



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Análise da Variabilidade da Temperatura do Ar em Rio Grande – RS (1913-2016)

Ítalo Seilhe Reis¹, Tamires da Rosa Silva², Eliana Klering³, Douglas da Silva Lindemann⁴, Éder Leandro Bayer Maier⁵

¹Graduando em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande, FURG, Rio Grande - RS, italoseilhe@gmail.com ²Mestre em Geografia, Laboratório de Climatologia e Cartografia, Universidade federal do Rio Grande – FURG, Rio Grande/RS, tamires_rosa@outlook.com.br. ³Doutora em Fitotecnia, Instituto de Oceanografia (IO), Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Rio Grande/RS, elianavk@gmail.com. Rio Grande/RS. ⁴Doutor em Meteorologia Aplicada, Pós-Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas - UFPEL. douglasdasilva.lindemann@gmail.com ⁵Doutor em Geografia, Professor do Instituto de Ciências Humanas e da Informação – ICHI, Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Rio Grande /RS, edermaier@gmail.com.

Artigo recebido em 26/02/2021 e aceito em 17/11/2021

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi analisar a variabilidade da temperatura do ar em Rio Grande - RS. Para isso foi utilizado dados mensais da temperatura do ar no período entre 1913 – 2016 observados na estação meteorológica. Nas análises das variações temporais da temperatura utilizou-se técnicas estatísticas descritivas e inferencial. A estatística descritiva mostrou que a Temperatura Máxima, Média e Mínima variou entre 12.7°C – 30.9°C, 9.7°C – 25.9°C e 5.5°C – 25.5°C, respectivamente, com variação da média sazonal entre 16.94°C – 26.95°C, 13.66°C – 23.29°C e 10.41°C – 19.64°C. Bem como, evidenciou um aquecimento de 1.38° C, e 0.36°C da Temperatura Máxima e Média, uma diminuição da Temperatura Mínima de -0.51°C (todos com significância superior a 90%) e o aumento de anomalias positivas da temperatura no período após 1980. As análises da estatística inferencial mostraram que a variação cíclica da temperatura ocorre em frequências de 1, 4, 6 e 8 anos, sendo que a frequência de 1 ano está associada a sazonalidade e as frequências maiores aos impactos dos fatores remotos e regionais, com predomínio da influência do El Niño Oscilação Sul e das variações regionais na Temperatura da Superfície do Mar. Evidenciando que a variabilidade temporal da temperatura em Rio Grande ocorre em uma complexa relação de sobreposição de fenômenos climáticos, desde a escala local até a global. Palavra-chave: Estatística Descritiva; Estatística Inferencial; Modos de Variabilidade.

Analysis of Variability of Air Temperature in Rio Grande – RS (1913 – 2016)

ABSTRACT

The objective of this research was to analyze the variability of air temperature in Rio Grande - RS. For this, monthly data of air temperature of the period between 1913 and 2016 observed in the meteorological station were used. Descriptive and inferential statistical techniques were used in the analyses of time variations in temperature. Descriptive statistics showed that the maximum temperature, average and minimum ranged from 12.7°C – 30.9°C, 9.7°C – 25.9°C and 5.5°C to 25.5°C, respectively, with seasonal average variation between 16.94°C – 26.95°C, 13.66°C – 23.29°C and 10.41°C – 19.64°C. As well as, it showed a warming of 1.38° C, and 0.36°C of the maximum and average temperature, a decrease in the minimum temperature of -0.51°C (all with significance greater than 90%) and the increase of positive temperature anomalies in the period after 1980. The analyses of inferential statistics showed that the cyclic variation of temperature occurs at frequencies of 1, 4, 6 and 8 years, and the frequency of 1 year is associated with seasonality and the higher frequencies to the impacts of remote and regional factors, with predominance of the influence of El Niño Southern Oscillation and regional variations in Sea Surface Temperature. Evidencing that the temporal variability of temperature in Rio Grande occurs in a complex relationship of overlap of climatic phenomena, from the local to the global scale.

Key-words: Descriptive Statistical; Inferential Statistical; Variability Modes.

Introdução

O município do Rio Grande, situa-se a sul da planície costeira do estado do Rio Grande do Sul, dentro da Bacia Sedimentar Marginal de Pelotas. Este município possui um PIB, segundo a série revisada do ano de 2017 (IBGE, 2017), de R\$

9215700.57, população estimada no ano de 2020 de 197.228 e área de 2709.391 Km² (IBGE, 2020) e é considerado em relação a hierarquia de cidades como um Centro Regional A (IBGE, 2018).

Reboita e Krusche (2018) utilizaram dados da estação meteorológica automática instalada em

Rio Grande para calcular as normais climatológicas provisórias no período entre 1991 e 2010, identificando a magnitude da temperatura máxima, média e mínima diária de 22.6°C, 18.3°C e 14.9°C respectivamente. Adicionalmente, afirmaram que o clima é temperado sempre úmido com verão quente (Cfa) de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, por conta de apresentar uma homogeneidade sazonal na precipitação e uma variação sazonal da temperatura, com máximas durante o verão austral e mínimas no inverno.

Rio Grande está localizado em latitudes médias, consequentemente, o clima é influenciado por massas de ar provenientes de baixas e altas latitudes como, por exemplo, a influência da massa de ar Tropical Atlântica que é caracterizada por ventos de Nordeste, quentes e úmidos (Grimm, 2009). Por outro, lado a influência da massa de ar Polar configura condições do tempo e clima com características de ar frio e seco (Galvani e Azevedo, 2012).

A passagem das massas polares em latitudes média gera a chamada frente fria, que é o encontro da massa de ar frio com o quente, causando instabilidade atmosférica, precipitações, mudança na direção e intensidade do vento, bem como, causa variabilidade da temperatura do ar em diferentes escalas temporais. Sendo que a passagem do sistema frontal substitui o ar quente e úmido por ar frio e seco, e a intensificação ou desintensificação da frequência e intensidade dos sistemas frontais podem diminuir ou aumentar as médias mensais da temperatura do ar (Reboita et al., 2012).

Outro fator que influencia na temperatura local é a maritimidade, visto que Rio Grande é margeado a leste pelo Oceano Atlântico, a nordeste pela Lagoa dos Patos e a sudoeste pela Lagoa Mirim (Figura 1). Causando menor amplitude térmica, pois a água possui maior calor específico do que a terra continental (Oliveira e Ferreira, 2017).

Além da variabilidade diária, intrasazonal e sazonal existe a influência de fenômenos de escala global ou hemisférica que podem configurar as variações climáticas locais, em um processo denominado como teleconexões ou modos de variabilidade climática, que ocorrem em diferentes escalas temporais.

Entre os principais fenômenos causadores da variabilidade climática tem-se o El Niño Oscilação Sul (ENOS), que é a variação anômala da temperatura superficial do mar no Pacífico Equatorial e o acoplamento oceano-atmosfera que altera o padrão da circulação atmosférica, com impactos nas variáveis climáticas na escala

temporal interanual. Na fase positiva (El Niño) observa-se um aumento da precipitação no estado do Rio Grande do Sul e da temperatura durante o inverno austral. Já na fase negativa é registrado predominantemente anomalias negativas na precipitação e temperatura do ar, porém essa influência é menor na temperatura, quando comparada com a da precipitação (Barros et al. 2002).

Outro modo de variabilidade climática é a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP, ou PDO – *Pacific Decadal Oscillation* em inglês) que é um fenômeno baixa frequência temporal (decadal) no Oceano Pacífico Norte e sua fase positiva é caracterizada pelo aquecimento anômalo da porção norte e central do oceano e a fase fria é o resfriamento anômalo, sendo que as duas fases geram impactos climáticos na escala temporal decadal-interdecadal (Mantua et al., 1997). Adicionalmente, a ODP está associada à intensificação ou desintensificação do ENOS, pois ocorrem eventos El Niño e La Niña mais fortes quando os dois fenômenos possuem fases iguais. Quando as fases são opostas, os eventos ENOS tendem a moderados e fracos (Kayano e Andreoli (2007)

O Oceano Atlântico também apresenta variações temporais ritmadas, de baixa frequência, conhecida como Oscilação Multidecadal do Atlântico (OMA, ou AMO – *Atlantic Multidecadal Oscillation* em inglês). Que é representada pela primeira componente principal da temperatura da superfície do mar, com a retirada dos efeitos do ENOS (Mestas-Núñez e Enfield, 1999). Na fase positiva ocorre o aumento dos ventos alísios e do gradiente de pressão do Anticiclone do Atlântico Norte, associado a uma anomalia negativa da temperatura da superfície do mar no hemisfério norte. Já na sua fase negativa ocorre o inverso (Birkel et al., 2018). Estudos sobre sua influência na América do Sul é vinculado ao regime de precipitação no Norte e Nordeste do Brasil (Knight et al., 2006), na temperatura do ar no Sul da América do Sul (Kayano e Setzer, 2018; Lindemann et al., 2019), na posição dos jatos de baixos níveis e na precipitação (Jones e Carvalho, 2018).

As contribuições austrais na temperatura podem estar associadas ao Modo Anular do Sul (MAS, ou SAM – *South Annular Mode*) que é um modo de alta frequência temporal e caracterizado pela variabilidade da pressão atmosférica ao nível médio do mar entre as latitudes 40°S e 65°S. O SAM possui duas fases, a negativa e positiva, que estão associadas as anomalias negativas e positivas da pressão atmosférica em latitudes médias,

respectivamente, e apresentam um modelo gangorra com as variações da pressão atmosférica sobre a Antártica (Gong et al., 1999). Reboita et al. (2009) ao analisar a influência deste modo no clima da América do Sul verificaram que a fase negativa do SAM favorece a frontogênese durante o outono austral e está relacionado as anomalias positivas na precipitação do verão e outono no Sul do Brasil, Uruguai e na Argentina.

Além dos modos de variabilidade existe uma tendência de aumento da temperatura global nas últimas décadas devido aos impactos ambientais das atividades antrópicas, especialmente de emissões de gases do efeito estufa (Li et al., 2017a; Zhai et al., 2018). O Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas (IPCC) apresentou em seu 5º relatório um aumento na temperatura da superfície na região sul do Brasil entre 0.8°C – 1.75°C no período entre 1901 – 2012. Abrangendo forçantes naturais como, por exemplo, o ENOS, variações orbitais e forçantes antrópicas, com ênfase no aumento dos gases do efeito estufa, mudanças no uso e ocupação do solo.

