
Eventos extremos de excesso e déficit de precipitação atuantes na Bacia Hidrográfica do Camaquã no período de 1991-2020

Extreme events of excess and deficit of precipitation acting in the Camaquã Basin during 1991-2020

Taís Pegoraro Scaglioni ^{12*}, Renata Knorr Ungaretti Fernandes ², André Becker Nunes ²

RESUMO

Em decorrência das mudanças climáticas estão ficando cada vez mais comuns as tempestades, inundações, secas, ocasionando os eventos extremos. O objetivo foi identificar os eventos extremos de excesso e déficit de precipitação na Bacia Hidrográfica do Camaquã situada no Rio Grande do Sul (RS), no período de 1991 a 2020, e analisar o ambiente sinótico associado ao evento de chuva mais intensa da série. Foi realizado o levantamento dos desastres naturais, dados de precipitação máxima diária, imagens de satélite e dados estimados do modelo ERA5, e relacionados com *El Niño Oscilação Sul*. Foram observados 197 desastres naturais, sendo que 61% foram de excesso e 39% por déficit de precipitação. Destes, 27% dos anos estavam sob influência de *El Niño*, 20% por *La Niña* e 53% por anos neutros. Dos eventos extremos 28 casos ultrapassaram o percentil de 99% (133 mm), sendo quatro sistemas frontais, oito ciclones e dez sistemas convectivos de mesoescala. O evento mais intenso ocorreu em Camaquã e Cristal no dia 24/12/1995, apresentando forçantes dinâmica e térmica de um ciclone extratropical. Podemos concluir que estudos como este, se tornam cada vez mais relevante, visto a importância dessa região ao Estado do RS.

Palavras-chave: ERA5; *El Niño-Oscilação Sul*; Mudanças climáticas.

ABSTRACT

As a result of climate change, storms, floods, droughts are becoming increasingly common, causing extreme events. The objective was to identify the extreme events of excess and deficit of precipitation in the Camaquã Hydrographic Basin located in Rio Grande do Sul State, Brazil, from 1991 to 2020, and to analyze the synoptic environment associated with the most intense rain event of the series. A survey of natural disasters, maximum daily precipitation data, satellite images and estimated data from the ERA5 reanalysis was carried out and related to *El Niño Southern Oscillation*. 197 natural disasters were observed, of which 61% were caused by excess and 39% by deficit of precipitation. Of these, 27% of the years were under the influence of *El Niño*, 20% by *La Niña* and 53% by neutral years. From the extreme events, 28 cases exceeded the 99% percentile (133 mm), with four frontal systems, eight cyclones and ten mesoscale convective systems. The most intense event occurred in Camaquã and Cristal cities on 12/24/1995, presenting dynamic and thermal forcing of an extratropical cyclone. We can conclude that studies like this become increasingly relevant, given the importance of this region to the State of Rio Grande do Sul.

Keywords: ERA5; *El Niño-Southern Oscillation*; Climate changes.

¹UERGS - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul; *e-mail: tais-scaglioni@uergs.edu.br

²UFPEL - Universidade Federal de Pelotas

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas têm provocado alterações no regime hidrológico, influenciando na ocorrência de eventos extremos de precipitação (MIKHAILOVA *et al.*, 2012; IPCC, 2021), assim como a variabilidade climática, que por meio de ciclos gera deficiência e/ou excesso de precipitação em todo o mundo, acarretando em secas ou inundações, gerando vários transtornos sociais, ambientais e econômicos (GHUMMAN *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2017, ZHOU *et al.*, 2021). Os fenômenos meteorológicos apresentam um histórico extenso de danos causados na região Sul do Brasil (NUNES e DA SILVA, 2013; PEREIRA e NUNES, 2018; DORNELES *et al.*, 2020).

Os eventos extremos podem ser intensificados pelas oscilações climáticas, as quais exercem grande influência no regime de precipitação no Rio Grande do Sul (RS) (GRIMM e TEDESCHI, 2009; MATZENAUER *et al.*, 2018; NUNES e PEREIRA, 2017). Um exemplo é o *El Niño-Oscilação Sul* (ENOS) que representa o aquecimento (*El Niño*) ou resfriamento (*La Niña*) das águas do Oceano Pacífico Equatorial, Central e Leste, que ocasionam no Estado anomalias de precipitação. No geral, quando sob influência de *El Niño* registra-se excesso de precipitação e quando por *La Niña* registra-se déficit de precipitação, tornando a região sensível às alterações produzidas por estas oscilações (RAO e HADA, 1990; GRIMM *et al.*, 1998; GRIMM, 2009; CHECHI e SANCHES, 2013).

O regime pluviométrico no Estado é classificado como bem distribuído ao longo do ano (ROSSATO, 2014), sendo que os sistemas atmosféricos mais frequentes são: sistemas frontais, sistemas convectivos e os ciclones extratropicais (REBOITA, 2008; REBOITA *et al.*, 2010; CAMPOS e EICHHOLZ, 2011). Esses sistemas têm características e períodos distintos de influência sobre a região, a exemplo dos sistemas frontais que ocorrem praticamente em todas as épocas do ano, porém com maior frequência no inverno e menor no verão (BRITTO e SARAIVA, 2001; CAVALCANTI e KOUSKY, 2009; PAMPUCH e AMBRIZZI, 2015). Os sistemas convectivos de mesoescala (SCM) (HOUZE, 1993) ocorrem com maior frequência no período quente do ano (DIAS *et al.*, 2009). Já a costa do RS é uma região ciclogênica (GAN e RAO, 1991; SINCLAIR, 1996; HOSKINS e HODGES, 2005; REBOITA *et al.* 2010), o que significa que a área de estudo é frequentemente atingida por este sistema sinótico.

