ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

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

Precipitação em Rio Grande – RS (1913 – 2016): Análise descritiva e da variabilidade

Tamires da Rosa Silva¹, Ítalo Reis², Eliana klering³, Éder Leandro Bayer Maier⁴

¹Mestra em Geografia, Laboratório de Climatologia e Cartografia, Universidade Federal do Rio Grande – FURG. Rio Grande/RS. tamires_rosa@outlook.com.br (autor correspondente). ²Graduando em Geografia, Laboratório de Climatologia e Cartografia, Universidade Federal do Rio Grande – FURG. Rio Grande/RS. italoasilhe@gmail.com. ³Doutora em Fitotecnia, Universidade Federal de Pelotas/Faculdade de Meteorologia. elianavk@gmail.com. Rio Grande/RS. ⁴Doutor em Geografia, Professor Titular do Instituto de Ciências Humanas e da Informação – ICHI, Universidade Federal do Rio Grande – FURG. Rio Grande/RS. edermaier@gmail.com.

Artigo recebido em 22/01/2020 e aceito em 30/11/2020

RESUMO

O objetivo desse artigo é analisar a variabilidade temporal da precipitação em Rio Grande – RS, no período entre 1913 e 2016. Para isso foram utilizadas técnicas estatísticas descritivas e inferencial para caracterizar a distribuição da precipitação em diferentes escalas de tempo e para identificar os ciclos temporais da ocorrência de secas e chuvas acima da média e suas relações com os fenômenos remotos. As análises mostram que a precipitação mensal em Rio Grande varia entre 0,3mm e 551,8mm, com uma média de 102,1 mm e desvio padrão de 66,1 mm; o total anual da precipitação variou entre 625 mm e 2.261,9 mm, com uma média de 1.226 mm; a média mensal tem uma amplitude de 71,2 mm e 126,7 mm, sendo as médias de dezembro e setembro, respectivamente; e são os meses do verão e o outono que apresentaram maior e menor variabilidade da precipitação. Os ciclos temporais da ocorrência de secas e chuvas acima da média ocorreram predominantemente na escala interanual e está associado predominantemente aos fenômenos ENOS e ODP, sendo mais comum a ocorrência de chuvas acima da média/secas concomitantes ao El Niño/La Niña. Não sendo raro a ocorrência de secas e chuvas acima da média, visto que foram identificados 219 meses de seca e 210 meses de chuvas excessivas no período entre 1913 e 2016, adotando um limiar de |56,4 mm| da anomalia da precipitação.

Palavras-chave: Precipitação, variabilidade, wavelet, Rio Grande.

Precipitation in the city of Rio Grande – RS (1913 – 2016): Descriptive and variability analysis

ABSTRACT

The aim was to analyze the temporal variability of rainfall in Rio Grande - RS, during the years 1913-2016, in order to understand the temporal distribution, using descriptive statistical techniques to characterize the monthly and annual total, the monthly averages, the anomalies, the occurrence of extreme events and inferential techniques in order to characterize the main remote factors controlling precipitation variability. The results of these descriptive analyzes show that the monthly rainfall in Rio Grande varies between 0.3mm and 551.8mm with an average of 102.1mm and standard deviation of 66.1mm; the total annual precipitation indicated a variation between 625 mm (minimum) and 2,261.9 mm (maximum), with an average annual accumulation of 1,226 mm; the monthly average varies between 71.2 mm and 126.7 mm, referring to the months of December and September, respectively; estimation of standard deviation showed summer and autumn as the months with the highest and lowest variations, respectively. Temporal variability occurred at the interannual and interdecadal scales and are predominantly associated with the ENSO/ODP phenomenon, with more than average rainfall occur /droughts concomitant with El Niño/La Niña. Anomalies above | 56.4 mm | were considered extreme precipitation events and was identified with the technique of quartiles, 219 months of drought and 210 months of excessive rainfall in the period between 1913 and 2016.

Keywords: Precipitation, variability, wavelet, Rio Grande.

Introdução

Rio Grande – RS está localizado na região Sul do estado do Rio Grande do Sul, sobre a planície costeira. Tem a paisagem dominada pelo complexo lagunar Lagoa dos Patos, Mirim e Mangueira e o município possui uma área territorial de 2.709,522 km² e uma população estimada de 208.641 habitantes (IBGE, 2010).

A importância geopolítica de Rio Grande, por ser uma cidade portuária e militar, favoreceu a instalação e manutenção das estações meteorológicas e possibilitou a construção de uma das séries temporais observadas mais extensas do sul do Brasil. O Oitavo Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia disponibiliza observações da temperatura e precipitação observadas desde 1913 até o presente, ao mesmo tempo, a compreensão da variabilidade climática em Rio Grande é limitada, visto que as outras pesquisas possuem escalas temporais e espaciais diferentes da proposta deste artigo.

Nesse contexto, os principais objetivos são descrever a variabilidade temporal da precipitação observada entre 1913 e 2016 e analisar os ciclos temporais e suas relações com os fenômenos remotos. Adotando como objetivos específicos a descrição dos totais mensais e dos totais anuais, o cálculo das médias mensais e dos desvios padrão e a análise das anomalias da precipitação com o uso do diagrama de caixas, distribuição de frequência em quartil, análise espectral e índices de correlação entre as anomalias da precipitação e as anomalias da TSM global.

Tendo como premissa que a compreensão da variabilidade temporal da precipitação pode auxiliar na gestão dos recursos hídricos, no planejamento de práticas sustentáveis na agricultura e pesca e no planejamento urbano eficiente e proativo. Visto que a água precipitada é usada para consumo humano, irrigação, dispersão de poluentes etc. e as variações do volume da precipitação podem impactar a relação homem- natureza. Bem como, as pesquisas de base, como essa, subsidiam ações de mitigação e compensação ambiental frente à ocorrência de secas ou chuvas acima da média.

Em Rio Grande não é raro a ocorrência de eventos extremos e eles podem causar impactos intensos e/ou prolongados. Em outras palavras, fortes chuvas podem causar inundações ou alagamentos, erosão, saturação do solo etc. e as secas podem comprometer a qualidade e a

quantidade da água para consumo humano, a reprodução e crescimento da fauna e flora e favorecer a ocorrência de incêndios.