Nesse contexto, a área onde situa-se Rio Grande apresentou um aumento de 1°C da Temperatura Média (IPCC, 2014). Corroborando com esse resultado do IPCC, Cordeiro et al. (2016) ao analisar as tendências no RS verificou aumento na Temperatura Máxima, média e mínima de 0.28°C, 0.58°C e 0.86°C, respectivamente. Sendo que em Rio Grande foi observado uma tendência significativa a 1% de diminuição na Temperatura Mínima, indo contra a tendência observada no estado, ademais, foi encontrada tendência significativa de 1% de aumento na Tmax e tendência com 10% de significância de aumento na Tmed (Cordeiro et al., 2016). Além disso, Rosso et al. (2015) ao observar as tendências da temperatura na região Sul do Brasil observou tendência positiva entre 1.4°C até 2.1°C na Tmax e na Tmed e negativa, entre -1.4 °C e -2.1°C na temperatura mínima.

A variabilidade da temperatura do ar em diferentes escalas temporais, desde o ciclo diário até as mudanças climáticas, afeta diretamente as atividades antrópicas influenciando na disponibilidade e qualidade dos alimentos, no conforto térmico e na sustentabilidade. Nesse contexto, o artigo mostra as variações da Temperatura Mínima, Média e Máxima do ar em Rio Grande, a fim de subsidiar pesquisas e ações do planejamento ambiental que possam melhorar a eficiência dos usos dos recursos naturais e minimizar as vulnerabilidades frente a variabilidade da temperatura. Adotando como objetivos principal a apresentação da climatologia

e análise da variabilidade da temperatura do ar em Rio Grande – RS no período de 1913 – 2016, usando a estatística descritiva para caracterizar as medidas de tendências central e de dispersão e a estatística inferencial para identificar os ciclos temporais e as teleconexões que configuram as variações anômalas da temperatura.

Metodologia

Os procedimentos metodológicos estão descritos em duas partes, onde são mostrados os dados e as técnicas estatísticas.

Dados

Rio Grande é um município localizado na porção sul do estado do Rio Grande do Sul (Figura 1) e sua localização estratégica (militar, industrial e portuária) favoreceu a instalação e manutenção de estações meteorológicas que totalizam mais de 100 anos de observações meteorológicas interrompidas.

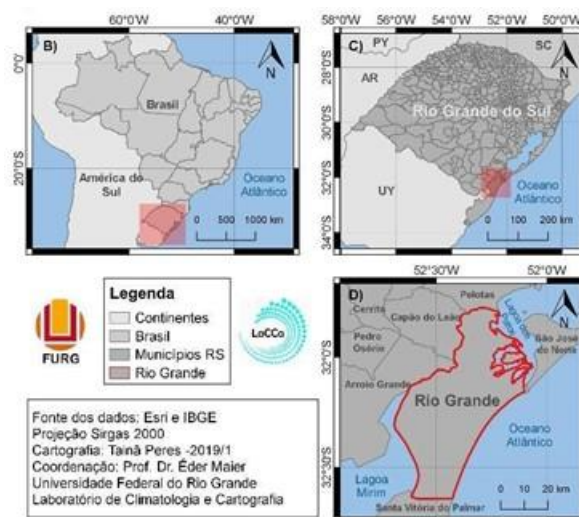


Figura 1 - Localização da Área de Estudo.

Os dados utilizados são médias mensais da Tmax, Tmed e Tmin em Rio Grande, do período entre 1913 e 2016, disponibilizados gratuitamente pelo Oitavo Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (8ºDISME/INMET), a partir do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande – FURG (IO/FURG). A série temporal é composta por observações meteorológicas na estação automática nºA802 e estação convencional nº83995, sendo que o controle de qualidade dos dados foi realizado pelo 8º DISME/INMET.

As observações meteorológicas do período entre 1913 e 2010 foram realizadas na estação convencional nº 83995, que mudou de endereço duas vezes e as observações entre 2010 e 2016 são

da estação automática nºA802 situada no Campus Carreiros da FURG (Figura 2)



Figura 2 - Localizações da Estação Meteorológica de Rio Grande entre 1913 até 2016.

A estação convencional no período entre 1913 – 1961 situava-se em uma área da praticagem da Barra do Rio Grande, próximo da desembocadura da Lagoa dos Patos. Posteriormente foi transferida para a Praça Tamandaré, no Centro da Cidade do Rio Grande, onde ficou operando entre 1961 – 1989. Por fim, foi transportada para o Campus da Universidade Federal do Rio Grande – FURG em 1989, e operou até o final da década passada, havendo uma sobreposição temporal das observações da estação convencional e da automática no mesmo sítio (Reboita e Krusche, 2018).

A série de 104 anos (1913-2016) foi separada em 3 períodos de 30 anos, que correspondem a 1921 – 1950, 1951 – 1980 e 1981 – 2010 com o intuito de analisar possíveis alterações climáticas. Também foram analisados períodos sazonais, que foram divididos em: Verão (Dezembro, Janeiro e Fevereiro - DJF), Outono (Março, Abril e Maio – MAM), Inverno (Junho, Julho e Agosto – JJA) e Primavera (Setembro, Outubro e Novembro – SON).

Os dados de TSM são provenientes da *Extended Reconstructed Sea Surface Temperature V5 (ERSST)* do *National Oceanic and Atmospheric Administration* que disponibiliza médias mensais da TSM entre 1854 até o presente, de todo planeta, com resolução espacial de 2° de latitude e longitude (Huang *et al.*, 2017). O recorte temporal dos dados da TSM é igual ao tempo de registros da temperatura em Rio Grande.

Análises estatísticas

A estatística descritiva é utilizada para descrever e agrupar um conjunto de dados, a fim compreender as medidas de tendência central e de distribuição (Sharma, 2020). A média aritmética

foi utilizada para calcular as médias mensais da temperatura de janeiro até dezembro, e é definida pela soma de todos os valores dividido pelo tamanho da amostra.

As médias mensais foram subtraídas de cada amostra da série, sendo gerada a anomalia. Em outras palavras, foi subtraído a média de janeiro das amostras de janeiro, as médias de fevereiro das amostras de fevereiro, até dezembro. Com isso, são maximizadas as variações que ocorrem em escalas temporais diferentes a sazonal, como, por exemplo, a interanual e interdecadal.

Para analisar a dispersão dos dados, a fim de caracterizar a variabilidade mensal da temperatura do ar, foi elaborado o diagrama de caixa, também conhecidos como *boxplots*, que mostra as tendências centrais de dispersão e a presença de valores extremos (*outliers*). Este diagrama é calculado a partir da identificação do valor mínimo e máximo e o cálculo dos quartis. O Limite Superior (Inferior) que define quando o dado é considerado um *outlier* é obtido pela amplitude interquartil x 1.5 somado (subtraído) pelo Quartil 3 (Quartil 1) (Oliveira *et al.*, 2020).

Os limiares entre o Quartil 1 (Q1) e Quartil 3 (Q3) são representados por uma caixa fechada de cor azul e representam 50% dos dados, separados pela mediana e são amostras que variam em torno da média. A amplitude do interquartil é representada por linhas tracejadas com um barramento no final, que identificam os dados que apresentam maior dispersão em torno da média. Adicionalmente, os *outliers* são considerados valores raros dentro do conjunto e que podem estar vinculados a fenômenos fora do comum e são representados por um sinal de (+) vermelho.

As séries temporais das anomalias da temperatura foram analisadas em 3 períodos (1921-1950, 1951-1980 e 1981-2010), usando a distribuição de frequência em Quantis, onde definiu-se 5 classes, conforme proposto por Farias (2012). Os limiares são apresentados na Tabela 1 e as classes 1 e 5 podem ser usadas como referência para eventos extremos de frio e calor, respectivamente.

Para avaliar a tendência na série temporal foi aplicada a regressão linear na série de anomalias, e para a avaliação da significância da equação de regressão foi utilizado o teste de Mann Kendall adotando como significância valores igual ou superior a 90%. Adicionalmente, utilizou-se a estatística inferencial para analisar o grau de dependência entre a temperatura em Rio Grande e a TSM, bem como, para quantificar os ciclos temporais registrados na observação da temperatura.

O índice de correlação de Pearson mensura a variação sincronizada de duas séries temporais (Corrar et al., 2009). O teste foi utilizado para verificar se a Temperatura Máxima, Média e Mínima apresentam variação sincronizada com a TSM, sendo analisado apenas as áreas com índices de correlação com significância estatística superior a 95%.

Tabela 1 – Limiares de Classes

Anomalias	LIMIARES				
	Classe 1 (C1)	Classe 2 (C2)	Classe 3 (C3)	Classe 4 (C4)	Classe 5 (C5)
Tmax	<-1.24°C	>-1.24°C e <-0.54°C	>-0.54°C e <0.41°C	>0.41°C e <1.33°C	>1.33°C
Tmed	<-1.17°C	>-1.17°C e <-0.44°C	>-0.44°C e <0.41°C	>0.41°C e <1.21°C	>1.21°C
Tmin	<-1.39°C	>-1.39°C e <-0.49°C	>-0.49°C e <0.54°C	>0.41°C e <1.44°C	>1.44°C

A *Wavelet* representa uma ferramenta matemática que é utilizada para a decomposição de um sinal, através de escalas (dilatação e compressão) e translação de *wavelet* (mãe). A aplicação da transformada de *Wavelet* Morlot permite distinguir as frequências dominantes (escalas ou períodos) para cada um dos senóides e a forma como elas evoluem numa amostragem (Chierice, 2003). Sendo adotado como limite temporal máximo 120 meses.

Resultados e discussão

As análises estatísticas são apresentadas em duas seções, onde são exploradas as características das medidas de tendências central e de dispersão no subcapítulo Estatística Descritiva e a investigação da relação da temperatura do ar com variáveis climáticas e oceanográficas no subcapítulo Estatística Inferencial.

Estatística Descritiva

A Tmax mensal em Rio Grande – RS variou entre 12.7°C e 30.9°C no período de 1913-2016 (Figura 3), com média de 22°C e um desvio padrão de 4.18°C. A Temperatura Média mensal possui limiares entre 9.7°C e 25.9°C, uma média de 18.58°C e desvio padrão de 4.0°C. Já a Temperatura Mínima mensal apresentou uma variação entre 5.5°C a 25.2°C, com uma média de

A análise de *Wavelet* foi utilizada para mensuração dos ciclos temporais. Ela consiste em aproximar uma função por combinação linear de funções básicas (*wavelita*), obtendo assim uma boa representação da função original tanto no domínio das frequências como no domínio temporal.

15.15°C e desvio padrão de 3,96°C.

A principal forçante da variabilidade sazonal da Tmax, Tmed e Tmin é movimentos orbital (translação), associado à inclinação do eixo da terra que causa variações na incidência solar (Figura 4), com o predomínio do registro das temperaturas mais elevadas no verão austral e as menores no inverno. Sendo fevereiro e julho os meses que apresentam os limiares máximos e mínimos das temperaturas, respectivamente.

