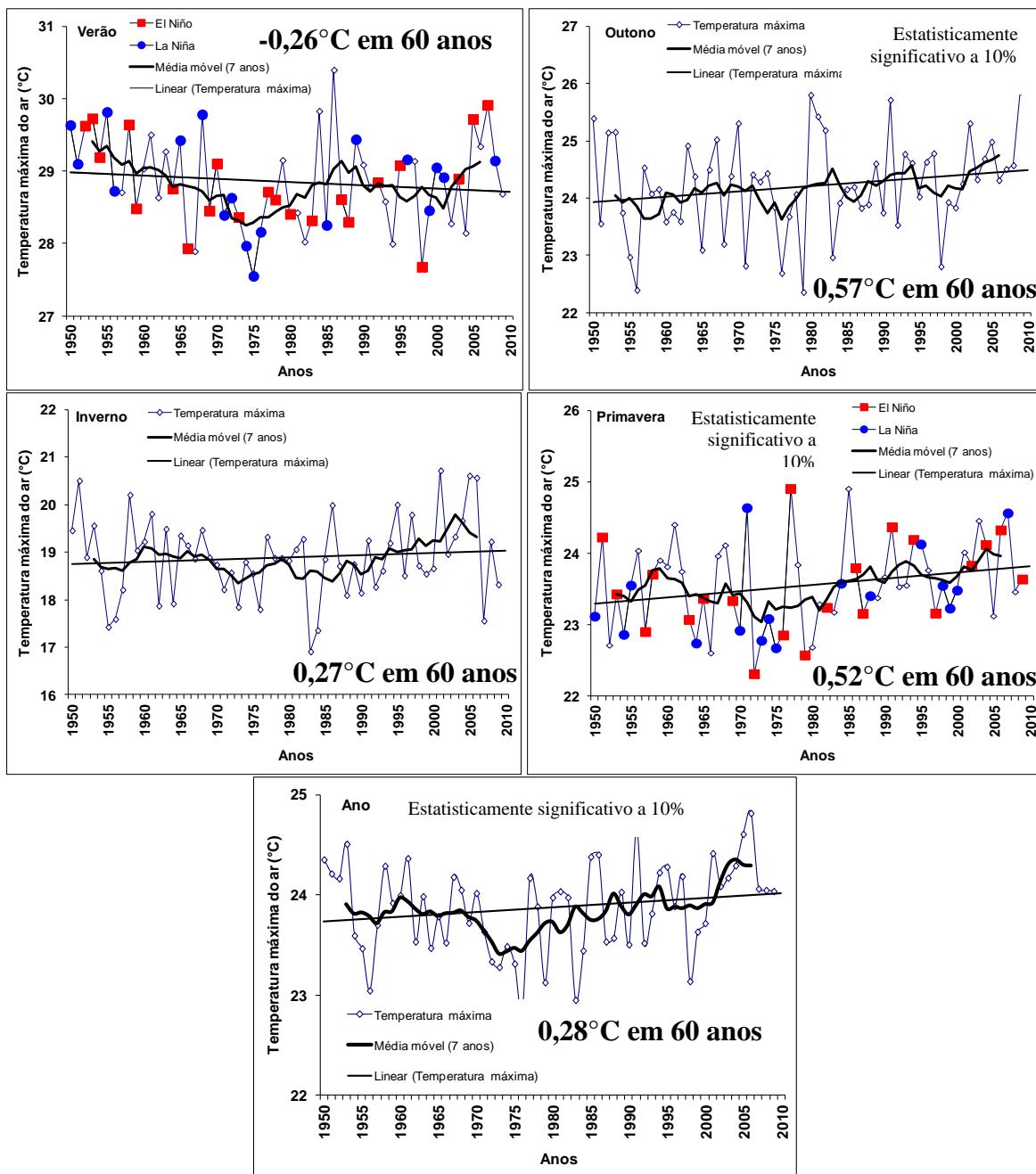


Figura 4. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

Também, muito coerentes com estudo de Marengo e Camargo (2008) que analisando as tendências das temperaturas máximas e mínimas no Sul do Brasil durante o período 1960-2002 apontou para um aquecimento sistemático da região Sul. Os autores detectaram tendências positivas na temperatura máxima e mínima, em níveis: anual e sazonal. Como o sinal mais forte foi verificado na temperatura mínima do ar, consequentemente, houve redução da amplitude térmica.