Em vista disso, o presente trabalho tem como objetivo identificar os eventos extremos de excesso e déficit de precipitação na Bacia Hidrográfica do Camaquã situada

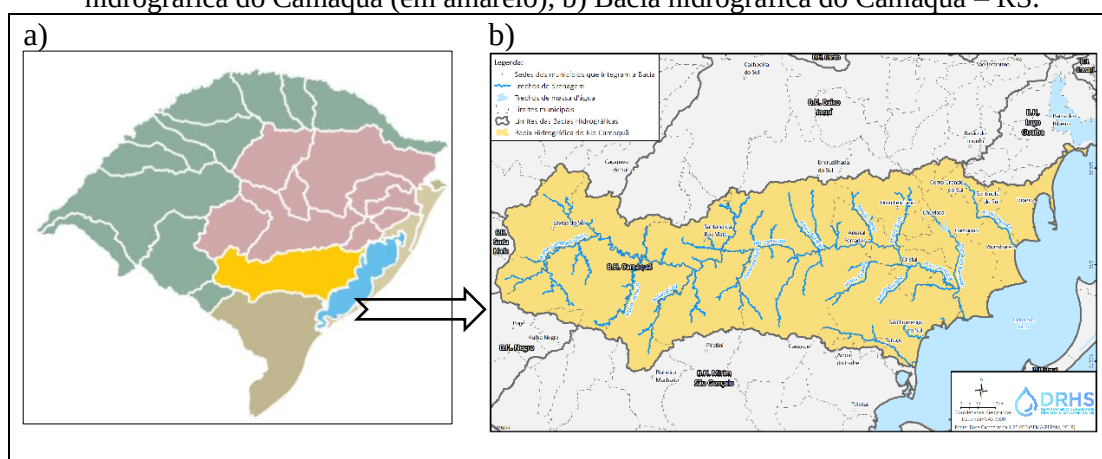
no Estado do Rio Grande do Sul, durante o período de 1991 a 2020, e analisar o ambiente sinótico associado ao evento de chuva mais intensa da série.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Camaquã localiza-se na região central do Rio Grande do Sul, pertencendo à região hidrográfica litorânea. Situa-se entre os paralelos 30°15' a 31°35' Sul, limitando-se a Oeste pelo meridiano 54°15' e a Leste pelo meridiano 51°00'. A área de projeção horizontal da bacia é de 21.657,1 km², constituída de 28 municípios, e o rio principal tem uma extensão aproximada de 430 km, conforme consta no Plano de Bacia (ROSA; SILVA; SILVA, 2016), Figura 1.

Figura 1 – Localização geográfica: a) Estado do Rio Grande do Sul e os limites da bacia hidrográfica do Camaquã (em amarelo), b) Bacia hidrográfica do Camaquã – RS.



Fonte: SEMA, (2021).

O clima na Bacia, assim como o Estado do RS em geral, caracteriza-se por ser uma região com boa disponibilidade hídrica e com uma distribuição uniforme das chuvas durante o ano. A precipitação climatológica anual fica entre 1200 – 1500 mm, mensalmente registra-se entre 7 a 9 dias com chuva. A temperatura média anual varia entre 17° e 20°C, sendo a média do mês mais frio entre 11°C e 14°C e a temperatura do mês mais quente varia entre 20°C e 26°C. Caracterizando um clima subtropical pouco úmido, conforme Rossato (2014).

Visto as condições climáticas e as características de geologia, geomorfologia e solo da bacia, essa apresenta aptidão para a pecuária, a agricultura de sequeiro e a irrigada,

a silvicultura e a mineração, atividades primárias com aptidão para alavancar a economia regional (ROSA; SILVA; SILVA, 2016).

Dados e Metodologia

Foram analisados os municípios com sede na bacia hidrográfica, que são: Amaral Ferrador, Arambaré, Camaquã, Cristal, Cerro Grande do Sul, Chuvisca, Dom Feliciano, Santana da Boa Vista, São Lourenço do Sul, Sentinela do Sul, Lavras do Sul, Tapes e Turuçu. A partir destes municípios realizou-se o levantamento dos desastres naturais que estão registrados no site da Defesa Civil através do Sistema Integrado de Desastres (S2ID) e da Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE) (BRASIL, 2021). Os desastres naturais foram identificados seguindo a descrição do COBRADE, e agrupados em desastres que representaram déficit (categoria climatológica) e excesso (categoria meteorológica e hidrológica) de precipitação no período de 1991 - 2020.

No sentido de analisar o ambiente atmosférico associado aos casos de déficit e excesso de precipitação nesta região, foram observados os sistemas atmosféricos atuantes na ocorrência dos desastres naturais e os períodos de registro do ENOS, disponíveis no site do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) utilizando a metodologia apresentada em Trenberth (1997). Nos casos de excesso de precipitação avaliou-se os dados de precipitação máxima acumulada diária, disponíveis no site Hidroweb da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). De modo a selecionar os eventos mais extremos, considerou-se os dados de precipitação acumulada diária que ultrapassou o percentil de 99 % , que para a área de estudo é representado pelo valor de 133 mm. A partir dessa seleção avaliou-se as imagens de satélite disponíveis no período 1991 - 2020 no site da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) adaptadas por Knapp *et al.* (2011) e de 1998 - 2020, no site da Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (DSA)/CPTEC.