No verão austral a Temperatura Máxima, Média e Mínima é de 26.95°C, 23.29°C e 19.64°C, respectivamente, mensurando a média dos três meses de cada estação sazonal. Já no inverno, a Tmax, Tmed e Tmin é de 16.94°C, 13.66°C e 10.41°C. Durante o outono a máxima é de 23.18°C, a média de 19.64°C e a mínima de 16.09°C. Já durante a primavera a máxima, média e mínima são de: 20.96°C, 17.70°C e 14.45°C, respectivamente. Os resultados corroboram com a classificação climática elaborada por Reboita e Krusche (2018), usando parâmetros de Köppen-Geiger.

As análises das dispersões dos dados podem evidenciar características da variabilidade climática da temperatura em Rio Grande. Nesse contexto, serão apresentados os diagramas de caixa da Temperatura Máxima, Média e Mínima nas Figuras 5, 6 e 7.

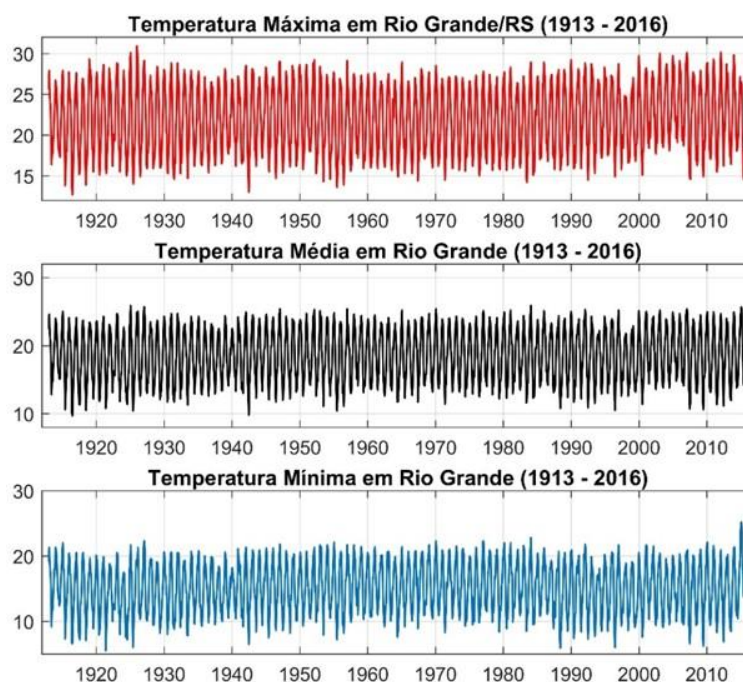


Figura 3. Temperatura do ar em Rio Grande (1913 - 2016).

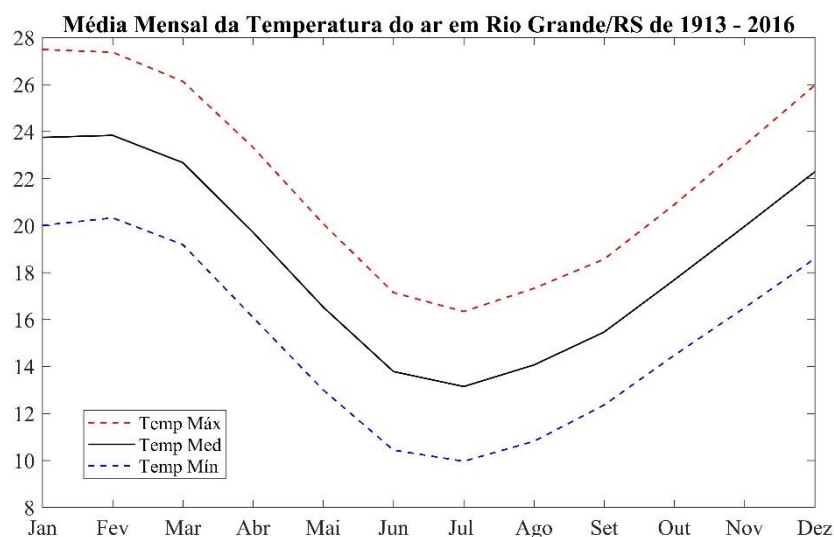


Figura 4. Média Mensal da Temperatura do Ar em Rio Grande de 1913 - 2016.

Na Figura 5 observa-se que a Tmax apresenta menor dispersão em e novembro, dezembro e janeiro, com amplitude de variação de 5.2°C, 4.4°C e 4.6°C, respectivamente. Entretanto, os meses dezembro e janeiro apresentam ocorrências de *outliers*, sendo dezembro o que possui a maior quantidade, quando comparado com os outros meses do ano, com 5 observações de eventos extremos da Temperatura Máxima, que ocorreram em: 1948 (28.5°C), 1994 (28.3°C), 2006

(28.6°C) e 2012 (28.7°C) e uma ocorrência em 2015 (22.9°C), que registrou baixa magnitude da Tmax.

Os meses que apresentam maior dispersão são os de maio, julho e junho, com amplitude de variação de 7.1°C; 7.1°C e 6.6°C, respectivamente e com a presença de dois *outliers*, um em junho e outro julho, ambos associados a temperaturas elevadas, que ocorreram em junho de 2005 (22.3°C) e em julho de 2006 (21°C).

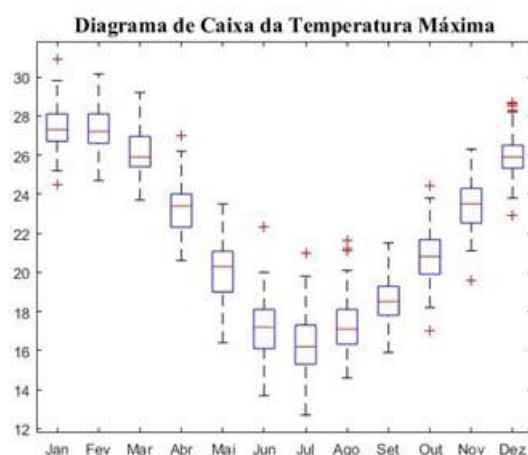


Figura 5. Diagrama de Caixa da Temperatura Máxima Mensal. Eixo X representa os meses e Eixo Y a Temperatura em °C.

Na Figura 6 o diagrama de caixa mostra o agrupamento das médias mensais da Temperatura Média. Observa-se que são os meses de dezembro, janeiro e fevereiro que apresentam menor

dispersão, com amplitude de variação de e 4.1°C, 3.7°C e 4.1°C, respectivamente. Já os meses de maio, junho e julho são os apresentam maior dispersão, com variação de 7.3°C, 8.1°C e 7.7°C.

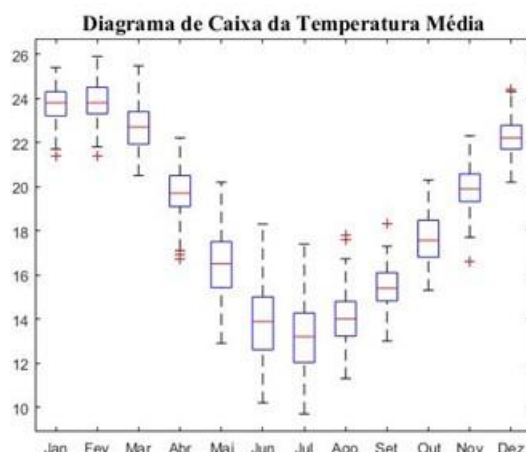


Figura 6. Diagrama de Caixa da Temperatura Média Mensal. Eixo X representa os meses e Eixo Y a Temperatura em °C

Os *outliers* foram registrados nos meses de abril e agosto, com duas ocorrências em cada mês, sendo os de abril eventos frios em 1999 (16.7°C) e 1924 (16.9°C) e mês de agosto com eventos quentes que ocorreram em 2015 (17.82°C) e em 2001 (17.6°C).

Na Figura 7 o diagrama de caixa mostra o agrupamento dos dados da Temperatura Mínima. Os meses que apresentam menor dispersão são dezembro, janeiro e setembro com amplitude de variação de 4.8°C; 4.9°C e 5.0°C, respectivamente. Já os meses que apresentam maior dispersão são

abril, maio e junho com variação de 8.0°C, 9.8°C; 9.4°C. Em relação aos *outliers*, os meses que registraram uma maior quantidade foram os meses de janeiro, fevereiro e setembro. Em janeiro o outlier evidencia um evento quente que ocorreu em 2015 (24.1°C) e um evento frio em 1994 (16.6°C), e em fevereiro ocorreram eventos quente e frio, em 2015 (25.2°C) e em 1994 (16.3°C), respectivamente. Por fim, em setembro ocorreram um evento quente no ano de 1971 (15.9°C) e um evento frio no ano de 1941 (9.2°C).

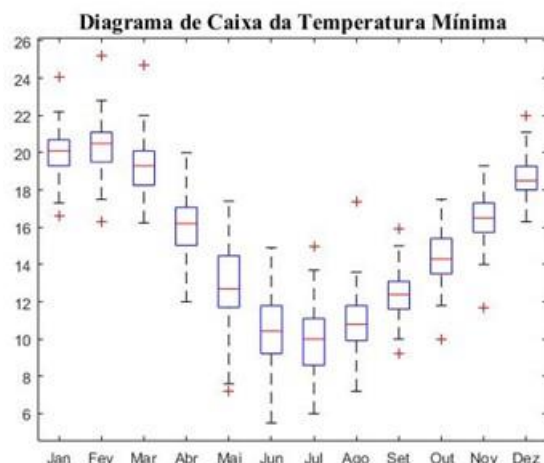


Figura 7. Diagrama de Caixa da Temperatura Mínima Mensal. Eixo X representa os meses e Eixo Y a Temperatura em °C

Ao comparar as três variáveis, Tmax, Tmed e Tmin, observa-se que são os meses que compõem a primavera e verão austral que apresentam menor variação. Em contrapartida, são os meses do verão que possuem o maior número de registros de *outliers*. Já os meses que apresentam a maior variabilidade são os do final do outono e início do inverno. Entretanto, a Temperatura Máxima possui a menor variação nesses meses, quando comparado com as outras variáveis. Sendo que essa variabilidade no outono e inverno pode estar associada aos impactos do Modo Anular do Sul, que influencia na frontogênese (Reboita et al., 2009).

Para ampliar as discussões sobre a variabilidade da temperatura do ar em Rio Grande, a série temporal foi dividida em 3 períodos de 30 anos. Nas Figuras 8, 9 e 10 são mostradas as médias mensais para os três períodos entre 1921-1950, 1951-1980 e 1981-2010.

Na Figura 8 observa-se a média mensal da Tmax, sendo o período que apresenta as maiores médias são referentes ao período 1981 – 2010,

principalmente no inverno e na primavera. Outro aspecto importante é que Temperatura Máxima no período de 1951 – 1980 é o que apresenta as menores médias mensais, com exceção de outubro, que registra a menor magnitude no período entre 1921 – 1950.