Visto isso, salienta-se que as análises estatísticas das variações temporal da precipitação em Rio Grande são mostradas a fim de subsidiar novas pesquisas científicas ou ações do planejamento ambiental, urbano e agrícola. Explorando características das tendências centrais, de dispersão e variações cíclicas da precipitação, as quais podem ser usadas para a compreensão das variações do sistema ambiental ou da relação homem-natureza, bem como, pode subsidiar ações futuras porque é provável que esses padrões de variabilidade pretérita sejam semelhantes à distribuição temporal da precipitação no futuro.

Revisão Bibliográfica

Os ecossistemas costeiros do Atlântico Sul ocidental na maioria das vezes sofrem influência das interações que ocorrem entre características oceanográficas, condições climáticas e descargas continentais, que imprimem na região costeira características de uma zona biogeográfica temperada-quente (Seeliger, 2010). O clima da região é subtropical, com sazonalidade da temperatura e sem estação seca. Sendo que a variabilidade da precipitação é controlada predominantemente por fatores remotos, com influências dos oceanos Pacífico e Atlântico (Back et al., 2020). Nesse contexto, a variabilidade da precipitação ocorre em diferentes escalas espaço-temporal como, por exemplo, entre a escala global e a local ou entre as escalas geológica e a humana (Reboita et al., 2017).

Entretanto, as observações meteorológicas com mais de um século são raras, quando comparado à disponibilidade de dados após os anos 80 do século passado. As observações históricas do clima evidenciam um acréscimo na frequência de ocorrência de eventos extremos de precipitações elevadas no Sul e Sudeste do Brasil, nos últimos 30 anos, bem como neste período também aconteceram as grandes secas que atingiram a região da Amazônia no ano de 2005 e 2010, predominando ciclos temporais nas escalas interanual e interdecal (Marengo, 2014).

A variabilidade climática exerce influência sobre as populações ao longo do tempo, uma vez que suas variações podem comprometer o desenvolvimento da vida, através das alterações no regime de chuvas, que poderá impactar as mesmas com períodos de chuvas excessivas ou secas intensas e prolongadas. Além disso, os

eventos climáticos extremos de chuvas, marés meteorológicas, vendavais e ciclones aumentam a necessidade de estudos científicos sobre a variabilidade climática e as mudanças do clima devido à possibilidade de prever esses fenômenos e criar medidas mitigadoras e compensatórias (Marengo, 2009).

O clima da região Sul do Brasil apresenta características de temperatura e precipitação que sofrem influência da localização geográfica (latitude) e a configuração da circulação atmosférica subtropical. O clima é marcado por grandes contrastes no ciclo sazonal de temperatura, suas temperaturas médias variam de 15°C e 18°C, no inverno estas temperaturas chegam a 10°C e no verão são superiores a 22°C. Fatores que influenciam a temperatura é a radiação solar, a topografia, a advecção do ar e as correntes marítimas, visto que contribuem para que o calor e a umidade se desloquem dos trópicos em direção ao sul (Cavalcanti et al., 2009). A precipitação média ao sul varia entre 1.299 mm e 1500 mm e ao norte 1500 mm a 1800 mm com maior intensidade de chuvas ao nordeste do estado.

Grimm (2009) destaca que o clima no Sul do Brasil abrange diferentes características e faz uma associação entre os sistemas atmosféricos, como pressão atmosférica, umidade e ventos. O anticiclone semi-estacionário do Atlântico Sul e do Pacífico Sul, compõe os sistemas de alta pressão atmosférica que estão associados à circulação atmosférica. No entanto a alta do Atlântico Sul tem significativa contribuição no regime de ventos de superfície, bem como o centro de baixa pressão que está intermitente no noroeste da Argentina, Paraguai e Sul da Bolívia.

Este sistema de baixa pressão atmosférica forma-se a partir da junção de ventos de oeste em altos níveis, da região dos Andes e do aquecimento da superfície. No verão este centro tende a ficar maior e mais profundo, sendo reconhecido como Baixa do Chaco. Este irá atuar no fortalecimento do gradiente zonal subtropical de pressão e a partir dele o componente meridional do vento, contribuindo com ventos de noroeste em baixos níveis (Silva et al., 2019).

Além disso, a climatologia da Região Sul é afetada por sistemas sinóticos e sub-sinóticos que estão associados à circulação global e circulações da América do Sul. Entre as circulações atmosféricas de grande escala estão inseridos os bloqueios atmosféricos, os quais refletem as interrupções e irregularidade da propagação dos sistemas sinóticos que

possibilitam algumas alterações no clima com períodos de estiagem, chuvas excessivas e até enchentes (Silva et al., 2019).

Os sistemas frontais têm sua formação em latitude de 60° sul, onde atuam os cinturões de baixa pressão atmosférica. Seu deslocamento para latitudes menores causam o contato entre massas de ar frio e quente, ocasionando a subida do ar quente e úmido, formando as chuvas frontais. O deslocamento das massas de ar quente está associado à circulação da célula de Hadley e aos jatos de baixos níveis, sendo que o ar quente é o que contém mais umidade e alimenta com água as convergências frontais e térmicas (Melo et al., 2009).

Os principais fatores associados às precipitações no Rio Grande do Sul são os sistemas frontais, ciclones e frentes frias, CCMs, sistemas ciclônicos em níveis médios, bloqueios atmosféricos e ainda sistemas de circulação local como brisas marítimas e terrestres (Reboita et al., 2017).

As frentes frias ganham destaque porque contribuem na formação das precipitações durante todo ano através da convergência frontal, ou mesmo quando estão afastados, pois favorecem a formação de linhas de instabilidade pré-frontais. Além disso, existem duas regiões ciclogênicas, compostas pela costa do Uruguai e pelo extremo sul do Brasil, formados pelos sistemas ciclônicos de superfície após a passagem das frentes (Silva et al., 2019).