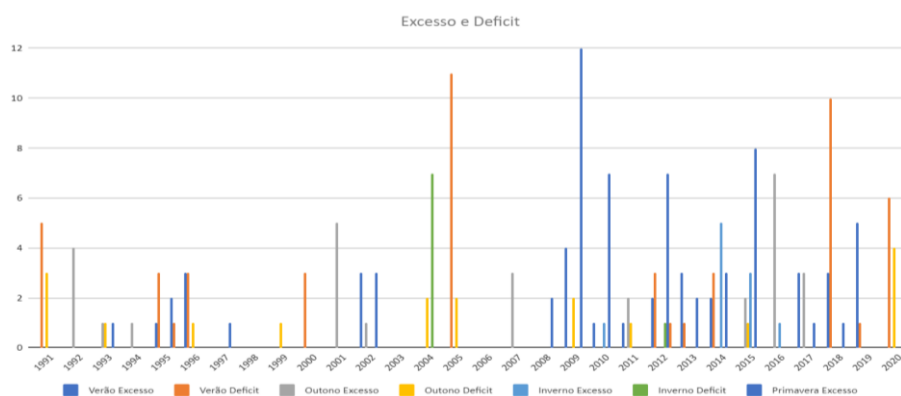
Para a análise do estudo do caso que ocorreu no dia 24/12/1995, o maior registro de precipitação acumulada diária destes 30 anos do estudo, atingindo os municípios de Camaquã e Cristal, foram usados os dados de reanálise do modelo ERA5 (C3S, 2017; HERSBACH *et al.*, 2020) com resolução espacial de 0,25° e 37 níveis na vertical disponíveis no site <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home>.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise climatológica

Realizado o levantamento dos desastres naturais de excesso e déficit de precipitação no período de 1991 – 2020 identificou-se 197 registros nos 13 municípios com sede na Bacia Hidrográfica do Camaquã, destes registros 61% (120) correspondem a excesso de precipitação e 39% (77) correspondem déficit de precipitação (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Sazonalidade anual dos desastres naturais em excesso e déficit de precipitação, registrados pelos municípios sede da Bacia Hidrográfica do Camaquã, no período de 1991-2020.



Fonte: COBRADE (2020), adaptado pelos autores (2021).

Os municípios com mais casos de excesso de precipitação foram Cristal, Camaquã, Santana da Boa Vista e São Lourenço do Sul, e os anos com mais registros na região foram 2002, 2009, 2010, 2012, 2014, 2015, 2016 e 2017. Para os casos de déficit, os municípios mais atingidos foram Amaral Ferrador, Santana da Boa Vista e São Lourenço do Sul, e os anos com mais registros foram 1991, 2004, 2005, 2018 e 2020. Avaliando a atuação do fenômeno atmosférico ENOS na região, nos anos classificados pelo CPTEC/INPE (2021), dentro deste período de 1991-2020, 27% dos anos estavam sob influência de *El Niño*, 20% por *La Niña* e 53% por anos neutros. Percentagens similares foram identificadas no período 1950-1995 (TRENBERTH, 1997) e no período 1981-2010 (LIMA e NUNES, 2018). Já no registro dos desastres naturais em 25% dos casos estavam influenciados por *El Niño*, 15% dos casos estavam sob influência de *La Niña* e 60% dos casos não estavam influenciados pelo ENOS (Tabela 1).

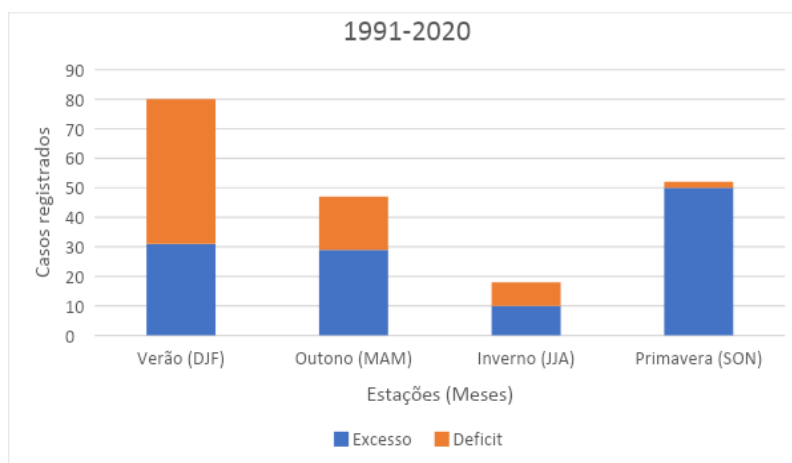
Tabela 1 - Registro de casos, considerando o período de agosto a julho de cada ano, conforme a atuação do evento classificação CPTEC/INPE.

Evento - ENOS	Excesso	Déficit	Total
El Niño	47	2	49 (25%)
La Niña	14	15	29 (15%)
Neutro	59	60	119 (60%)
Total	120 (61%)	77 (39%)	197 (100%)

Fonte: Autores, (2021).

No sentido de avaliar o comportamento sazonal climatológico destes eventos extremos, estes foram agrupados pelas estações do ano, e se observou que os registros de estiagens mais significativos aconteceram no verão, seguido do outono (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Sazonalidade climatológica da ocorrência dos casos de excesso e déficit de precipitação nos municípios sede da Bacia Hidrográfica do Camaquã no período de 1991 – 2020.



Fonte: Autores, (2021).

Verificou-se que os anos de maiores registros de estiagens pelos municípios foram em 1991, 2004, 2005, 2018 e 2020, sendo notificados os prejuízos e a situação alarmante da região em diversas mídias como ClicCamaquã (2018, 2020), GZH (2018) e RBS (2018). Já os registros de excesso de precipitação mais significativos aconteceram na primavera – assim como observado em Pereira e Nunes (2018) para a cidade de Santa Maria/RS – por ser uma estação de transição, com grande atuação tanto de sistemas convectivos típicos de aquecimento superficial quanto de sistemas frontais (Grimm, 2009).

Foram identificados 28 eventos extremos que ultrapassaram o limiar de 133 mm, todos os casos iguais ou superiores foram contabilizados como eventos extremos.

Avaliando o período em que houve estes registros nas estações pluviométricas, verificou-se que entre os anos 1991-2000, ocorreram nove registros, entre 2001-2010, oito registros e entre 2011-2020 onze registros extremos de precipitação.