Na Figura 9 tem-se as médias mensais da Temperatura Média em Rio Grande, e é o período entre 1921 – 1950 que apresenta as menores médias mensais, já as maiores são registradas no período entre 1981 – 2010, com exceção de janeiro, fevereiro, junho e julho, os quais possuem as maiores magnitudes entre 1951 – 1980.

Na Figura 10 são mostradas as médias mensais da Tmin e é observado que o período de 1951 – 1980 apresentou temperaturas mínimas mais amenas, quando comparado com os outros dois períodos. Já entre 1921 – 1950 e 1981 – 2010 são os que registram os menores valores de médias mensais da Temperatura Mínima, com ênfase ao período 1921 – 1950, que foi mais frio, com exceção dos meses de fevereiro, junho, julho e setembro.

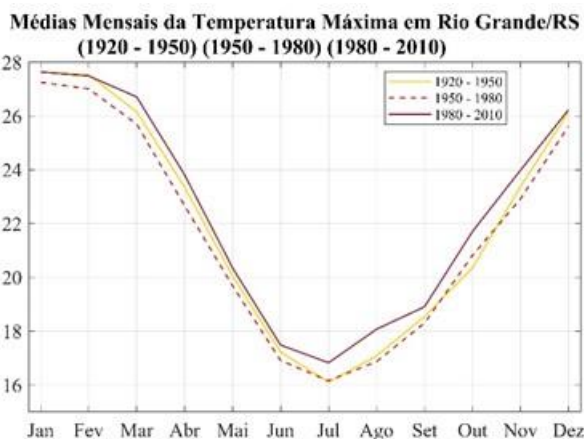


Figura 8. Média Mensal da Temperatura Máxima em Rio Grande nos Períodos de 1920 - 1950; 1950 - 1980; 1980 - 2010.

Em outras palavras, observa-se um aumento das temperaturas entre o século XX e XXI, corroborando com tendências encontradas por Pernereiro e Meschiatti (2018) e Cordeiro et al. (2016). Entretanto, as três variáveis (Temperatura

Máxima, Média e Mínima) apresentam comportamento distinto e podem conter variações cíclicas dos modos de variabilidade que serão apresentadas posteriormente.

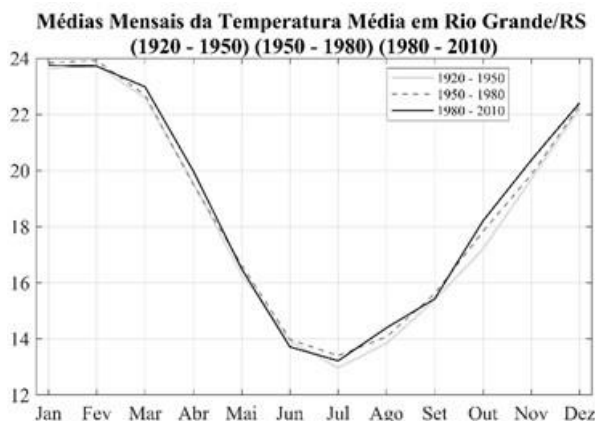


Figura 9. Média Mensal da Temperatura Média em Rio Grande nos Períodos de 1920 - 1950; 1950 - 1980; 1980 - 2010.

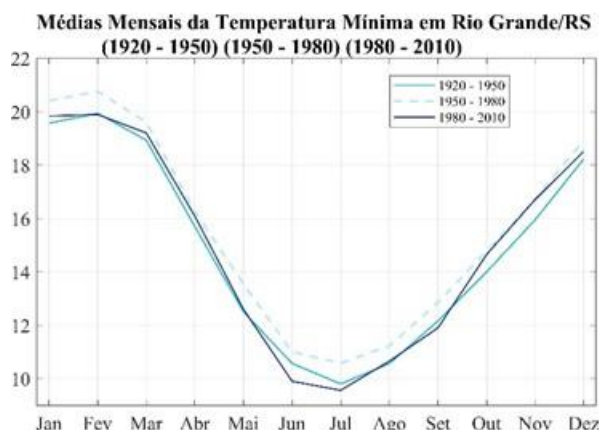


Figura 10. Média Mensal da Temperatura Mínima em Rio Grande nos Períodos de 1920 - 1950; 1950 - 1980; 1980 - 2010..

Para quantificar as tendências da temperatura foram geradas as equações lineares da anomalia da Tmax, Tmed e Tmin nos 3 períodos e

os resultados são mostrados na Tabela 2. Sendo possível observar um comportamento distinto entre as variáveis e ao longo do tempo.

Tabela 2. Tendências Lineares da Temperatura do Ar em Rio Grande para os Períodos de: 1920 – 1950; 1950 – 1980; 1980 – 2010. (* Significante a 99%) (** Significante a 95%) (***) Significante a 90%)

	1921 - 1950	1951 - 1980	1981 - 2010
Tar			
Tmax	0.42*	-0.03	1.38*
Tmed	0.79*	0.14	0.36***
Tmin	1.13*	0.29	-0.51**

As tendências no início do século XX foram de aumento temperatura do ar sendo todas com significância a 99% e com maior aumento na T_{min}. Essas tendências de aquecimento intensificaram-se no período mais atual (1980 - 2010), especialmente da Temperatura Máxima, com uma tendência de aumento de 1.38°C, ao mesmo tempo, a Temperatura Mínima apresentou uma tendência de resfriamento de -0.51°C com significância de 95%. Mostrando que o período 1980 - 2010 apresenta uma tendência inversa nos extremos de temperatura (T_{max} e T_{min}), o que pode estar associada as mudanças climáticas, conforme discutido por Cordeiro et. al. (2016).

Em uma análise de todo período de observação da temperatura (1913 - 2016), observou-se tendência de aquecimento da Temperatura Máxima, Média e Mínima, com magnitudes de 0.91°C, 0.55°C e 0.42°C, respectivamente, sendo todas estatisticamente significativa a 99%. Esses resultados corroboram com as análises do IPCC (2014), que demonstram um aumento da Temperatura na Superfície Global de 0.85°C no período entre 1880 - 2012.

Além da variabilidade sazonal da temperatura, há variações por forçantes astronômicas, remotas e locais que causam meses mais quentes ou mais frios, quando comparados às médias mensais. Nesse contexto, são apresentados os resultados das análises das anomalias da temperatura.

As variações anômalas da temperatura em Rio Grande são mostradas em 5 classes (Figuras

11, 12 e 13). Em uma análise visual das distribuições de frequência observa-se evidências do aquecimento, visto que ao comparar o período entre 1920-1950 com 1980-2010 ocorre a maior presença de anomalias positivas nos anos mais recentes.

Para exemplificar, as anomalias da T_{max} (Figura 11) evidenciam um aumento de meses com temperaturas anômalas entre 0.41°C - 1.21°C e 1.21°C e 4.43°C (classes 4 e 5) no período entre 1980-2010, bem como, observa-se maior ocorrência de meses com anomalias entre -3.57°C - -1.17 °C e -1.17 °C - -0.44°C (classes 1 e 2) no período 1950-1980. Esse resultado corrobora com a tendência do aumento da temperatura apresentada por Cordeiro et al. (2016) e pelo IPCC (2014).

Já no período de 1920 - 1950 a distribuição de frequência das anomalias da Temperatura Máxima apresenta uma distribuição normal mesocúrtica. Em outras palavras, a simetria da distribuição de frequência do período de 1920-1950 mostra uma variabilidade natural da temperatura, já a assimetria dos períodos 1950-1980 e 1980-2010 podem estar associados ao aquecimento global antrópico, especialmente porque o período 1950-1980 apresenta maior frequência de anomalias negativas (classes 1 e 2) e o período 1980-2010 com maior frequência de anomalias positivas (classes 4 e 5).

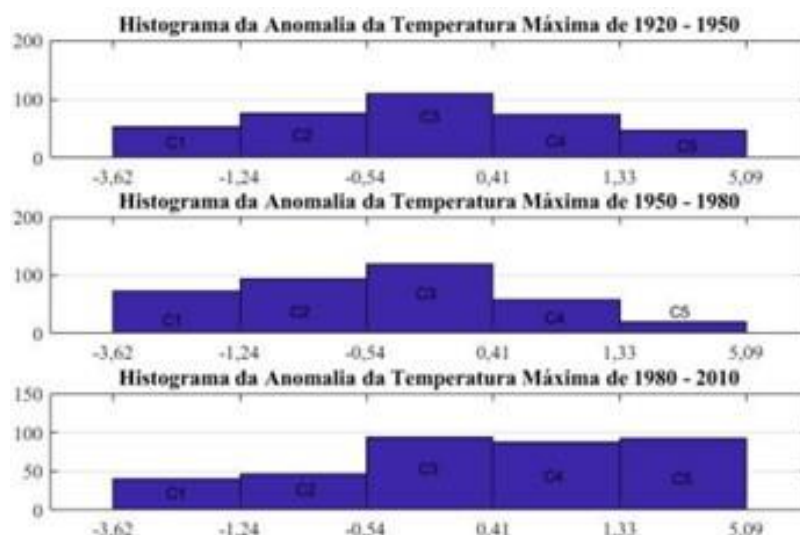


Figura 11. Histograma da Anomalia da Temperatura Máxima.

Na Figura 12 observam-se as distribuições de frequências da anomalia da Temperatura Média no município de Rio Grande/RS. Constatase um aumento das frequências das classes com anomalias positivas e diminuição das frequências das classes com anomalias negativas, quando se compara os três períodos, tornando-se mais uma evidência do aquecimento ao longo do tempo. No período entre 1920 - 1950 as frequências das classes apresentam uma assimetria positiva, ou seja, uma maior distribuição nas classes, deixando a curva mais achatada e uma maior quantidade de meses com anomalia negativa quando comparado com os da anomalia positiva.

No período entre 1950 - 1980 observou-se uma distribuição de eventos entre a classe com uma distribuição normal mesocúrtica, tendo a classe 3 (representa valores próximo a média) com a maior quantidade de dados quando comparado com os outros períodos. No histograma de 1980 - 2010 é observado uma distribuição platicúrtica, ou seja, a curva mais achatada com uma menor diferença de frequência entre os eventos da Classe 3 (ao redor da média) que os demais. Em outras palavras, uma distribuição platicúrtica representa maior frequência de ocorrência de eventos extremos da temperatura, seja anomalias negativas ou positivas, mas a maior frequência da classe 5 evidencia um aquecimento.