Segundo Grimm (2009), na maior parte do Rio Grande do Sul os regimes de precipitação, são considerados bimodais ou trimodais, estes regimes são característicos da região de transição entre climas tropicais e subtropicais. No sudeste do Rio Grande do Sul, as chuvas são mais intensas no inverno, configurando um regime de latitudes médias, onde as precipitações geralmente ocorrem pela passagem de sistemas frontais, associados a ciclones extratropicais migratórios. Segundo Ferreira et al. (2020) as frentes frias são mais frequentes e mais numerosas no Hemisfério Sul (HS) nos meses de maio a outubro, entre 25°S e 30°S. Porém no verão as mesmas ocorrem com menor periodicidade nos meses de dezembro a fevereiro, sendo considerada rara a passagem desses sistemas no verão a norte de 20°S.

De acordo com dados observacionais da variabilidade interanual do número de frentes frias que passaram pelo HS no período de 1980 a 2002, foi identificada no Sul do Brasil e Uruguai, a passagem de 60 a 70 frentes por ano, na região Sudeste o valor variou entre 50 e 60 frentes em

grande parte dos anos, já no centro-oeste a passagem das frentes ficou entre 35 e 45 na maioria dos anos. Esses sistemas (frentes frias) são significativos para a distribuição da precipitação na América do Sul, sendo apontados em observações realizadas na região Sudeste do Brasil que as precipitações são mais volumosas ao longo e atrás da frente, essas observações foram efetuadas em período de três meses (Cavalcanti e Kousky, 2009).

O Regime de chuvas na região Sul do Brasil está em sua maioria associado à passagem de frentes frias, estas são reguladoras das precipitações e temperatura, sendo que no inverno é intensificada a passagem desses sistemas. As frentes frias são frequentes durante todo o ano na região Sul, porém sua atuação é mais significativa de junho a setembro, sendo assim a passagem de sistemas frontais (Figura 11) em conjunto com sua frequente associação com os ciclones extratropicais, caracterizam um regime de precipitação de latitudes médias (Gonçalves, 2015).

De acordo com Krusche et al. (2002), a região Sul chega a ser atingida por cerca de 6 a 7 sistemas frontais por mês, sendo no inverno o período mais frequente das frentes frias. Já a cidade de Rio Grande, RS demonstra entrada de 16 sistemas frontais por estação, com precipitação frontal. No período que compreende os anos de 1993 a 1996 detectou-se a passagem de 194 frentes frias pela cidade.

O Fenômeno El Niño – Oscilação Sul (ENOS) é conhecido pela combinação de dois mecanismos, a interação oceano-atmosfera. O componente oceânico é representado pelo El Niño já o componente atmosférico é representado pela Oscilação Sul. Este fenômeno tende a influenciar a variabilidade do tempo ou clima em diversas regiões do mundo, pois os mesmos afetam a circulação atmosférica regional e global, corroborando para a formação de anomalias climáticas em várias partes do mundo (Grimm, 2015).

Em condição de El Niño é verificado um extremo de variação, a partir do aquecimento das águas em paralelo com a diminuição da pressão atmosférica no Pacífico Leste. Os ventos alísios (leste) diminuem, podendo até inverter seu sentido, soprando de oeste, acarretando um enfraquecimento da Célula de Circulação Equatorial, ou seja, no El Niño o IOS é considerado negativo e a anomalia de TSM do Pacífico equatorial é positiva (Grimm, 2015).

Em condição de La Niña verifica-se um resfriamento das águas e uma elevação na pressão atmosférica na região leste do Pacífico, está fase é intitulada de fase fria. A uma intensificação da Célula de Circulação Equatorial, e um fortalecimento das condições normais do oceano e da atmosfera. Os alísios irão soprar com maior força, ocasionando aumento da condução de águas quentes para oeste e elevação de águas frias no Pacífico Leste. Na La Niña o IOS é positivo e a anomalia de TSM é negativa (Grimm, 2015).

Na análise entre as precipitações no Sul e no Sudeste do Brasil e a temperatura do Oceano Pacífico e do Oceano Atlântico, foi identificado que o fenômeno ENOS tem fundamental importância na variabilidade interanual das chuvas, já relativo à sua influência na variabilidade das precipitações sazonais, os oceanos têm maior influência no verão, sendo que o Oceano Pacífico atua mais no outono e no inverno e o Oceano Atlântico na primavera (Santos et al., 2016).

Segundo Flach e Grimm (2010) o fenômeno ENOS influencia o clima na América do Sul, agindo como agente principal da variabilidade interanual. Os autores ainda destacam a influência do fenômeno na precipitação do continente, visto que o impacto na precipitação ocorre através das perturbações na célula de Walker em conjunto com a propagação anômala de ondas de Rossby do Pacífico Leste para o sudeste da América do Sul, a frequência de eventos extremos de precipitação e vazão dos rios também são impactadas pelos ENOS.

Nesse contexto, Rio Grande - RS é uma cidade costeira que sofre impactos dos ciclos temporais de chuvas excessivas ou secas. Períodos com precipitações acima da média são observados predominantemente com a ocorrência de El Niño forte, já em períodos de secas (predominantemente com La Niña) ocorrem prejuízos na agricultura com a alteração dos ciclos de germinação, crescimento, floração e colheita, podendo causar impactos na fauna e flora e ocasionar maior concentração de gases e sólidos contaminantes na atmosfera, contribuindo para a proliferação de doenças respiratórias.

Ao mesmo tempo, a compreensão da variabilidade da precipitação em Rio Grande é limitada, visto que não há uma caracterização descritiva das amostragens de um longo período, ou estudos dos modos de variabilidade que configuram a distribuição temporal da precipitação. Adicionalmente, a variabilidade da precipitação não pode ser explicada somente pela

ocorrência do fenômeno ENOS, visto que ele controla parcialmente a precipitação em Rio Grande. Havendo pouca investigação sobre as influências austral, local, regional, etc. no controle da distribuição da precipitação.

Por isso, esse trabalho destaca-se com o objetivo de suprir parcialmente as demandas de caracterização descritiva da série de precipitação observada entre 1913 e 2016 e apresentar o início das discussões sobre as influências remotas que controlam a distribuição temporal da precipitação. Em outras palavras, o objetivo é analisar a variabilidade temporal (1913 a 2016) da precipitação em Rio Grande - RS e compreender os fatores remotos que controlam a ocorrência de secas ou chuvas acima da média. Utilizando técnicas estatísticas descritivas e inferências para caracterizar os padrões sazonais, as medidas de dispersão e identificar os ciclos temporais e os fatores remotos que controlam a variabilidade temporal da precipitação em Rio Grande.