De modo a identificar qual sistema atmosférico que desencadeou cada evento extremo avaliou-se as imagens de satélite e as variáveis meteorológicas. Na tabela 2 identificou-se a data da ocorrência, o município onde foi registrado o acumulado diário máximo, a quantidade pluviométrica e sistema atmosférico predominante que atingiu a bacia hidrográfica.

Tabela 2 - Sistemas atmosféricos que ocasionaram excesso de precipitação em municípios da Bacia Hidrográfica do Camaquã-RS, 1991-2020.

Data	Município	Precipitação (mm)	Sistema atmosférico
15/11/1991	São Lourenço do Sul	153,6	Ciclone
12/04/1992	Amaral Ferrador	142,1	Sistema Convectivo de Mesoescala
13/04/1992	Lavras do Sul	174,4	
17/04/1992	Lavras do Sul	152,2	Ciclone
* 24/12/1995	Camaquã	283,4	Ciclone
	Cristal	168,6	
07/02/1998	São Lourenço do Sul	134,8	Sistema Frontal
16/05/1998	São Lourenço do Sul	135,4	Ciclone
11/06/1998	Lavras do Sul	133,4	Ciclone
01/06/2001	Lavras do Sul	133,1	Sistema Frontal
23/12/2002	Cristal	135,9	Sistema Convectivo de Mesoescala
23/04/2004	Lavras do Sul	139,1	Sistema Convectivo de Mesoescala
17/12/2006	Dom Feliciano	300,0	Sistema Convectivo de Mesoescala
04/03/2007	Cerro Grande do Sul	140,0	Sistema Convectivo de Mesoescala
03/05/2008	Cerro Grande do Sul	152,5	Ciclone
05/05/2008	São Lourenço do Sul	136,5	
18/11/2009	Lavras do Sul	142,3	Sistema Frontal
01/01/2012	Arambaré	187,7	Ciclone
18/09/2012	Camaquã	150,2	Sistema Convectivo de Mesoescala
	Tapes	139,5	
28/05/2015	Cerro Grande do Sul	166,2	Sistema Convectivo de Mesoescala
	Arambaré	147,9	
	Tapes	135,6	
25/04/2016	São Lourenço do Sul	136,3	Sistema Convectivo de Mesoescala
26/07/2016	Camaquã	133,0	Sistema Frontal

02/04/2018	Cerro Grande do Sul	196,3	Ciclone
10/01/2019	Lavras do Sul	160,7	Sistema Convectivo de Mesoescala
31/10/2019	Arambaré	137,5	Sistema Convectivo de Mesoescala

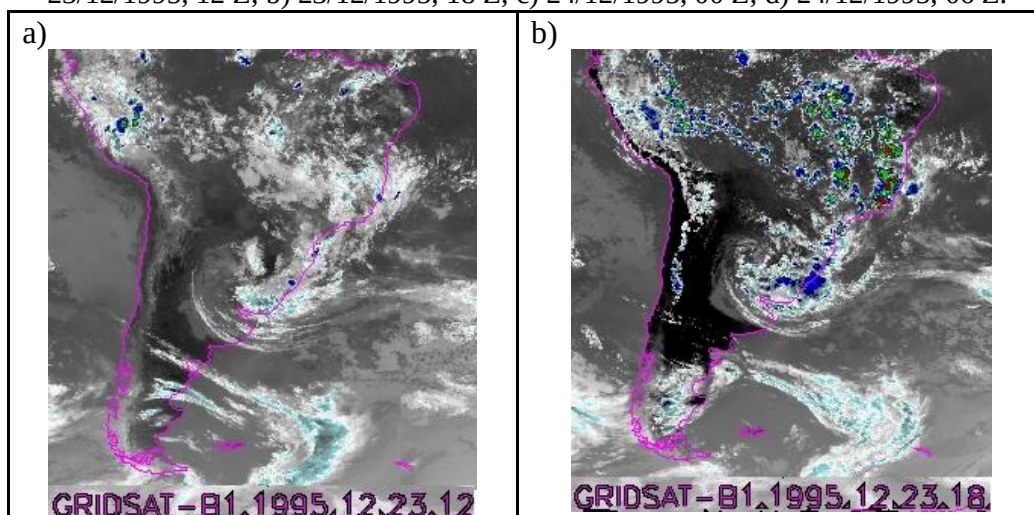
Fonte: Autores (2021). Nota: * evento grifado em amarelo representa o evento mais intenso da série histórica.

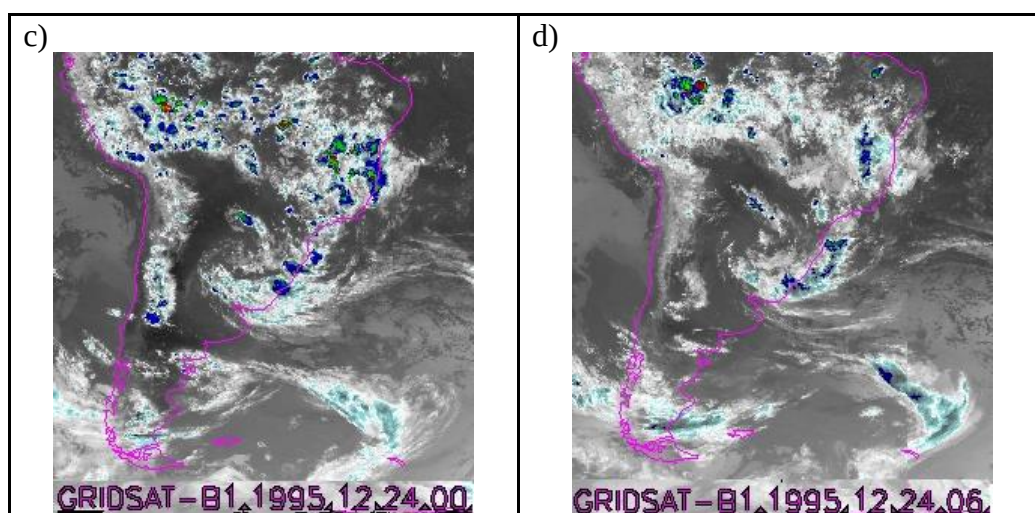
Os sistemas atmosféricos foram identificados a partir das análises nas imagens de satélite e das variáveis meteorológicas, em baixos, médios e altos níveis na atmosfera. O campo ômega em 500 hPa, praticamente aparece em todos os casos e horários com valores negativos, o que representa a ascensão da parcela de ar contribuindo na convecção dos sistemas atmosféricos. Avaliados todos estes parâmetros identificou-se quatro sistemas frontais, oito ciclones e dez sistemas convectivos de mesoescala.