Rossato (2011) também encontrou tendência de aumento linear nas temperaturas máximas médias nas estações de Cachoeirinha, Maquiné, Bom Jesus, Júlio de Castilhos, Santa Rosa, Quaraí e Farroupilha, na ordem de 0,05 a 0,14 °C (1970 a 2007). Além destas estações, na análise polinomial, a autora encontrou redução da temperatura máxima média até final dos anos de 1970 e aumento desta a partir de 1990 nas estações de Encruzilhada do Sul, Taquari, Veranópolis.



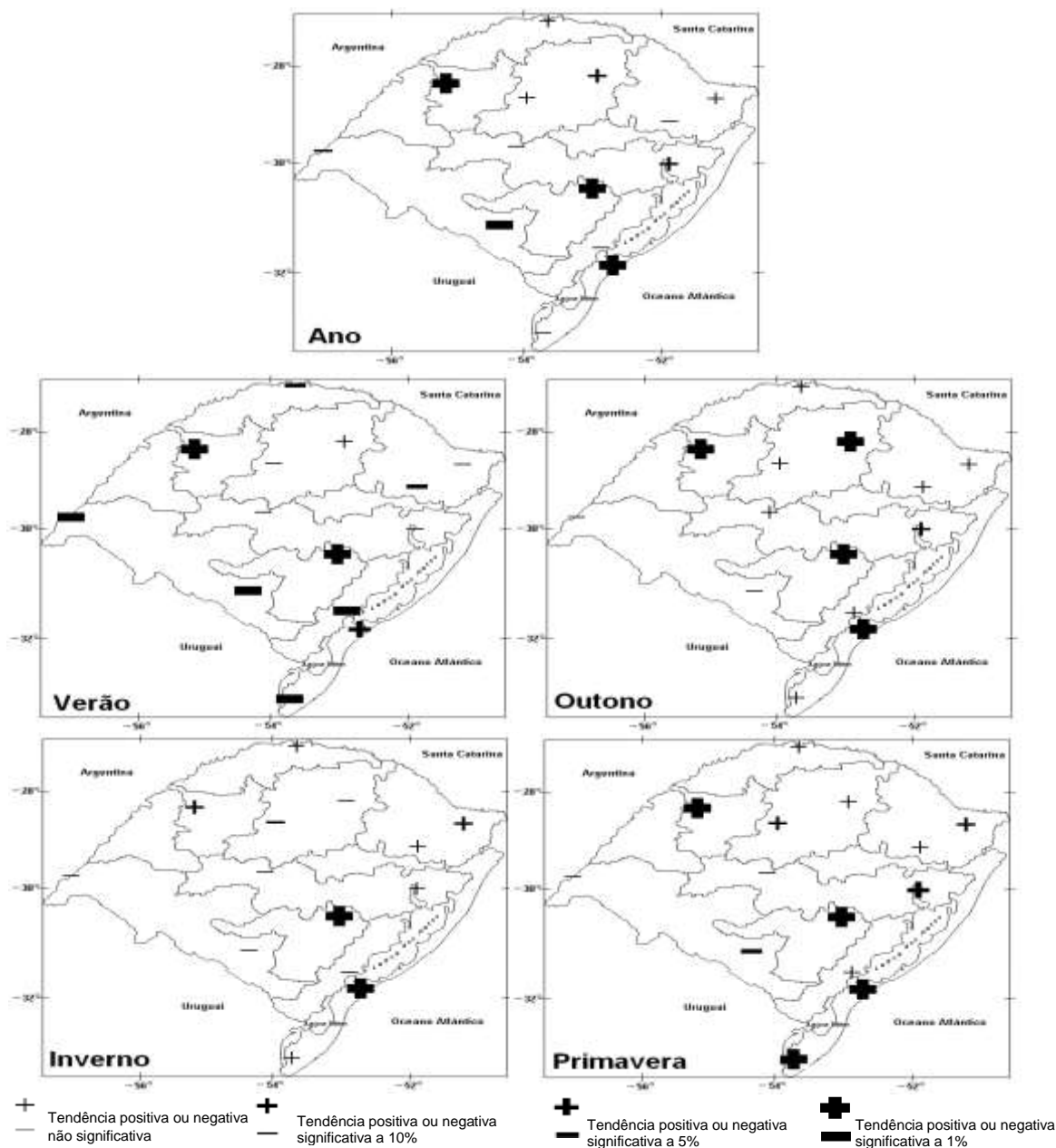


Figura 5. Sinal de tendência da temperatura máxima do ar anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

A posição dos diagramas de caixa indica temperaturas máximas mais altas no período 1980-2009 (Figura 6), no entanto, este aumento

não é tão significativo quanto para a temperatura mínima do ar.