Material e Métodos

Foram utilizados dados da Estação Meteorológica do Rio Grande/INMET para a análise da variabilidade temporal da Precipitação na cidade do Rio Grande - RS, os dados são observações do período de 1913 a 2016. Eles foram disponibilizados gratuitamente pelo Oitavo Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia, a partir do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande – FURG.

Destaca-se que a Estação Meteorológica Rio Grande/INMET já esteve instalada em três locais na cidade do Rio Grande – RS. Atualmente a Estação Meteorológica Rio Grande/INMET está localizada na Universidade Federal do Rio Grande

– FURG, seguindo as coordenadas 32°04'43"S e 52°10'03" O, a 2 m de altitude.

A Estação Meteorológica Automática n° A802 (Figura 1), está operante desde o ano de 2010, sob-responsabilidade do Instituto de Oceanografia /FURG em convênio com Oitavo Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia. Para a coleta dos dados, são realizadas medidas horárias da taxa de precipitação, através do Pluviômetro marca ARG100 com a unidade de medida em milímetros. São coletados dados de variáveis atmosféricas como: radiação solar direta, temperatura, umidade relativa, precipitação, pressão atmosférica, intensidade da velocidade do vento e direção da velocidade do vento.

No período entre 1989 – 2010 estava em operação uma Estação Convencional n° 83995 (Figura 1), operada pelo Laboratório de Meteorologia da FURG em convênio com o Oitavo Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia. Os dados neste período eram disponibilizados através de três coletas diárias da taxa de precipitação, com a utilização de um Pluviômetro Galvanizado, com a unidade de medida em milímetros. Além da precipitação era observado variáveis como: pressão atmosférica, temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, temperatura máxima, temperatura mínima, evaporação, precipitação, número de horas de insolação, velocidade e direção do vento, visibilidade e nebulosidade (Reboita et al., 2018).

No período entre 1961 –1989 a Estação Convencional N° 83995 encontrava-se instalada nas coordenadas 32°02'S 52°06'O, que corresponde ao centro histórico da cidade do Rio Grande, adjacente a Praça Tamandaré (Reboita, et al., 2018). A mesma foi transferida em uma distância de 8.2 km.

Figura 1. Localização das Estações Meteorológicas Convencional e Automática na cidade de Rio Grande – RS (1913-2016).

No período 1913-1961 a Estação meteorológica Convencional localizava-se na Barra do Rio Grande, mas não há informações exatas das coordenadas geográficas. Sendo atribuída a localização da estação a sede da Praticagem do Porto do Rio Grande- RS, que se encontra em operação até o presente.

Foi utilizado análises da estatística descritiva para a caracterização da série temporal da precipitação, usando medidas de tendência central e de variação. Sendo que a primeira análise descritiva foi à mensuração do total anual (Figura 3), que é o somatório do volume da precipitação nos 12 meses, entre janeiro e dezembro.

A média mensal da precipitação foi mensurada a partir da média aritmética de todos os janeiros, fevereiro até dezembro, adotando a média como a medida de centro, encontrada pela adição dos valores e divisão do total pelo número de valores (Triola, 2005).

Para analisar a dispersão dos dados a fim de caracterizar a variabilidade mensal da precipitação 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. A faixa externa que define quando o dado é considerado

um *outlier* é obtido pela amplitude interquartil x 1,5 e o valor mínimo e máximo do conjunto de dados (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.

Para investigar a variabilidade em períodos de 30 anos, a série foi dividida em 3 período, que são entre 1920 – 1950, 1950 – 1980 e 1980 – 2010. Sendo calculado as médias mensais da mesma forma que foi descrito anteriormente. Adicionalmente, o desvio padrão é definido como uma medida da variação dos valores em torno da média (Triola, 2005), que indica a magnitude de dispersão das amostras.

Para calcular a anomalia mensal da precipitação foi subtraída a média mensal de cada amostra, a fim de minimizar as variações sazonais e maximizar os ciclos de alta e baixa frequência

que configuram a variabilidade da precipitação em Rio Grande.

A série anômala da precipitação (Figura 8) foi agrupada em 4 classes (Figura 9), sendo que a distribuição de frequência em quartis foi utilizada para indicar eventos de seca ou chuvas excessivas, com a frequência do 1º quartil e 4º quartil, respectivamente. Os quartis fazem a divisão do conjunto dos dados em quatro subconjuntos, de modo que 25% dos elementos localizam-se abaixo do limiar do Q1 e 25% acima do limiar do Q4 (Assis, 1996). O primeiro quartil, por exemplo, seleciona todos os registros de meses mais secos e o quarto quartil seleciona os meses com maior volume de chuvas, e o segundo e terceiro quartil não são utilizados por representar pequena variação em torno da média.

A análise de correlação visa medir a força ou grau de relacionamento entre as variáveis (Corrar et al., 2009). A mesma pode ser entendida, quando se analisa uma coleção de dados amostrais emparelhados e determinamos se parece haver uma relação entre as duas variáveis. O coeficiente de correlação linear r , tem como função medir a intensidade da relação linear entre os valores quantitativos emparelhados x e y de uma amostra (Triola, 2005).

Foi utilizada a técnica de correlação, a qual tem por objetivo medir e avaliar o grau de relação existente entre duas variáveis aleatórias, e desta maneira identificar a influência dos módulos de variabilidade climática com a precipitação na cidade do Rio Grande.

A mensuração dos índices de correlação entre a Temperatura da Superfície do Mar (TSM Global), e a anomalia da precipitação na cidade do Rio Grande, foi realizada a partir da relação entre toda a série de precipitação e todas as séries da TSM, desde 1913 a 2016, integrando desta maneira todas as estações do ano, as quais foram analisadas sazonalmente (verão, outono, inverno, primavera), sendo dezembro, janeiro e fevereiro considerados verão, março abril e maio o outono,

junho, julho e agosto o inverno e setembro, outubro e novembro a primavera.

Os dados da TSM são médias mensais do período entre 1913 e 2016. Este conjunto de dados é disponibilizado gratuitamente pela ICOADS (Conjunto global de dados sobre atmosfera oceânica internacional), o qual dispõe dados de superfície, que abrange os últimos três séculos, contendo produtos do resumo mensal em grade globais de 2x2 (Huang et al., 2014).