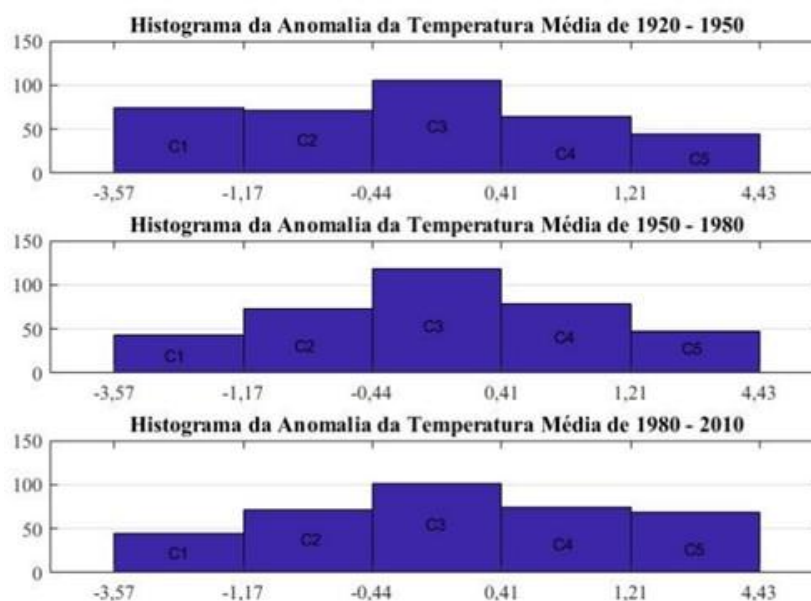


Figura 12. Histograma da Anomalia da Temperatura Média.

Na Figura 13 são observadas as distribuições de frequências das anomalias de Temperatura Mínima de Rio Grande/RS. Sendo que no período de 1920 - 1950 a distribuição de frequência teve uma assimetria positiva, com as frequências das anomalias negativas maiores do que as anomalias positivas, tendo nesse período a menor frequência nas classes 4 e 5, quando comparado aos demais períodos. Já no intervalo entre 1950 e 1980 é observado o inverso, as maiores frequências ocorrem nas classes 3, 4 e 5, ou seja, o período foi caracterizado pela ocorrência

mais frequente de anomalias positivas da Temperatura Mínima. No período entre 1980 - 2010 é observado uma distribuição platicúrtica, onde as frequências estão mais distribuídas entre as classes, com máxima na classe 3. Em outras palavras, as assimetrias dos períodos 1920-1950 e 1950-1980 mostram um aquecimento e a distribuição platicúrtica evidencia maior frequência eventos extremos, seja de anomalias negativas ou positivas.

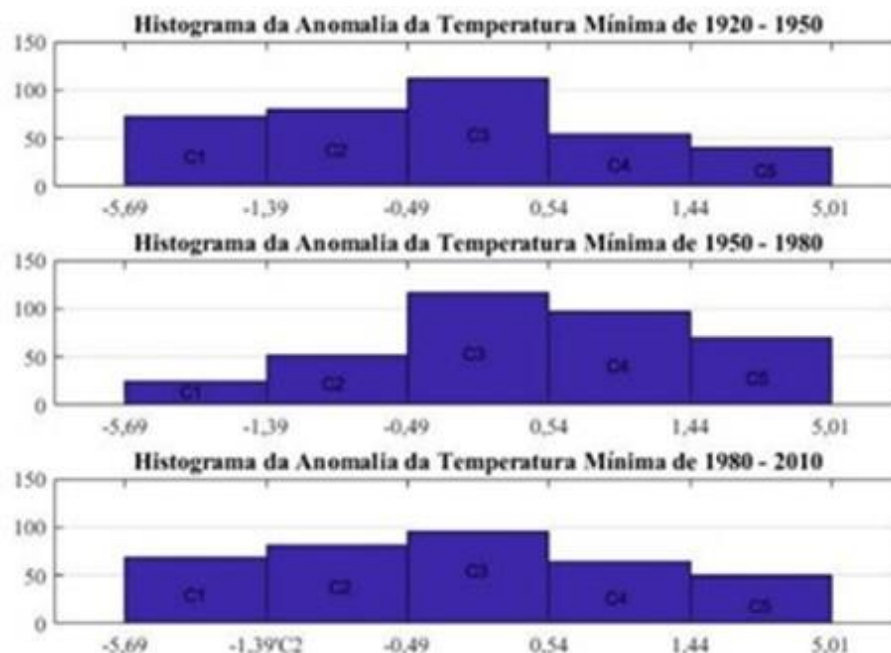


Figura 13. Histograma da Anomalia da Temperatura Mínima.

Estatística Inferencial

As técnicas da estatística inferencial permitem identificar ciclos nas séries temporais usando a análise de *Wavelet* e verificar as relações entre as variações anômalas da TSM com as anomalias da temperatura do ar em Rio Grande, usando índices de correlação.

A Transformada de *Wavelet* é uma ferramenta útil para identificar os ciclos temporais, permitindo distinguir as frequências dominantes e como elas evoluem em uma amostragem ao longo do tempo. Nos Espectrogramas o eixo horizontal representa o período de observação (1913 até 2016) e o eixo vertical mostra a periodicidade (em anos) da ciclicidade registradas nas séries das anomalias da temperatura em Rio Grande. Já a ocorrência temporal dos ciclos é mostrada pela potência espectral em tons de amarelo.

Ao observar os espectrogramas referentes à temperatura do ar em Rio Grande (Figura 14, Figura 15 e Figura 16) é possível verificar que os ciclos temporais das anomalias da Temperatura Máxima, média e mínima ocorrem com frequência de 1, 4, 6 e 8 anos. Sendo que essas frequências ocorrem nas três séries simultaneamente, com predomínio das frequências de 6 e 8 anos na Tmax,

de 6 anos na Temperatura Média e de 4 anos na Temperatura Mínima.

O ciclo de 1 ano está associado a sazonalidade da Temperatura Máxima, média e mínima, e as variações em torno da média mensal podem estar associadas a causas naturais como, por exemplo, fatores locais, troca de energia entre o continente e oceano, a umidade no solo e atmosfera, etc.

O ciclo com frequência de 4 anos pode estar relacionado com o fenômeno El Niño Oscilação Sul, visto que o padrão temporal ocorre nesse intervalo de tempo e estudos como os realizados por Sansigolo et al. (2006), Lopes e Berlatto (2002) e Firpo et al. (2012) mostram que as fases fria e quente do fenômeno ENOS causam variabilidade da Temperatura Média e Mínima, com ocorrência de ondas de calor e ondas de frio no Rio Grande do Sul. Bem como, essas variabilidades interanuais podem estar vinculadas ao comportamento do Modo Anular do Sul que fortalece (inibe) a ciclogênese e frontogênese durante sua fase negativa (positiva), consequentemente, aumentando (diminuindo) o número de frentes frias e ciclones na região subtropical da América do Sul (REBOITA et al., 2009).

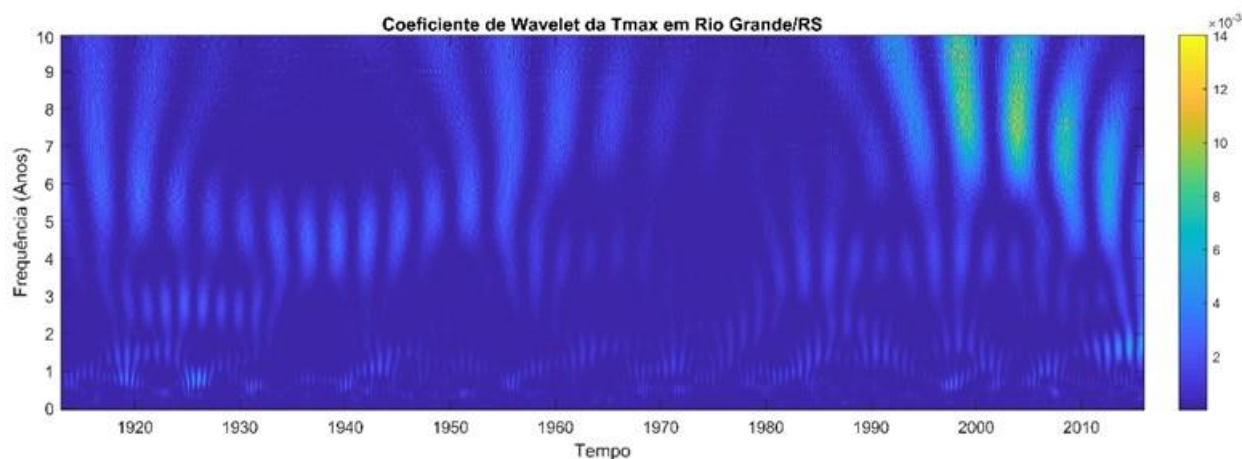


Figura 14. Espectrograma da Temperatura Máxima em Rio Grande.

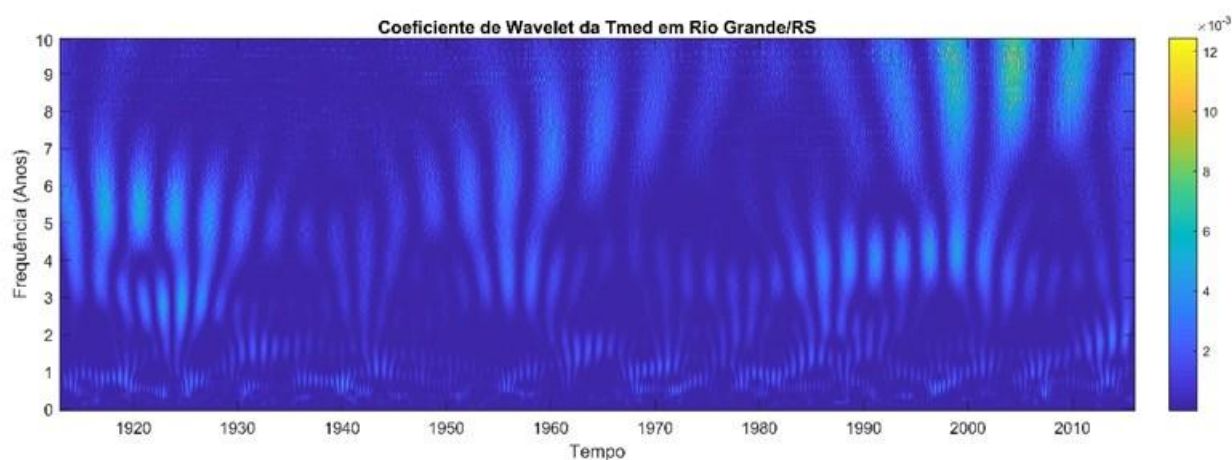


Figura 15. Espectrograma da Temperatura Média em Rio Grande.