Análise de estudo de caso

O evento de excesso de precipitação mais intenso ocorreu no dia 24/12/1995 e atingiu os municípios de Camaquã e Cristal com precipitação acumulada diária de 283,4 mm e 168,6 mm, respectivamente. A Figura 2 mostra as imagens de satélite a cada seis horas, com a atuação do sistema atmosférico 24h antes do acumulado de precipitação. Em conjunto com as variáveis meteorológicas (Figura 3) verificou-se a atuação de um ciclone extratropical sobre a região do estudo.

Figura 2 - Imagens de satélite, GridSat-B1, Canal infravermelho, dos dias e horários: a) 23/12/1995, 12 Z; b) 23/12/1995, 18 Z; c) 24/12/1995, 00 Z; d) 24/12/1995, 06 Z.



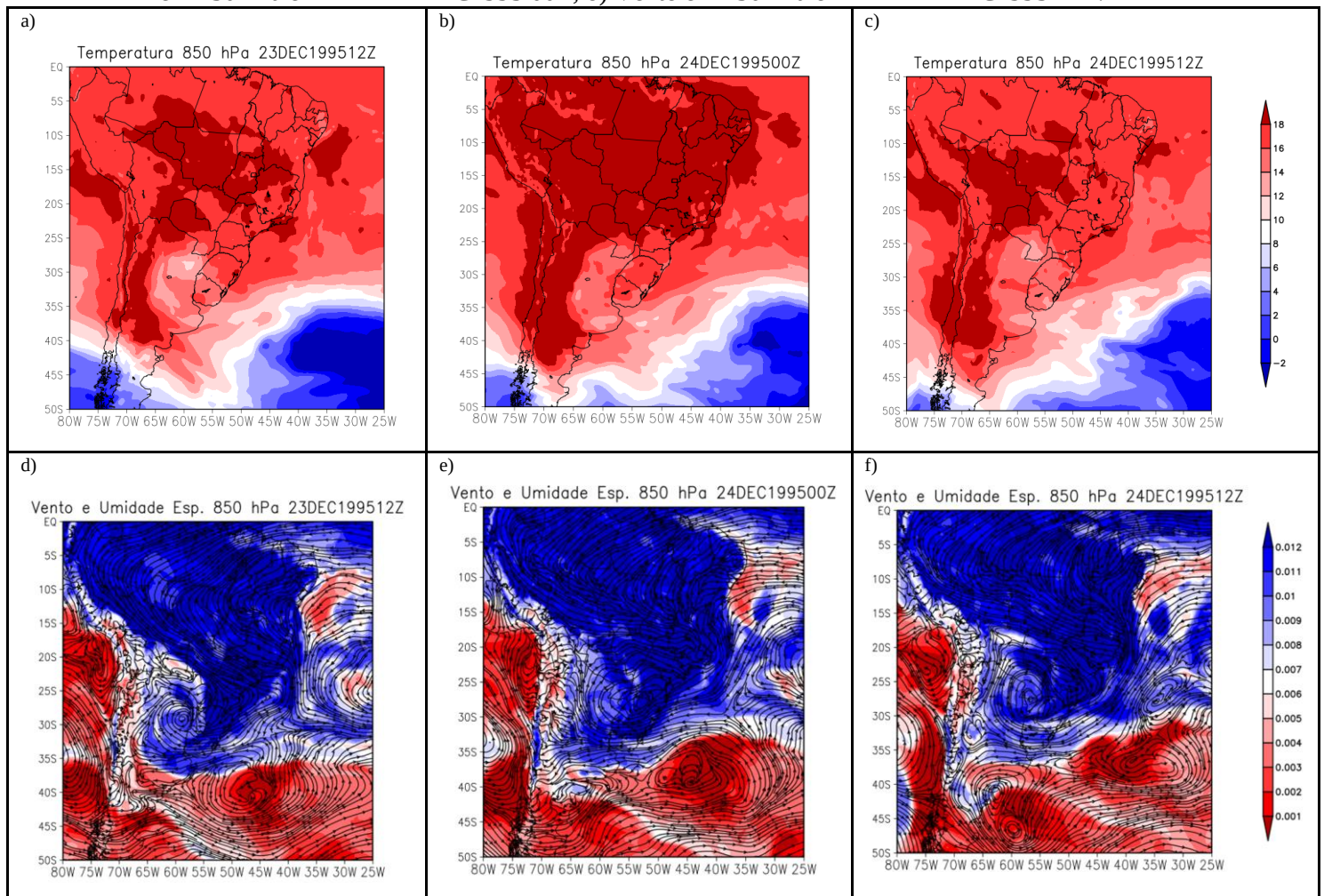


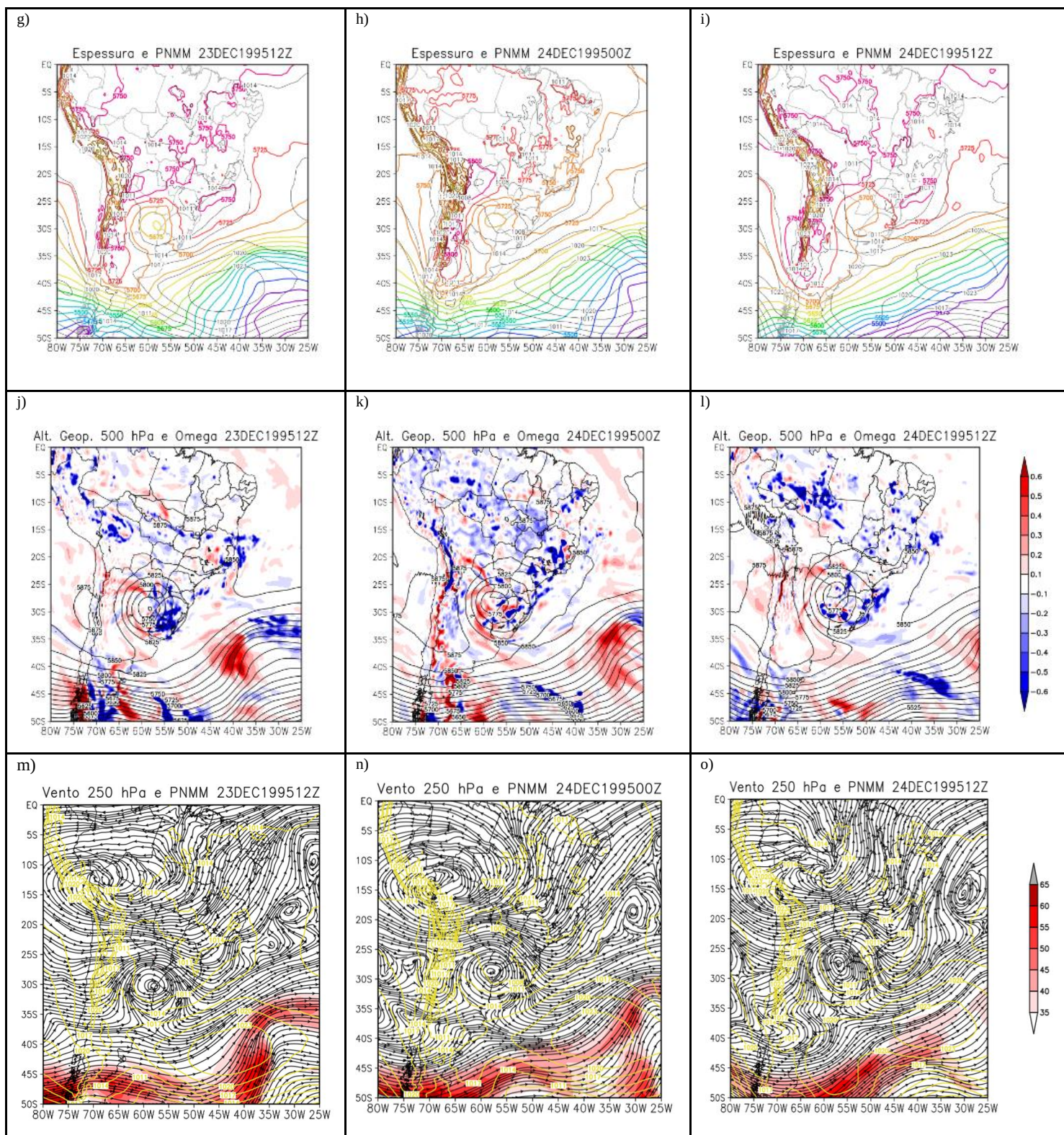
Fonte: Knapp *et al.* (2011) adaptado pelos autores (2021).

A Figura 3 apresenta as forçantes dinâmicas e térmicas, com período de antecedência de 24h do ocorrido. Na análise sinótica dos campos do vento, Figura 3d, do dia 23/12/1995 as 12 Z no nível de 850 hPa, observa-se movimento ciclônico sobre a região nordeste da Argentina, movimento anticiclônico no Oceano Atlântico, e escoamento de norte proveniente da região Amazônica atingindo todo o Estado do RS. Tal movimento ciclônico caracteriza o ciclone extratropical, com seu ramo quente (conforme campo de temperatura em 850 hPa, figuras 3(a-c)) e instável (conforme campo ômega, figuras 3(j-l)) sobre o