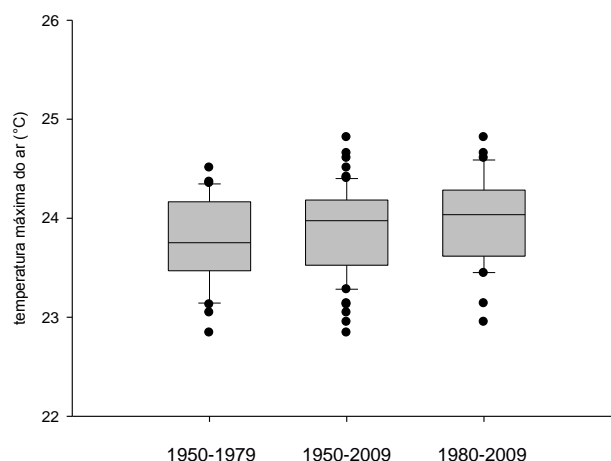


Figura 6. Distribuição da temperatura máxima do ar no Estado do Rio Grande do Sul nos períodos 1950-1979, 1950-2009 e 1980-2009.

Tendência observada da temperatura média do ar

A temperatura média do ar, como foi obtida pela média aritmética entre as temperaturas do ar, mínima e máxima, tendo a primeira apresentado tendência mais forte que a segunda para o Rio Grande do Sul, os resultados apresentaram a mesma tendência da temperatura mínima: aumento no ano e nas quatro estações do ano (Figura 7). Porém, com taxas de aumento bem

menores que as da temperatura mínima e maiores que as da temperatura máxima. A tendência linear resultou, no período estudado, em um aumento médio de: 0,58 °C no ano; 0,76 °C na primavera, ambos estatisticamente significativos a 1%; 0,82 °C no outono, significativo a 5%; e 0,32 °C no verão, a 10%. O inverno, novamente, teve aumento não estatisticamente significativo (0,40 °C). Rossato (2011) não encontrou tendência na série de temperatura média no Estado.