A Transformada de *Wavelet* possibilitou a identificação dos ciclos temporais da variabilidade da precipitação. Sendo que *Wavelet* consiste em aproximar uma função por uma combinação linear de funções básicas (*wavelita*), obtendo assim uma boa representação da função original tanto no domínio das frequências como no domínio temporal” (Chierice, 2003). A mesma representa uma ferramenta matemática que é utilizada para a decomposição de um sinal, através de escalas (dilatação e compressão) e translação de *waletet* (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).

Resultados e discussões

A precipitação mensal em Rio Grande – RS entre 1913 e 2016 (Figura 2) apresenta uma variação entre 0,3 mm e 551,8 mm com uma média de 102,1 mm e desvio padrão de 66,1 mm. Já o total anual da precipitação (Figura 3) varia entre 625 mm e 2.261,9 mm e possui um acúmulo anual médio de 1.226 mm e desvio padrão de 280 mm.

Em uma análise visual é possível observar períodos com precipitações excessivas, que chegaram a atingir magnitudes superiores a 2000 mm/ano como, por exemplo, 1914 e 2002. Bem como, há anos secos, com volumes abaixo de 750 mm como, por exemplo, 1917, 1933, 1943 e 1988.

Figura 2. Precipitação mensal na cidade de Rio Grande – RS no período entre 1913-2016.

Figura 3. Total anual de precipitação na cidade do Rio Grande – RS no período entre 1913-2016.

A média mensal de precipitação (Figura 4) varia entre 71,2 mm e 126,7 mm sendo o mês de dezembro e setembro que apresentam o menor e maior volume da precipitação, respectivamente. Entretanto, não há estação sazonal seca na cidade do Rio Grande.

Cabe ressaltar que as médias mensais, expressam a magnitude do volume esperado para cada mês em um ano com precipitações próximas do normal. Havendo o registro de secas e chuvas excessivas em escalas temporais diferentes da sazonal, com predomínio da variabilidade interanual e interdecenal, como discutido a seguir. Adicionalmente, a disponibilidade de água na superfície terrestre está associada ao balanço térmico da região, a variação da maré, da

composição do solo, etc. (não discutido neste artigo). Se tratando da variabilidade climática, é importante compreender quais meses apresentam menor ou maior amplitude de variação. Neste contexto, é possível observar na Figura 5. O primeiro e terceiro quartis representam a distribuição dos dados. Os dados localizados entre q1 e q3 são representados por uma caixa fechada, enquanto os fora deles, ou seja, entre eles e os respectivos valores mínimos ou máximos, são representados por linhas. A mediana é caracterizada por ser o valor do meio do conjunto sendo representada como o separador entre q1 e q3. Já os *outliers* são considerados valores raros dentro do conjunto e que podem estar vinculados a fenômenos fora do comum.

Figura 4. Média Mensal de precipitação na cidade do Rio Grande – RS no período entre 1913-2016.

Figura 5. Diagrama de caixa da precipitação mensal na cidade do Rio Grande – RS no período entre 1913-2016.

Caixa azul representa os 50% dos dados da série que variam entre q1 e q3, a linha vermelha dentro da caixa mostra a mediana, as linhas tracejadas fora da caixa são os valores correspondentes entre a mínima e o q1 e o q3 e a máxima, por fim os ícones vermelhos mostram os *outliers* presentes em cada mês.

Para ampliar as discussões sobre a variabilidade da precipitação em Rio Grande, a série temporal foi dividida em 3 períodos de 30 anos. Na Figura 6 são mostradas as médias mensais para os três períodos (1920-1950, 1950-1980 e 1980-2010). No primeiro período (1920-

1980) observa-se que o verão e outono registraram precipitações próximas da média de todo o período 1913-2016, já os invernos e primaveras foram mais úmidos, com exceção do mês de julho.

No período de 1950 a 1980 foi observado que o verão e outono encontram-se abaixo da média mensal de todo o período 1913-2016, indicando que o verão e outono foram mais secos e os invernos mais úmidos incluídos o mês de setembro. No último período, entre 1980 e 2010 é possível observar verões mais chuvosos, incluindo o mês de novembro.

Figura 6. Média da precipitação na cidade do Rio Grande – RS, para os três períodos entre (1920-1950, 1950-1980 e 1980-2010).

A mensuração do desvio padrão (Figura 7) dos mesmos períodos de 30 anos possibilitou identificar que os meses dos verões e outonos foram os que apresentaram menor e maior desvio padrão, respectivamente. Sendo que é o mês de fevereiro do período 1980-2010 que apresenta o maior desvio padrão (superior a 100).

No inverno, em especial em julho, observa-se elevado desvio padrão nos dois últimos períodos (1950-1980 e 1980-2010). Já na primavera, os três períodos apresentam pequeno desvio padrão e variação semelhante, sendo o mês de dezembro do período 1950-1980 o que apresenta o menor valor do desvio padrão. Adicionalmente, é possível identificar que em

todos os três períodos observados, as estações inverno e primavera demonstraram uma decrescente do desvio padrão do mês de julho até dezembro.

Para explorar características da variabilidade climática ao longo do tempo, identificar a periodicidade da ocorrência de secas e chuvas excessivas e possíveis teleconexões com os principais modos de variabilidade climática do hemisfério sul foi subtraído as médias mensais de cada amostra, originando a série temporal das anomalias de precipitação em Rio Grande. A fim de maximizar as variações do volume da precipitação que ocorrem em escalas temporais diferentes da sazonal.

Figura 7. Desvio padrão da precipitação na cidade de Rio Grande – RS, para os três períodos entre (1920-1950, 1950-1980 e 1980-2010).

Na Figura 8 são demonstradas as anomalias da precipitação em Rio Grande, sendo possível observar registros mensais com anomalias positivas acima de 400 milímetros, em outras palavras, foram registrados meses com precipitações 4 vezes maiores do que a média mensal. Bem como, há anomalias negativas inferiores a -100 mm ou o registro de anomalias negativas por uma sequência de meses, que

ultrapassa um ano, caracterizando secas intensas ou prolongadas, respectivamente.