RS. Na região da Bacia Hidrográfica estas circulações convergem (se aproximam), transportando umidade (Figuras 3(d-f)) fortalecendo a instabilidade. No nível de 250 hPa, Figuras 3(m-o), observa-se um vórtice ciclônico de altos níveis (VCAN), sendo que este localiza-se a oeste da região de instabilidade, Figura 2a, indicando a influência de advecção de vorticidade ciclônica (AVC), forçante dinâmica que potencializa as instabilidades em superfície (BLUESTEIN, 1993). Neste mesmo campo observa-se a difluência do escoamento, característica muitas vezes associada a forte instabilidade em superfície (SANDERS, 1993; RAMOS *et al.*, 2021). Nos campos de altura geopotencial e ômega em 500 hPa, Figuras 3(j-l), observa-se que o VCAN também se encontra em níveis médios, e praticamente toda a metade Sul do RS apresentou movimento ascendente, ou seja, valores negativos, mais intensificado 24h que antecederam ao registro do máximo de precipitação, sobre os municípios de Cristal e Camaquã. O campo de espessura da camada (500-1000 hPa), Figuras 3(g-i), apresenta um núcleo fechado de menor espessura próximo ao oeste do RS, referente ao vórtice ciclônico observado em médios e altos níveis. Sobre a área de estudo nota-se uma espessura maior, associada ao ramo quente do ciclone em baixos níveis, e um cavado em

superfície, conforme campo de pressão ao nível médio do mar, caracterizando uma região de instabilidade.