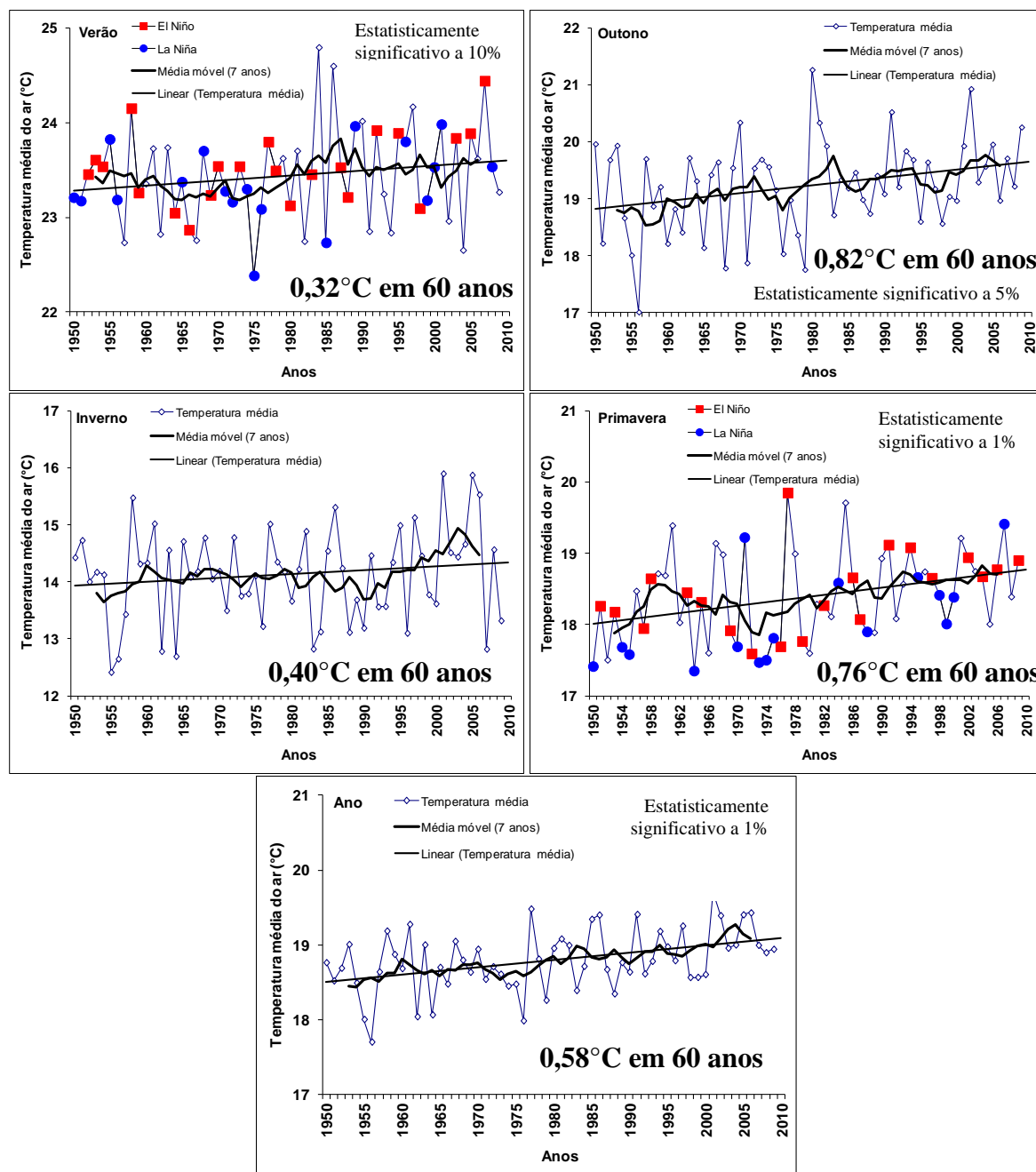


Figura 7. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

Assim como na temperatura mínima do ar, no verão e na primavera, se pode observar a influência do ENOS na temperatura média do ar no Rio Grande do Sul, com a maioria dos eventos La Niña coincidindo com valores mais baixos de temperatura, e a maioria dos eventos El Niño coincidindo com valores mais altos, principalmente na primavera (Figura 7). A influência positiva do El Niño na temperatura média se deve mais à forte influência do evento quente do ENOS na temperatura mínima, já que,

como foi dito, a média foi obtida pela média aritmética da máxima e mínima.

Cunha et al. (2007) na análise dos desvios da temperatura média anual, em relação à média da série climatológica (1917 a 2006), também, encontraram tendência de aumento significativo na temperatura média do ar (0,8°C) em Passo Fundo, no norte do Rio Grande do Sul. Assim como no presente trabalho o aumento foi mais intenso na mínima do que na média.

A distribuição do sinal da tendência linear da temperatura média do ar no Rio Grande

do Sul apresentou coerência espacial semelhante à da temperatura mínima, justamente pela forte tendência apresentada por esta variável, no ano e nas quatro estações do ano (Figura 8).

No ano, na primavera e no outono, 86% das estações apresentaram tendência de aumento

da temperatura média do ar; no verão 64%; e, no inverno 71%. Com exceção do inverno, as estações meteorológicas que apresentaram tendência de aumento da temperatura média do ar, em sua maioria eram aumentos estatisticamente significativos.