A utilização do método de distribuição de frequências em quartis viabilizou a identificação do número de eventos extremos registrados na série da precipitação. Visto que o primeiro quartil (Q1) indica os eventos extremos de secas, o segundo e terceiro quartil os valores que se encontram em torno da média, sem a ocorrência

de eventos extremos e o quarto quartil (Q4) os eventos extremos de chuvas excessivas.

Figura 8. Anomalia da precipitação na cidade do Rio Grande- RS, no período entre 1913-2016.

A distribuição de frequência em quartis (Figura 9) da série de precipitação mostrou que os eventos extremos de seca (Q1) são identificados por valores anômalos menores que 56,4 mm, e no período entre 1913-2016 ocorreram 219 meses de eventos extremos de seca. A frequência de ocorrência do Q2 é de 498 meses, sendo a maior frequência entre os 4 quartis, este resultado é oriundo da técnica de cálculo da média e das anomalias visto que o menor valor anômalo é igual ao valor negativo da média mensal,

enquanto os maiores valores registrados podem exceder 3 ou 4 vezes a média mensal. O terceiro quartil (Q3) tem frequência de 321 meses. Cabe ressaltar que o Q2 e Q3 agrupam ocorrências da precipitação entorno da média, não caracterizando eventos extremos. O quarto quartil (Q4) representa eventos de extremos e chuvas excessivas, com frequência de 210 meses no período entre 1913 e 2016 o qual é caracterizado pelo registro de valores anômalos superiores a 56,4 mm.

Figura 9. Distribuição de frequência da precipitação na cidade Rio Grande – RS.

A variabilidade e a ocorrência de eventos extremos de precipitação sofrem influências dos fatores remotos e locais predominantemente na escala interanual e interdecenal. Especialmente associadas aos eventos de El Niño e La Niña, porém o ENOS não explica todos os casos anômalos da série.

O El Niño ocorre normalmente com maior frequência na primavera/verão, nesta condição ocorre à intensificação das chuvas que ocasionam anomalias positivas da precipitação. Bem como, os períodos mais secos podem estar ligado ao fenômeno La Niña (Grimm, 2015).

Parte da ocorrência dos eventos extremos da precipitação estão associados aos fatores remotos que controlam a variabilidade interdecenal e decenal na região subtropical da América do Sul. Como por exemplo, os anos de 1982/1983 e 1997/1998 em que os eventos de El Niño foram considerados fortes segundo Schossler et al. (2018) e foi registrado precipitações superiores a 400 mm.

A ocorrência da La Niña favorece às condições de estabilidade atmosférica em latitudes médias da América do Sul, gerando predominantemente precipitações abaixo da média como, por exemplo os eventos de 1973/1974 e

1988/1989 o quais foram considerados La Niña fortes com intensidade maior de outubro a março (Grimm, 2015) e foram registradas anomalias da precipitação inferior a -50 mm.

Cabe ressaltar que há um predomínio da relação entre seca/chuva acima da média com a ocorrência de La Niña/El Niño, mas ela não explica toda a variabilidade da precipitação em Rio Grande.

Outro fator remoto que amplifica os efeitos da variabilidade ENOS é a Oscilação Decadal do Pacífico, visto que a fase positiva/negativa intensifica e aumenta a frequência do El Niño/La Niña. Consequentemente as fases quentes ou frias da ODP favorecem a ocorrência de anomalias positiva ou negativas da precipitação em Rio Grande (Rebello, 2008).

Outro modo de variabilidade climática que impacta o regime térmico e hídrico das latitudes médias da América do Sul é o Modo Anular de Oscilação Sul (SAM), porém há pouca investigação científica no Brasil que explore os impactos do fenômeno que ocorrem nas latitudes altas (Schossler, 2016; Marshall, 2018).

A fase positiva/negativa do SAM está associada a circulação atmosférica mais próxima/afastada da Antártica, consequentemente ocorre a diminuição/aumento da intensidade e/ou frequência dos sistemas frontais que atingem a América do Sul (Schossler, 2016). Adicionalmente, o SAM pode ocorrer simultâneo ao ENOS, o que dificulta a atribuição dos fatores controladores da precipitação.

Predominando uma relação entre o SAM e precipitação em Rio Grande que evidencia que as fases positiva/negativa está associada às anomalias negativa/positiva da precipitação. Mas, essa relação pode alterar-se sazonalmente, como discutida a seguir. Cabe ressaltar que análises das contribuições austrais estão sendo realizadas, a fim de melhorar a caracterização da influência do SAM na precipitação em Rio Grande - RS.

A análise de dependência por regressão linear entre a série temporal da precipitação e os índices climáticos identifica-se que a influência do oceano Pacífico Tropical (ENOS e ODP) é maior, quando comparado ao modo de variabilidade climática austral (SAM). Em outras palavras, a correlação, o gráfico de dispersão, o R^2 e o erro quadrático médio mostram que a variação da precipitação em Rio Grande está associada aos fenômenos ENOS, ODP e com menor dependência ao SAM. Portanto não é possível atribuir a um ou dois fatores remotos que

controlam a precipitação, porque as mudanças sazonais, de intensidade do ENOS, da temperatura dos oceanos podem minimizar ou até inverter as relações descritas.

Para exemplificar, em anos de El Niño/La Niña predomina o registro de chuvas acima da média/secas, mas também há registro (com menor frequência) de secas/chuvas acima da média.

Essa relação dinâmica entre a precipitação e os fenômenos remotos corrobora com os resultados obtidos na análise dos índices de correlação entre a série temporal da precipitação em Rio Grande e as séries temporais da TSM de todo o globo, com resolução de 2° de latitude e longitude (NOAA, 2021).

Na Figura 10 são apresentados os índices de correlações entre a precipitação em Rio Grande e a TSM, no período entre 1913 a 2016, onde as correlações positivas indicam que as temperaturas mais altas do que a média estão predominantemente relacionadas às anomalias positivas da precipitação em Rio Grande, e vice-versa.

Com ênfase nas regiões do fenômeno ENOS, visto que o evento El Niño/La Niña está associado a um aquecimento/resfriamento das águas. Adicionalmente, observa-se uma relação inversa nas latitudes tropicais do Pacífico e latitudes equatoriais na Oceania, a qual é originada pelos mecanismos de compensação da atmosfera e oceano, com a ocorrência do ENOS.