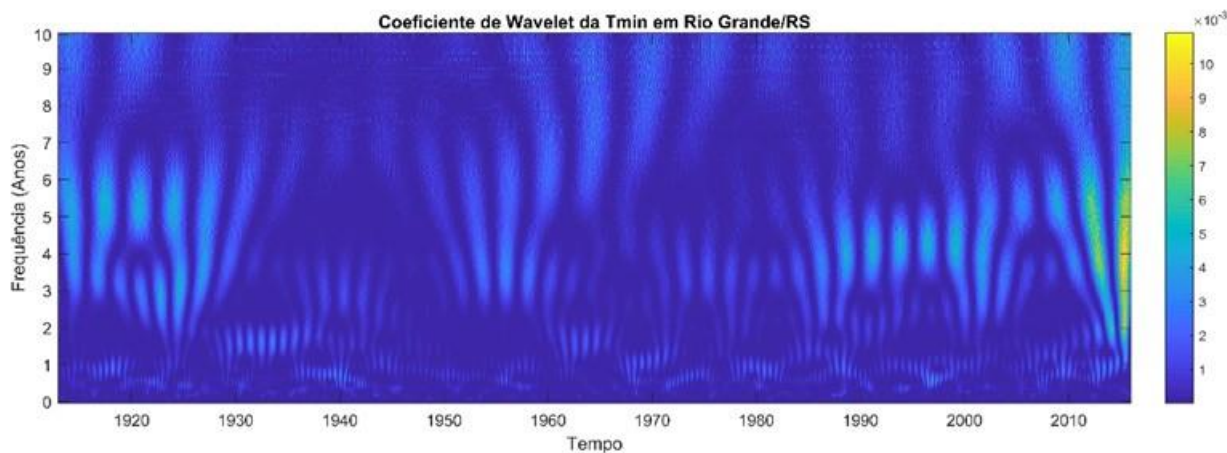


Figura 16. Espectrograma da Temperatura Mínima em Rio Grande.

Os ciclos de 6 e 8 anos podem estar vinculados a fenômenos que possuam menor frequência temporal, como a Oscilação Decadal do Pacífico e da Oscilação Multidécadal do Atlântico, e aos impactos desses fenômenos associados às

fases ENOS, visto que a influência do El Niño e La Niña nas variáveis climáticas são maximizadas quando as fases do ENOS são iguais as fases das oscilações do Pacífico ou do Atlântico, e vice-versa (Kayano e Andreoli, 2006). Por exemplo, as

anomalias negativas e positivas da temperatura associadas ao El Niño e La Niña do final dos anos 90 e início dos anos 2000 evidenciou com maior potência espectral o ciclo de 8 anos evidenciadas na Figura 14 e Figura 15.

Nesse contexto, foram calculadas as correlações entre a Temperatura Máxima, média e mínima com a temperatura da superfície do mar no período entre 1913 e 2016, no intuito de verificar a influência remota da superfície dos oceanos na configuração temporal da temperatura em Rio Grande. Sendo que as correlações positivas indicam que o aquecimento ou resfriamento da superfície do oceano está associado predominantemente às anomalias positivas ou negativas da temperatura em Rio Grande, respectivamente. Já as correlações negativas, o aquecimento ou resfriamento do oceano está associado predominantemente as anomalias negativas ou positivas da temperatura em Rio Grande, respectivamente.

Temperatura Máxima

A Figura 17A mostra o mapa de correlações positivas entre a Tmax em Rio Grande e a temperatura da superfície do mar sobre o Oceano Atlântico, na costa sul/sudeste da América do Sul e no Oceano Pacífico, em latitudes tropicais, na porção oeste da bacia oceânica.

Evidenciando que a influência do oceano próximo ao município tem variações sincronizadas com Temperatura Máxima, isso pode estar associado às trocas de energia entre o oceano e a atmosfera, bem como, a intensificação da circulação atmosférica e oceânica, quando essa circulação ocorre no sentido das baixas para as médias latitudes há transporte ar e águas oceânicas superficiais mais quentes e quando há intensificação dos fluxos do quadrante sul se evidencia o transporte de ar e águas mais frias (Reboita et al., 2012).

A correlação positiva sobre o Oceano Pacífico Tropical, na porção oeste da bacia oceânica, pode estar associada aos impactos do fenômeno ENOS e sua associação com a PDO. Tendo em vista que a ocorrência do El Niño e a La Niña geram anomalias na TSM do Pacífico, em baixas latitudes, em um modelo bi espacial entre o leste e oeste. Para exemplificar, as correlações positivas indicam que predomina a ocorrência de anomalias positivas ou negativas da TSM no oeste do Pacífico e o registro de anomalias positivas ou negativas da Temperatura Máxima em Rio Grande, respectivamente. E essas variações podem estar associadas a ocorrência de El Niño ou La Niña, que causam aumento da intensidade e frequência dos

sistemas frontais ou maior estabilidade atmosférica em Rio Grande, respectivamente.

Nas regiões Niño as correlações não apresentam significância estatística de 95% (Figura 17A), quando a análise compara as séries ao longo de todas as estações sazonais, visto que as correlações no verão são negativas e no inverno positivas (Figura 17B e Figura 1D). Nesse contexto, as baixas correlações indicam que há diferentes impactos na Tmax em Rio Grande com a variação sazonal durante a ocorrência do El Niño ou La Niña.

Em uma análise sazonal (Figura 17B, D e E) observa-se que no verão (Figura 17B) há correlações negativas na região do El Niño 3.4, isso significa que uma La Niña tende a influenciar com anomalias positivas de temperatura, enquanto que durante um El Niño as temperaturas são mais amenas, corroborando com resultados descritos por Cordeiro et al. (2016). Durante o Outono (Figura 17C), além da correlação positiva local, é perceptível correlação entre 0.2 – 0.3 no Pacífico Sul desde a costa centro/sul da América do Sul até a porção oeste do Oceano Pacífico.

O Inverno austral (Figura 17D) foi a única estação que foi observado correlação positiva na região do ENOS, isso indica que, durante o El Niño as temperaturas máximas em Rio Grande tendem a ser acima da média, já durante a La Niña ocorre o inverso, as temperaturas tendem a ser menores que a média. Além disso é observado correlações positivas no Oceano Atlântico entre as latitudes 20°S até 50°N que podem estar vinculadas a influência do Oscilação Multidecadal do Atlântico que gera mudanças nos jatos de baixos níveis e, com isso, podendo gerar alterações na umidade e bandas de nuvem (Kayano e Setzer, 2018)

As correlações observadas na primavera (Figura 17E) se mostraram bem semelhantes à do Outono, com exceção da correlação encontrada no oceano Atlântico Tropical, que, assim como visto nas correlações do inverno, podem ser vinculados a influências da Oscilação Multidecadal do Atlântico em Rio Grande.

As correlações sobre o Oceano Índico podem estar associadas ao modo de variabilidade desse oceano ou as variações sincronizadas ao ENOS, as quais demandam de estudos específicos e não explorados neste trabalho.

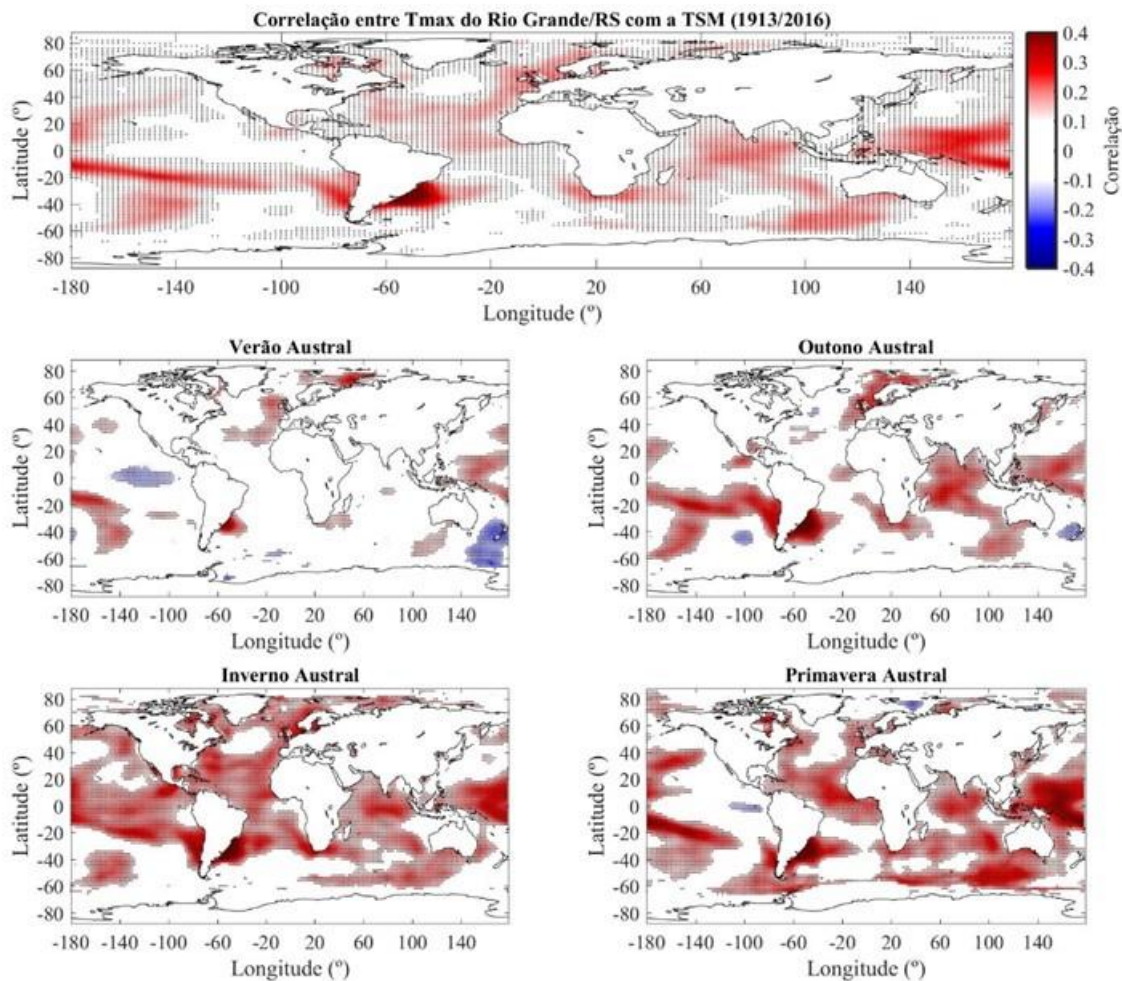


Figura 17. Correlações entre a Temperatura da Superfície do Mar e a Temperatura Máxima em Rio Grande. A) Correlação Anual. B) Correlação no Verão Austral. C) Correlação no Outono Austral. D) Correlação no Inverno Austral. E) Correlação na Primavera Austral.