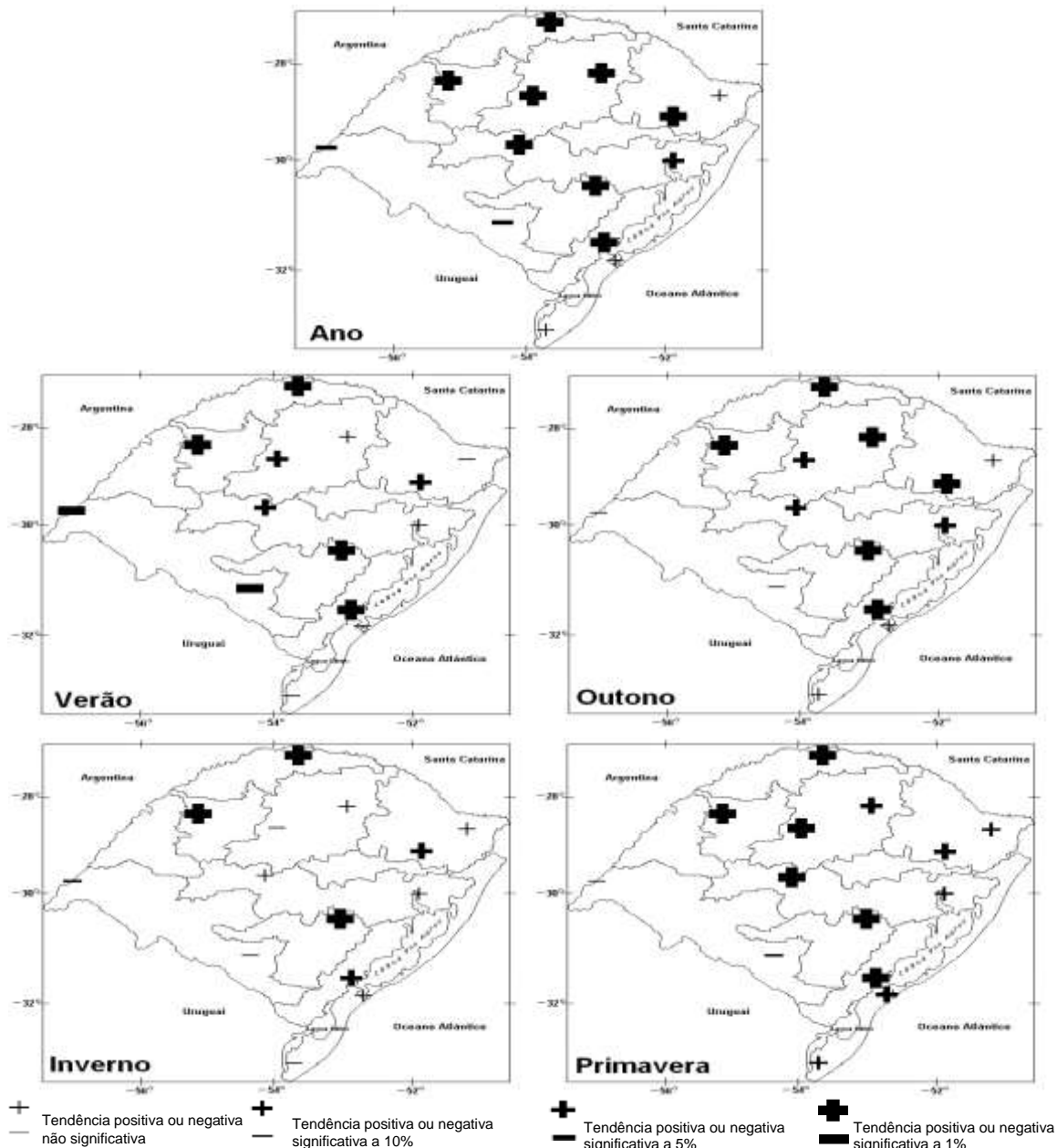


Figura 8. Sinal de tendência da temperatura média do ar anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

A Região da Campanha, também, apresentou resultados discordantes das outras regiões ecoclimáticas do Estado, no que concerne à temperatura média do ar, inclusive com redução, estatisticamente, significativa no ano e no verão.

Na análise de distribuição dos dados de temperatura média do ar (Figura 9), observa-se que 50% dos dados no período de 1980-2009 foram maiores do que 75% das leituras no período de 1950-1979, isto se deve, como já explicado, ao forte aumento na temperatura mínima do ar, que compõe esta variável.

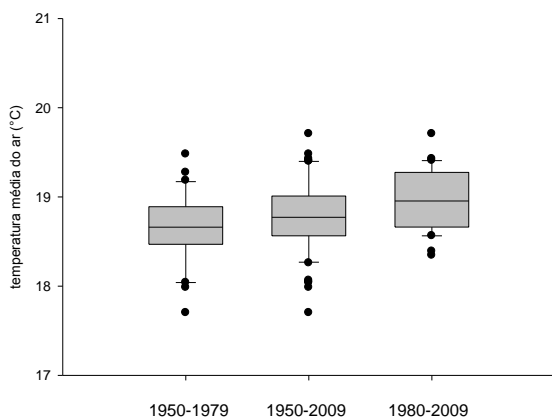


Figura 9. Distribuição da temperatura média do ar no Estado do Rio Grande do Sul nos períodos 1950-1979, 1950-2009 e 1980-2009.

## Conclusões

1. Tendências climáticas observadas em escala global e regional são constatadas no Estado do Rio Grande do Sul, no período de sessenta anos (1950-2009).