Figura 3 - Variáveis meteorológicas do ERA5, para os dias 23 e 24/12/1995, sobre a Bacia Hidrográfica do Camaquã: a) Temperatura do ar em 850 hPa 23DEC1995 12Z; b) Temperatura do ar em 850 hPa 24DEC1995 00Z; c) Temperatura do ar em 850 hPa 24DEC1995 12Z; d) Vento e Umidade Esp. 850 hPa 23DEC1995 12Z; e) Vento e Umidade Esp. 850 hPa 24DEC1995 00Z; f) Vento e Umidade Esp. 850 hPa 24DEC1995 12Z; g) Espessura PNMM 23DEC1995 12Z; h) Espessura PNMM 24DEC1995 00Z; i) Espessura PNMM 24DEC1995 12Z; j) Alt. Geop. 500 hPa e Omega 23DEC1995 12Z; k) Alt. Geop. 500 hPa e Omega 24DEC1995 00Z; l) Alt. Geop. 500 hPa e Omega 24DEC1995 12Z; m) Vento em 250 hPa e PNMM 23DEC1995 12Z; n) Vento em 250 hPa e PNMM 24DEC1995 00Z; o) Vento em 250 hPa e PNMM 24DEC1995 12Z.





Fonte: Autores (2021).

CONCLUSÕES

Realizadas todas as etapas propostas neste estudo podemos concluir que na Bacia Hidrográfica do Camaquã, no período de 1991 - 2020 foram registrados 197 desastres naturais, sendo 61% de excesso e 39% de déficit de precipitação. Quando registrado os casos de excesso de precipitação, 39% estavam sob influência de *El Niño*, 11% *La Niña* e 50% Neutro e nos casos de déficit de precipitação 3% estavam sob influência *El Niño*, 20% *La Niña* e 77% Neutro. Muitos dos casos não estavam influenciados pelo ENOS, ou seja anos neutros, os quais podem estar relacionados com outras oscilações climáticas.

Verificou-se que em alguns períodos do fenômeno *El Niño* a região apresentou déficit de precipitação assim como em alguns períodos de *La Niña* apresentou excesso de precipitação, sendo de grande importância estudos de casos anômalos de eventos ENOS na região Sul.

Avaliando todas as fases de cada evento extremo, de excesso de precipitação que ultrapassou o limiar do percentil 99% (133 mm), podemos concluir que nestes 30 anos de pesquisa os sistemas atuantes foram quatro sistemas frontais, oito ciclones e dez sistemas convectivos de mesoescala.

Referente ao evento de excesso de precipitação mais intenso desta série, este apresentou as fortes dinâmicas e térmicas que caracterizaram a atuação de um ciclone extratropical sobre os municípios de Camaquã e Cristal, ocasionando muitos estragos e prejuízos.

A avaliação de todo este período e a identificação do comportamento dos sistemas atmosféricos com os desastres naturais registrados na Bacia Hidrográfica do Camaquã se torna cada vez mais relevante, visto a importância dessa região ao Estado do RS.

REFERÊNCIAS

BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA CIVIL. **Banco de dados e registros de desastres:** sistema integrado de informações sobre desastres - S2ID. 2013. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/paginas/relatorios> Acesso em: 11 de nov. 2021.

BIELASKI, E. Maior enchente da história de Camaquã completa 25 anos. **Clic Camaquã**, 2020. Disponível em: <https://www.cliccamaqua.com.br/noticia/61020/fotos-maior-enchente-da-historia-de-camaqua-completa-25-anos.html>. Acesso em: 10 de nov. de 2021.

BLUESTEIN, H. B. Synoptic-Dynamic Meteorology in Midlatitudes: Volume I: **Principles of Kinematics and Dynamics**. Press, 1993, p. 594, 1993.

BRITTO, F. P.; SARAIVA, J. M. B. Estudo da precipitação associada aos sistemas frontais na cidade do Rio Grande na estação do inverno. **Revista Geografia em Atos**, Unesp, 2001.

CAMPOS, C. R. J.; EICHHOLZ, C. W. Características físicas dos Sistemas Convectivos de Mesoescala que afetaram o Rio Grande do Sul no período de 2004 a 2008. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 29, p. 331-345, 2011.

CAVALCANTI, I. F. de. A. Frentes frias sobre o Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. de. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J. da; DIAS, M. A. F. da. S. (org). **Tempo e clima no Brasil**. 2009. São Paulo: Oficina de textos, 2009. Cap. 9, p. 133-147.

CHECHI, L.; SANCHES, F.O. O uso do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) na avaliação do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) no Alto Uruguai Gaúcho entre 1957-2012. **Revista Brasileira de Geografia Física**, p.1586-1597, 2013.

COPERNICUS CLIMATE CHANGE SERVICE (C3S). **ERA5: Fifth generation of ECMWF atmospheric reanalyses of the global climate**. Copernicus Climate Change Service Climate Data Store (CDS). Disponível em: <https://climate.copernicus.eu/climate-reanalysis>. Acesso em: 10 nov. 2021.

DIAS, M. A. F. S.; ROZANTE, J. R.; MACHADO, L. A. T. Complexos Convectivos de Mesoescala na América do Sul. In: CAVALCANTI, I. F. de. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J. da.; DIAS, M. A. F. da. S. (org). **Tempo e clima no Brasil**. 2009. São Paulo: Oficina de textos, 2009. Cap. 9, p. 181-194.

DORNELES, V. R.; RIQUETTI, N.B.; NUNES, A. Forçantes dinâmicas e térmicas associadas a um caso de precipitação intensa sobre o Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**. v.26, 2020.