Temperatura Média

A Figura 18A mostra o mapa de correlação entre a TSM e a Tmed mensal de Rio Grande. Sendo possível observar correlação positiva entre 0.3 e 0.4 (as mais altas presentes no mapa) e com significância estatística de 95% na costa oeste da América do Sul entre as latitudes de -20° e -60° e longitudes de -70° e -100° e na costa Leste da América do Sul na porção oceânica entre o Sul do Uruguai e Leste Brasileiro. Além disso, foi observado uma correlação positiva na região do Niño 3.4 e 4. Evidenciando, assim, que a maior influência na Temperatura Média é regional e/ou local.

As análises sazonais mostram correlações entre a TSM e a Tmed nas 4 estações. Na Figura 18B mostra a correlação no verão, apresentando as maiores correlações (positiva) na costa oeste da América do Sul, próximo à área de estudo, evidenciando que a maior parte da variação da

Temperatura Média do verão é decorrente da troca de energia entre a atmosfera e o oceano.

Durante o outono (Figura 18C) são observadas correlações positiva no oceano Atlântico na porção leste da costa da América do Sul e no Oceano Pacífico por toda a costa Oeste da América do Sul, na área correspondente a região do Niño 3.4 e Niño 4. Ademais, foi encontrado uma correlação negativa de baixa magnitude (entre -0.2 e -0.1) na área oceânica entre a América do Sul e Antártica.

Na Figura 18D as correlações positivas são mais fortes durante o Inverno (entre 0.3 e 0.4) sobre o Atlântico Sul, próximo ao município em estudo e, também, no Leste do Oceano Pacífico na costa Oeste da América do Sul, nas regiões Niño. Isso pode representar as influências locais e dos Modos de Variabilidade Climática, especialmente o ENOS e PDO.

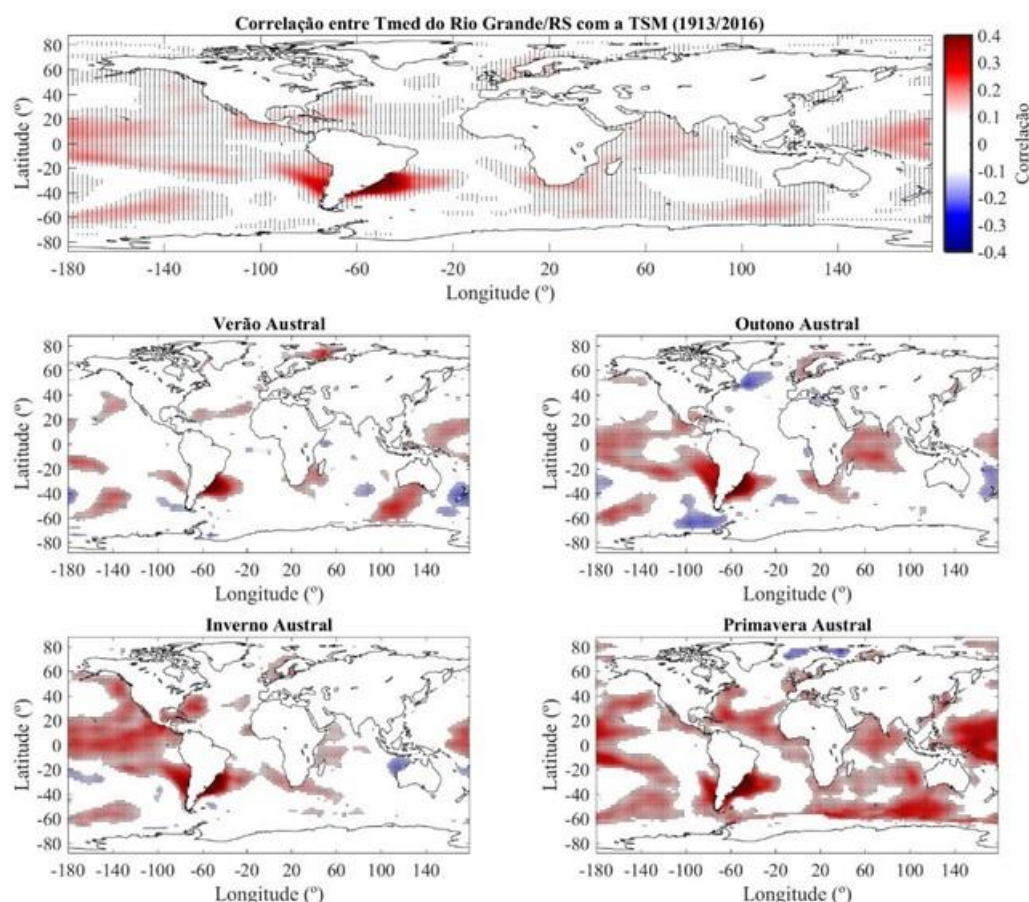


Figura 18. Correlações entre a Temperatura da Superfície do Mar e a Temperatura Média em Rio Grande. A) Correlação Anual. B) Correlação no Verão Austral. C) Correlação no Outono Austral. D) Correlação no Inverno Austral. E) Correlação na Primavera Austral.

As correlações encontradas entre a TSM e a Temperatura Média na primavera (Figura 18E) são predominantemente positivas, sendo que os maiores índices estão situados no Oceano Atlântico Norte, abrangendo uma área que se estende desde a parte sul da costa Estadunidense até o Oeste do continente Africano, esse padrão espacial pode indicar que modo de variabilidade Oscilação Multidecadal do Atlântico influencia na Tmed na primavera austral. Na região Niño 4 do ENOS foi observado correlação entre 0.1 e 0.2. Adicionalmente, as correlações sobre o Oceano Índico no outono e na primavera podem estar associadas ao modo de variabilidade desse oceano ou as variações sincronizadas ao ENOS. Sendo necessário estudos específicos de teleconexões para descrever a dependência entre esses modos de variabilidade e a temperatura em Rio Grande.

Temperatura Mínima

A Figura 19A mostra o mapa de correlações entre a Tmin em Rio Grande e a TSM. Nela é possível constatar correlações positivas entre 0.3 e 0.4 no Oceano Atlântico, na costa

sul/sudeste da América do Sul e no Oceano Pacífico, em latitudes tropicais, na porção oeste da bacia oceânica. Evidenciando que a influência do oceano próximo ao município tem variações sincronizadas com Temperatura Mínima, ou seja, quando ocorre o aumento da temperatura nessas porções oceânicas há maior possibilidade da Tmin em Rio Grande também aumentar e vice-versa. Na análise sazonal observa-se a influência da TSM na Temperatura Mínima em Rio Grande. Na Figura 19B são mostradas as correlações no verão austral e observar correlação positiva (entre 0.3 e 0.4) no Oceano Atlântico Sul na parte sul-sudeste da América do Sul, correlação positiva (entre 0.1 e 0.25) na Bacia Oceânica entre a Antártica e a Austrália e correlação positiva e negativa sobre o Oceano Atlântico Norte, em uma faixa entre 0° e 20° de latitude, em um padrão espacial semelhante à Oscilação Multidecadal Atlântico. As correlações negativas situadas entre a América do Sul e a Península Antártica mostram uma relação em que as temperaturas anômalas positivas/negativas da temperatura mínima podem estar relacionadas com o

resfriamento/aquecimento da TSM austral, com a desintensificação/intenificação da passagem de massas de ar polar em Rio Grande.

Na Figura 19C são mostradas as correlações durante o outono austral e observa-se correlações positivas na região do Atlântico Sul próximo à área de estudo (entre 0.3 e 0.4) e na região do Niño 3.4 e 4 com intensidade entre 0.2 e 0.3. E correlações negativas no Sul do Oceano Pacífico e no Oceano Atlântico Norte, entre as latitudes de 40° e 60°. Evidenciando o fortalecimento das influências austrais e do Oscilação Mutidecadal Atlântico, quando comparado ao verão austral.

A Figura 19D mostra as correlações durante o inverno e observa-se a predominância da influência local e da PDO/ENOS, visto que as correlações no Oceano Pacífico abrangem latitudes tropicais e subtropicais, que apresentam uma ciclicidade de baixa frequência (interdecenal e decenal). Adicionalmente, na primavera (Figura 19E) essa relação local e com os modos de variabilidade do Pacífico Tropical são semelhantes ao inverno. Predominando a ocorrência de anomalias positivas/negativas da Temperatura Mínima em Rio Grande com o registro de anomalias positivas/negativas da TSM nas regiões Niño e no Atlântico Sul, próximo do município.

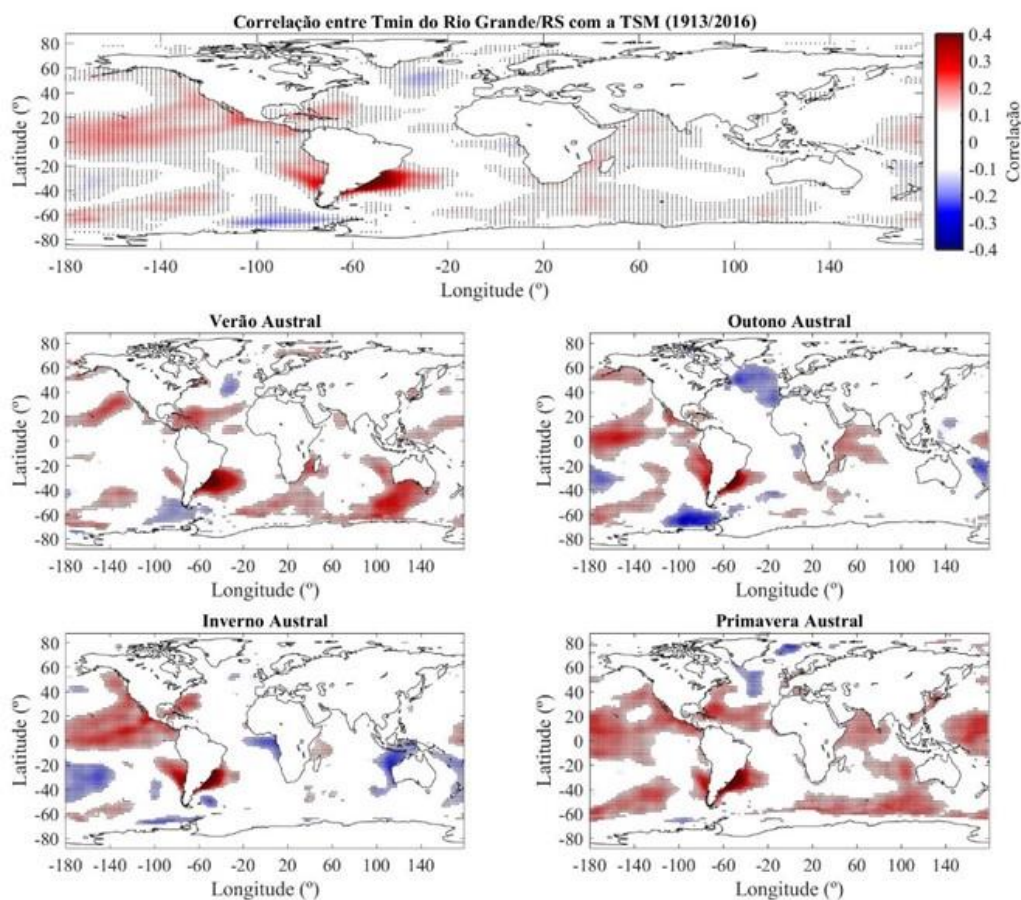


Figura 19. Correlações entre a Temperatura da Superfície do Mar e a Temperatura Mínima em Rio Grande. A) Correlação Anual. B) Correlação no Verão Austral. C) Correlação no Outono Austral. D) Correlação no Inverno Austral. E) Correlação na Primavera Austral.