Em altas latitudes, sobre o Oceano Pacífico, na área do fenômeno da Oscilação Antártica, as correlações indicam que as temperaturas abaixo da média estão predominantemente associadas a anomalias negativas da precipitação e vice-versa. Isso pode estar relacionado aos sistemas frontais mais intensos e frequentes, que geram o anticiclone polar em latitudes médias, causando estabilidade e diminuição das precipitações.

As relações entre a TSM e a precipitação podem alterar-se sazonalmente, especialmente na capacidade de controlar remotamente o volume de precipitação. Em outras palavras, os fenômenos remotos podem aumentar ou perder suas influências sobre a precipitação.

Na Figura 10 A, B, C e D estão espacializados os índices de correlação entre a TSM e precipitação no verão, outono, inverno e primavera. Sendo possível identificar que a influência das altas latitudes ocorre mais intensamente no inverno, visto que as precipitações estão associadas quase que exclusivamente aos Sistemas Frontais. E o ENOS

possui maior controle da precipitação na primavera. Adicionalmente (Santos et al., 2016) afirmam que é a influência do El Niño/La Niña na primavera que causa um aumento /decréscimo de eventos extremos na Bacia do Paraná- Prata.

Os eventos extremos de precipitação podem ocorrer aleatoriamente no tempo, mas sua ocorrência é mais comum em ciclos temporais associados aos fenômenos remotos. Nesse

contexto, a quantificação da periodicidade pode contribuir para a caracterização das relações entre os fenômenos remotos e a distribuição temporal da precipitação, bem como auxiliar na mitigação dos impactos ambientais dos futuros eventos extremos, associados aos ciclos temporais dos fenômenos remotos, que são conhecidos e amplamente estudados.

Figura 10. Índice de Correlação entre a Anomalia da Precipitação em Rio Grande e a TSM Global. Estações Sazonais: A) Verão; B) Outono; C) Inverno; e D) Primavera.

Na Figura 11 é demonstrado o espectrograma da wavelet, sendo possível identificar no eixo horizontal a dimensão temporal da observação da precipitação em Rio Grande (1913 a 2016), bem como no eixo vertical são mostrados os períodos de ocorrência dos ciclos temporais (em anos) da precipitação, com limiares entre 0 e 9 anos, e as cores representam a potência espectral dos ciclos temporais.

Os principais ciclos contidos na série temporal da precipitação são identificados por tons de amarelo, sendo possível identificar seu período de recorrência (eixo vertical) e a data de

ocorrência (eixo horizontal). Assim foram selecionados os três principais ciclos da distribuição temporal. O primeiro ciclo possui uma periodicidade de 1 ano e está associado a sazonalidade.

O segundo ciclo tem periodicidade de ~5 anos e está associado ao fenômeno ENOS, nas fases quentes do ODP, visto os eventos de El Niños tornam-se mais frequentes. E por fim, o ciclo ~8 anos, que está associado ao ENOS e a fase fria da ODP, porque nessa configuração a ocorrência dos El Niños apresentam maior frequência, especialmente os El Niños Fortes.

Figura 11. Espectograma da Precipitação em Rio Grande – RS.

Conclusões

Os totais mensais da precipitação mensal em Rio Grande – RS, no período entre 1913 e 2016, variou entre 0,3 mm e 551,8 mm, com uma média de 102,1 mm e desvio padrão de 66,1 mm. Adicionalmente, o total anual da precipitação variou entre 625 mm e 2.261,9 mm, com uma média de 1.226 mm e desvio padrão de 280 mm.

As precipitações em Rio Grande - RS são bem distribuídas ao longo do ano, sem a ocorrência sazonal de uma estação seca. Visto que as médias mensais variam entre 71,2 mm e 126,7 mm, sendo de dezembro e setembro, respectivamente. Adicionalmente, identificou-se que as maiores amplitudes de variação ocorrem nos meses do verão e inverno austral, visto que essas estações sazonais apresentam os maiores desvios padrão nos três períodos (1920-1950, 1950-1980 e 1980-2010).

A análise das médias mensais da precipitação mostra que no período entre 1920-1980 observou-se invernos e primaveras mais úmidos, com exceção do mês de julho. No período de 1950 a 1980 foi registrado verões e outonos mais secos e os invernos mais úmidos, incluindo os meses de setembro. E entre 1980 e 2010 foi observado verões mais chuvosos, incluindo o mês de novembro.

As anomalias da precipitação evidenciam que pode ocorrer chuvas excessivas que quadruplicam a média mensal como, por exemplo, as anomalias acima de 400 mm, bem como, foi registro secas intensas, com anomalias inferiores a -100 mm. Não sendo raro a ocorrência de eventos extremos da precipitação, visto os valores anômalos menores que -56,4 mm foram considerados eventos extremos de secas, com ocorrência de 219 meses no período entre 1913-2016. Já os valores anômalos superiores a 56,4mm foram identificados como eventos

extremos de chuvas excessivas, com ocorrência de 210 meses.

As análises dos índices de correlações entre a TSM Global e a anomalia da precipitação em Rio Grande corroboram com a hipótese da influência dos fenômenos remotos na variação da precipitação. E indicam que o ENOS/ODP são os fenômenos que predominam no controle da variabilidade temporal da precipitação e é na primavera que os fenômenos remotos exercem maior controle. Adicionalmente, os ciclos temporais de seca e chuva acima da média apresentam frequências de aproximadamente de 5 e 8 anos, sendo que a menor/menor frequência está associada a combinação do ENOS com a fase fria/quente da ODP.

As contribuições Austrais carecem de estudos mais detalhados, a fim de caracterizar como o processo frontogenético afeta a frequência e a intensidade dos sistemas frontais que passam em Rio Grande.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

- Assis, F.N., Arruda, H.V., Pereira, A.R. Testes de Aderência. In: Assis, F.N., Arruda, H.V., Pereira, A.R (Org.). Aplicações de Estatística à Climatologia: Teoria e Prática. Pelotas: Ed. Universitária/UFPeL, 1996.
- Back, A.J., Sônego, M., Pereira, R.J., 2020. Índices de Concentração de Chuvas na Região Sul do Brasil. Revista Brasileira de Climatologia [online] 27. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v27i0.65466>. Acesso: 10 set. 2020.