2. Das temperaturas do ar estudadas, a temperatura mínima é, destacadamente, a que apresenta maior aumento e maior consistência espacial.

3. O aumento da temperatura média do ar é devido à forte tendência de aumento da temperatura mínima do ar.

4. As três temperaturas apresentam valores mais altos no período mais recente de 1980-2009 do que em 1950-1979, sendo mais evidente para as temperaturas mínima e média.

5. As tendências observadas das temperaturas e a coerência espacial da distribuição dos sinais dessas tendências estão relacionadas com o fenômeno de grande escala, ENOS, especialmente com os episódios quentes (El Niño), mais fortes, frequentes e extensos a partir da década de 1980.

## Agradecimentos

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo financiamento da pesquisa.

Ao 8º DISME/INMET pela disponibilização dos dados meteorológicos e à NOAA pela classificação dos eventos de ENOS.

Aos pesquisadores de iniciação científica, Mestrado e Doutorado, que, ao longo dos anos, auxiliaram à construção da base de dados meteorológicos, em especial à Mêmora Schmidt e Lívia Nunes Castro (*in memoriam*) pelo auxílio na digitação e conferência destes dados.

## Referências

- Alexander, L. V.; Zhang, X.; Peterson, T. C. et al., 2006. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research* 111. DOI: 10.1029/2005 JD006290
- Berlato, M. A.; Althaus, D., 2010. Tendência observada da temperatura mínima e do número de dias de geada do Estado do Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha* 16, 7-16.
- Berlato, M. A.; Fontana D. C. 2003. El Niño e La Nina: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura. Porto Alegre : Editora da UFRGS. pp. 110.
- Cunha, G. R. da; Santi, A.; Dalmago, G. A.; Nicolau, M.; Pasinato, A. Análise de tendências na temperatura do ar e na precipitação pluvial na região de Passo Fundo, RS. *Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, 48). Disponível em: [CrossRef](#)*
- Custódio, M. de S.; Berlato, M. A.; Fontana, D. C. 2009. Nebulosidade diurna no Rio Grande do Sul, Brasil: Climatologia e tendência temporal. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha* 15, 45-52.
- Diniz, G. B. 2002. Preditores visando a obtenção de um modelo de previsão climática de temperaturas máxima e mínima para regiões homogêneas do Rio Grande do Sul. 167f. Tese (Doutorado-Agrometeorologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomias, Programa de Pós Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre.
- Fontana, D. C.; Berlato, M. A. 1997. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul.

- Revista Brasileira de Agrometeorologia 5, 127-132.
- Frich, P.; Alexander, L. V.; Della-Marta, P. et al., 2002. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the century. *Climate Research* 19, 193-212.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis (Summary for Policymakers)*. Cambridge. 2007. Disponível: [GS](#)
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014: *Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Disponível: [GS](#)
- Kuinchtner, A.; Simões, J. C.; Buriol, G. A. 2007, Variabilidade da temperatura do ar na região do Planalto Meridional-riograndense em função do aquecimento global. *Revista Brasileira de Agrometeorologia* 15, 232-249.
- Marengo, J. A.; Camargo, C. C., 2008. Surface air temperature trends in Southern Brazil for 1960-2002. *International Journal of Climatology* 28, 893-904.
- NOAA. 2016. National Oceanic and Atmospheric Administration. 2016 Disponível: [GS](#)
- Puchalski, L. A. Efeitos associados a El Niño e La Niña na temperatura média, precipitação pluvial e no déficit hídrico no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000. 83f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia, Área de concentração em Agrometeorologia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Rossato, M. S. Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia. 2011. 240 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, RS-BR.
- Rusticucci, M.; Barrucand, M., 2004. Observed trends and changes in temperature extremes over Argentina. *Journal of Climate* 17, 4099-4107.
- Silva, S. C. da; Steinmetz, S.; Heinemann, A. B. 2015, Exigências climáticas. In: Borém, A.; Nakano, P. H. (Ed.). *Arroz: do plantio à colheita*. Viçosa, MG: Ed. UFV. pp. 43-65.
- Vincent, L. A.; Peterson, T. C.; Barros, V. R. et al., 2005. Observed trends in indices of daily temperature extremes in South America 1960-2000. *Journal of Climate* 18, 5011-5023.
- Wilks, D. S., 1995. *Statistical methods in the atmospheric sciences: an introduction*. Academic Press, New York. pp. 467.