Conclusão

As variações sazonais da temperatura do ar em Rio Grande estão associadas a sazonalidade da radiação solar incidente. Mas quando se compara os 3 períodos (1920 – 1950, 1950 – 1980 e 1980 – 2010) percebe-se variações temporais que evidenciam um aumento das temperaturas, predominando o registro de médias mensais maiores no período 1980 – 2010, quando

comparado ao período 1920 – 1950. Adicionalmente, observou-se uma tendência de aquecimento da Temperatura Máxima, Média e Mínima, com magnitudes de 0.86°C, 0.51°C e 0.38°C, respectivamente e as distribuições de frequências mostram um aumento do número de meses com anomalias positivas da temperatura.

Na análise das variações temporais anômalas da temperatura observa-se ciclos com frequências de 1, 4, 6 e 8 anos. Sendo que o ciclo

de 1 ano está associado a sazonalidade da temperatura e os ciclos de 4, 6 e 8 anos podem ser variações sincronizadas da temperatura em Rio Grande com os modos de variabilidade climática. Nesse contexto, os índices de correlações mostram que as variações temporais da temperatura sofrem influências dos fenômenos que ocorrem nos Oceanos Pacífico, Atlântico e Antártico. Onde as correlações positivas, predominantes em latitudes tropicais e subtropicais, evidenciam que as anomalias positivas/negativas da temperatura em Rio Grande ocorrem sincronizadas com o aquecimento/resfriamento anômalo da TSM. E as correlações negativas, predominante em altas latitudes, evidenciam que as anomalias positivas/negativas da temperatura em Rio Grande ocorrem associadas a resfriamento/aquecimento anômalo da TSM.

Por fim, o trabalho teve como objetivo principal descrever a variabilidade temporal da temperatura em Rio Grande, com o intuito de subsidiar novas pesquisas, o planejamento ambiental e a tomada de decisão. Ao mesmo tempo, não esgota as discussões específicas sobre as relações com os modos de variabilidade, os mecanismos atmosféricos locais e regionais que configuram as variações da temperatura e as mudanças climáticas.

Agradecimentos

Ao Laboratório de Cartografia e Climatologia da FURG (LaCCa-FURG) e membros do Instituto de Oceanologia da FURG (IO-FURG) pelo auxílio na pesquisa.

Referências

Barros, V. R., Grimm, A. M., & Doyle, M. E., 2002. Relationship between Temperature and Circulation in Southeastern South America and its Influence from El Niño and La Niña Events. *Journal of the Meteorological Society of Japan*. Ser. II, 80(1), 21-32.

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. UFRGS, Porto Alegre.

Birkel, S. D., Mayewski, P. A., Maasch, K. A., Kurbatov, A. V., & Lyon, B., 2018. Evidence for a volcanic underpinning of the Atlantic multidecadal oscillation. *NPJ Climate and Atmospheric Science*, 1(1), 1-7.

Chierice, Roseli Aparecida Fernandes/Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2003. O uso de wavelets na determinação do

expoente de Hurst de uma série temporal diária de chuvas do município de Araras-SP de 1952-2000. 2003. xi. Dissertação (mestrado) - Disponível em: <<<http://hdl.handle.net/11449/91953>>>.

Cordeiro, A. P. A.; Berlato, M. A.; Fontana, D. C.; Alves, R. C. M., 2016. Tendências climáticas das temperaturas do ar no estado do Rio Grande do Sul, Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 9, n. 3, p. 868-880.

Corrar, Luiz J.; Paulo, Edilson; Dias Filho, José M. Análise multivariada para os cursos de administração, ciências contábeis e economia. São Paulo: Atlas, 2009.

da Silva Lindemann, D., de Freitas, R. A. P., Rodrigues, J. M., & Dias, M., 2019. Oscilações decadais da temperatura do ar na América do Sul durante o período de verão austral e suas relações com o Oceano Atlântico Norte. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 6(06), 2163-2176.

Firpo, M. Â. F., Sansigolo, C. A., & Assis, S. V. D., 2012. Climatologia e variabilidade sazonal do número de ondas de calor e de frio no Rio Grande do Sul associadas ao ENOS. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 27(1), 95-106.

Gong, D., & Wang, S., 1999. Definition of Antarctic oscillation index. *Geophysical research letters*, 26(4), 459-462.

Gong, Daoyi; Wang, Shaowu, 1998. Antarctic oscillation: concept and applications. *Chinese Science Bulletin*, 43, 734-738.

Grimm A. M. Clima da Região Sul do Brasil, 2009. In: Cavalcanti, I. F

Ferreira, A.N.J.; Justi da Silva, M.G; Silva Dias, M.A.F. (Org.). *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 1ª edição, p. 259 - 275.

Huang, B.; Thorne, P. W.; Banzon, V. F.; Boyer, T.; Chepurin, G.; Lawrimore, J. H.; Menne, M. J.; Smith, T. M.; Vose, R. S.; Zhang, H., 2017. Extended Reconstructed Sea Surface Temperature, Version 5 (ERSSTv5): Upgrades, Validations, and Intercomparisons. *Journal of Climate*. Disponível em: <<<https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0836.1>>>. Acesso em: 26/06/2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017. Produto interno bruto dos municípios: Rio Grande. Rio de Janeiro: IBGE. Acesso em: <<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/rio-grande/pesquisa/38/46996?ano=2017>>>. Disponível em: 22/10/2020

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2018. Hierarquia urbana: Regiões de Influência das Cidades. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível

- em:
<<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/redes-e-fluxos-geograficos/15798-regioes-de-influencia-das-cidades.html?=&t=acesso-ao-produto>> Acesso em: 31/jul/2020.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2020. Área da unidade territorial: Área territorial brasileira. Rio de Janeiro: IBGE. Acesso em: <<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/rio-grande/panorama>>>. Disponível em: 22/10/2020
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2020. População Estimada em 2020. Rio de Janeiro: IBGE. Acesso em: <<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/rio-grande/panorama>>>. Disponível em: 22/10/2020
- International Panel of Climate Change - IPCC, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC. Genova, p. 151.
- Jones, C., & Carvalho, L. M., 2018. The influence of the Atlantic multidecadal oscillation on the eastern Andes low-level jet and precipitation in South America. *npj Climate and Atmospheric Science*, 1(1), 1-7.
- Kayano, M. T., Andreoli, R. V., 2007. Relations of South American summer rainfall interannual variations with the Pacific Decadal Oscillation. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 27(4), 531-540.
- Kayano, M., Setzer, A., 2018. Nearly Synchronous Multidecadal Oscillations of Surface Air Temperature in Punta Arenas and the Atlantic Multidecadal Oscillation Index. *Journal of Climate* 31, 7237-7248.
- Li, C., Zhao, T., Ying, K. 2017a. Quantifying the contributions of anthropogenic and natural forcings to climate changes over arid-semiarid areas during 1946–2005. *Climatic Change* 144, 505–517
- Lopes, F., & Berlato, M. A., 2002. Relações entre a temperatura da superfície do mar (TSM) da região do Niño 3.4 e a temperatura média mínima do estado do Rio Grande do Sul. *Salão de Iniciação Científica* (14.: 2002: Porto Alegre). Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS.
- Mantua, N, J; Hare, S. R.; Zhang, Y; Wallace, J. M.; Francis, R. C, 1997. A Pacific Interdecadal Climate Oscillation With Impacts on Salmon Production. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 78, n. 6, p. 1069-1080.
- Mestas-Núñez, Alberto M.; Enfield, David B, 1999. Rotated global modes of non-ENSO sea surface temperature variability. *Journal of Climate*, v. 12, n. 9, p. 2734-2746.
- Oliveira, D., Ferreira, C., 2017. Aspectos climáticos da bacia hidrográfica do rio Preto-MG/RJ, Brasil, influência dos fatores geográficos na formação desse clima regional. *GOT, Revista de Geografia e Ordenamento do Território*, (11), 283-307.
- Oliveira, T. A.; Tavares, C. D. M. G.; Sanches, F.; Ferreira, C. D. C. M., 2020. Variabilidade Pluviométrica No Município De Juiz De Fora-Mg No Período De 1910-2018: Investigação A Partir Da Técnica Do Box Plot. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 26.
- Penereiro, J. C., & Meschiatti, M. C. (2018). Tendências em séries anuais de precipitação e temperaturas no Brasil. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 23(2), 319-331.
- Reboita, M.; Krusche, N., 2018. Normais Climatológicas Provisórias de 1991 a 2010 para Rio Grande, RS. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 33, 165 - 179.
- Reboita, Michelle Simões; Ambrizzi, Tércio; Rocha, Rosmeri Porfírio da., 2009 Relationship between the southern annular mode and southern hemisphere atmospheric systems. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 24, 48-55.
- Reboita, M.;Krusche, N; Ambrizzi, T; Rocha, P.R, 2012. Entendo o tempo e o Clima na América do Sul. *Terra e Didática* 8(1): 34-50.
- Rosso, F. V.; Boiaski, N. T.; Ferraz, S. E. T.; Dewes, C. F. Tatsch, J. D., 2015. Trends and decadal variability in air temperature over southern Brazil. *American Journal of Environmental Engineering*, 5, 85-95.
- Sansigolo, C. A.; Diniz, G. B.; Machado, J. P., 2006. Impacto Das Fases Extremas De Enos Nas Temperaturas Médias Sazonais do Rio Grande Do Sul. *Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Vol. 14. Disponível em: <<<http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m15@80/2006/10.23.13.13/doc/Sansigolo.Impacto.pdf>>> Acesso em: 22/10/2020.
- Sharma, S. K., 2020. 2.1 Descriptive Statistics. *Scientific Methods Used in Research and Writing*, 9.
- Zhai, P., Zhou, B., Chen, Y. 2018. A Review of Climate Change Attribution Studies. *Journal of Meteorological Research* 32, 671-692.