GAN, M. A.; RAO, V. B. Surface Cyclogenesis over South America. **American Meteorological Society**. São Paulo, 1991.

GHUMMAN, A. R.; AHMAD, M. M.; HASHMI, H. N.; KAMAL, M. A. Development of geomorphologic instantaneous unit hydrograph for a large watershed. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 184, n. 4, p. 3153-3163, 2011.

GRIMM, A. M. Variabilidade interanual do clima no Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. de. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J. da; DIAS, M. A. F. da. S. (org). **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 435-460, 2009.

GRIMM, A.M.; FERRAZ, S.E.T.; GOMES, J. Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, p. 2863–2880, 1998.

HERSBACH, H. et al. The ERA5 global reanalysis. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**. v. 146, p. 1999-2049, 2020.

HIDROWEB – **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH)**. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/>. Acesso: 17 de nov. 2021.

HOUZE, R. A. Mesoscale convective systems. In: HOUZE, R. A. **Cloud dynamics**. Academic Press, Inc, v. 53, p. 334-404, 1993.

IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. **Cambridge University**. Press. In Press II: Observations and theory of weather systems. Oxford: Oxford University, 2021.

KNAPP, K. R.; et al. Globally Gridded Satellite observations for climate studies. **American Meteorological Society**.v. 92, p. 893-907, 2011.

LIMA, M.V.; NUNES, A.B. Comportamento climático do balanço do vento térmico na América do Sul de acordo com os eventos ENOS: Estudo preliminar. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.11, n.03, p. 728-744, 2018.

MATZENAUER, R.; RADIN, B.; MALUF, J. R. T. O fenômeno ENOS e o regime de chuvas no Rio Grande do Sul. **Agrometeoros**, v. 25, n. 2, p. 323-331, 2018.

MIKHAILOVA, M. V; MIKHAILOV, V. N.; MOROZOV, V. N. Extreme Hydrological Events in the Danube River Basin over the Last Decades. **Water Resources and the Regime of Water Bodies**, v. 39, n. 2, p. 161–179, 2012.

NOOA- **National Oceanic and Atmospheric Administration**. Disponível em: <https://www.noaa.gov/>. Acesso em 15 de nov. 2021.

NUNES, A. B.; PEREIRA, R.D.S. Estimativa de eventos de precipitação com potencial para alagamentos urbanos no Rio Grande do Sul. In: NUNES, André Becker; MARIANO, Glauber Lopes (org). **Meteorologia em tópicos: Volume 4**. Pelotas: Clube dos Autores, 2017. p.273- 313.

NUNES, A.B.; DA SILVA, G.C. Climatology of extreme rainfall events in eastern and northern Santa Catarina State, Brazil: present and future climate. **Revista Brasileira de Geofísica**, v.31, n.3, p.413-425, 2013.

PAMPUCH L.A, AMBRIZZI T. Sistemas Frontais sobre a América do Sul Parte I: Climatologia e intervalo de passagem em dados da Reanálise I do NCEP/NCAR. **Anais do IX Workshop Brasileiro de Micrometeorologia**. Santa Maria- RS, 2015.

PEREIRA, R. S.; NUNES, A. B. Estudo climático dos eventos de precipitação associados a alagamentos urbanos no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, p. 2010-2017, 2018.

RAMOS, E.C.P., NUNES, A.B., CASSOL, L.G. M. Study of a mesoscale convective complex associated with the coupling between jets in South America. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.14, n.03, p. 1367-1381, 2021.

RAO, V.B.; HADA, K. Characteristics of rainfall over Brazil: annual variations and connections with the Southern Oscillation. **Theoretical and Applied Climatology**, p. 81–91, 1991.

REBOITA, M. S.; IWABE, C. M. N.; ROCHA, R. P. da.; AMBRIZZI, T. Análise de um ciclone semi-estacionário na Costa sul do Brasil associado a bloqueio atmosférico. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.24, n.4, 407 - 422, 2009.

REBOITA, M.S.; DA ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T.; SUGAHARA, S. South Atlantic Ocean cyclogenesis climatology simulated by regional climate model (RegCM3). **Climate Dynamics**, p. 1331-1347, 2010.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R.P.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 2, p. 185 - 204, 2010.

ROSA, A. (org.); SILVA, C. S. da (org.); SILVA, J. A. O. da (org.). **Plano da bacia hidrográfica do Camaquã 2015/2035**. Porto Alegre: SEMA, 2016.

ROSSATO, M. S. Os Climas do Rio Grande do Sul: tendências e tipologia. In: Francisco Mendonça. (Org.). **Os Climas do Sul: Em Tempos de Mudanças Climáticas Globais**. Jundiaí: Paco Editorial, p. 217-271, 2014.

SANDERS, F. Upper-Level Geostrophic Difffluence and Deepening of Surface Lows. **Weather and Forecasting**, v. 8, p. 339-344. 1993.

SANTOS, R. Q.; SANSIGOLO, C.A.; NEVES, T. T. A. T.; CAMPOS, T. L. O. B.; SANTOS, A. P. P. Frequência dos eventos extremos de seca e chuva na Amazônia utilizando diferentes bancos de dados de precipitação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.2, p. 468-478, 2017.

SEMA. Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. **L030 – Bacia Hidrográfica do Camaquã**. Porto Alegre- RS. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/1030-bh-rio-camaqua>. Acesso em: 09 de nov. 2021.

SINCLAIR, M. R. Reply. **Monthly Weather Review**. v. 124, p. 2615-2618, 1996.

TRENBERTH, K. E. The definition of El Niño. **Bulletin of the American Meteorological Societ**. v.78, n. 12, p. 2771- 2778, 1997.

Recebido em: 03/02/2022

Aprovado em: 05/03/2022

Publicado em: 08/03/2022