- Cavalcanti, I. F., Ferreira, N.J., Silva, M.A., Dias, M.F. Tempo e Clima do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 463 p.
- Cavalcanti, I.F.; Kousky, E.V. Clima da Região Sul do Brasil. Tempo e Clima do Brasil. São Paulo: Oficina Textos, 2009. p. 135-147.
- Chierice, R.A.F. O uso de wavelets na determinação do expoente de Hurst de uma série temporal diária de chuvas do município de Araras-SP de 1955-2000. 2003. 71 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2003.
- Corrar, L.J., Paulo, E., Dias Filho, J.M. Análise multivariada para os cursos de administração, ciências contábeis e economia. São Paulo: Atlas, 2009. 568 p.
- Ferreira, S.B.D., Souza, B.E., Oliveira, V.J., 2020. Identificação dos Extremos de Precipitação em Municípios do Estado do Pará e sua Relação com os Modos Climáticos atuantes nos Oceanos Pacíficos Atlântico. Revista Brasileira de Climatologia [online] 27. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v27i0.64630>. Acesso: 11 set. 2020.
- Flach, R., Grimm, M.A., 2010. Eventos extremos e totais mensais de precipitação na América do Sul durante ENOS e condições normais no clima presente e em cenários futuros. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 16., 2010. Belém. Anais [...]. Belém: UECE, 2010.
- Grimm, M.A., 2015. El Nino, Novamente! Revista Brasileira de Meteorologia [online] 30. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778620152000>. Acesso: 20 ago. 2020.
- Grimm, M.A. Clima da Região Sul do Brasil. In: Cavalcanti, I.F.A., Ferreira, N.J., Silva, M.G.A.J., Dias, M.A.F.S. (Org.). Tempo e Clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- Gonçalves, S.J. Avaliação da Previsão Numérica Sazonal de Precipitação para o Rio Grande do Sul. 2015. 80 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.
- Huang, B., Banzon V.F., Freeman, E., Lawrimore, J., Liu, W., Peterson, T.C., Smith, T.M. Thorne, P.W., Woodruff, S.D., Zhang, E.H.-M., 2014. Extended Surface Recovery Surface Temperature versão 4 (ERSST.v4): Parte I. Journal of Climate [online] 28. Disponível: 10.1175/JCLI-D-14-00006.1. Acesso: 20 ago. 2020.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Dados Demográficos 2010. Rio de Janeiro.
- Krusche, N., Saraiva, J.M.B., Reboita, M.S. Normais Climatológicas Provisórias de 1991 a 2000 para Rio Grande, RS. Rio Grande: Imprensa Universitária, 2002. 84 p.
- Marengo, A.J. Mudanças Climáticas: Detecção e Cenários Futuros para o Brasil até o Final do Século XXI. In: Cavalcanti, I.F.A., Ferreira, N.J., Silva, M.G.A.J., Dias, M.A.F.S. (Org.). Tempo e Clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p. 407-424.
- Marengo, J.A., 2014. O futuro do clima no Brasil. Revista USP [online] 103. Disponível: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i103p25-32>. Acesso: 11 set. 2020.
- Marshall, G., 2018. Índice Marshall Southern Annular Mode (SAM) Baseado em Estações. Disponível em: <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/marshall-southern-annular-mode-sam-index-station-based>. Acesso em 14 nov. 2018.
- Melo, A.B., Cavalcanti, I.F.A., Souza, P.P. Zona de Convergência Intertropical do Atlântico. In: Cavalcanti, I.F.A., Ferreira, N.J., Silva, M.G.A.J., Dias, M.A.F.S. (Org.). Tempo e Clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p. 25 – 41.
- NOAA – National Centers for Environmental Information, 2021. Teleconexões Enso. Disponível em: <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/enso-tech.php>. Acesso em: 14 nov. 2018.
- 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 [online] 26. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v26i0.70194>. Acesso: 11 jul. 2020.
- Rebello, E.R.G., 2008. A Oscilação Decadal do Pacífico e sua possível influência no regime de precipitação do Rio Grande do Sul. Asociación Meteorológica Española [online] 30.
- Reboita, M.S., Gan, M.A.; Rocha, R.P., Custódio, I.S., 2017. Ciclones em superfície nas latitudes austrais: Parte I - revisão bibliográfica. Revista Brasileira de Meteorologia [online] 32.

- Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-77863220010>. Acesso: 10 set. 2020.
- Reboita, M., Krusche, N., Saraiva, J.M., 2018. Normais Climatológicas Provisórias de 1991 a 2010 para Rio Grande, RS. *Revista Brasileira de Meteorologia* [online] 33. Disponível: <https://doi.org/10.1590/0102-7786331010>. Acesso: 10 set. 2020.
- Triola, M.F., 2005. *Introdução à Estatística*. Tradução Vera Regina Lima de Farias e Flores. 12. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005. 836 p.
- Santos, D.A.N., Siqueira, B.A.H., Melo, D.L.M., 2016. Precipitação sobre América do Sul e suas relações Multidecadal do Atlântico e a Oscilação do Atlântico Norte. *Revista Brasileira de Climatologia* [online] 18. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v18i0.36302>. Acesso 12 set. 2020.
- Schossler, V. Influência das mudanças climáticas em geoindicadores na costa sul do Brasil. 2016. 170 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.
- Schossler, V., Simões, C.J., Aquino, E.F., Vianna, R.D., 2018. Precipitation anomalies in the Brazilian southern coast related to the SAM and ENSO climate variability modes. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* [online] 23. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/2318-0331.231820170081>. Acesso: 03 set. 2020.
- Seeliger, U.E., Odebrecht, C. O Estuário da Lagoa dos Patos: um século de transformações. Rio Grande: Editora da FURG, 2010. 180p.
- Silva, R.P.J., Reboita, S.M., Escobar, J.C.G., 2019. Caracterização da Zona de Convergência do Atlântico Sul em Campos Atmosféricos Recentes. *Revista Brasileira de Climatologia* [online] 25. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v25i0.64101>. Acesso: 10 set. 2020.