

## CICLOGÊNESE EXPLOSIVA OCORRIDA EM 20/08/2021

YNARA AGUIAR CASTRO<sup>1</sup>; ANDRÉ BECKER NUNES<sup>2</sup>; MATEUS DA SILVA TEIXEIRA<sup>3</sup>; HUMBERTO CONRADO<sup>4</sup>; VILSON DIAS DE AVILA<sup>5</sup>

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas – YNARAPOE@GMAIL.COM*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas – beckernunes@gmail.com*

<sup>3</sup>*Universidade Federal de Pelotas – mateusstex@gmail.com*

<sup>4</sup>*Universidade Federal de Pelotas – hconrado@ufpel.edu.br*

<sup>5</sup>*Universidade Federal de Pelotas – vilson@ufpel.edu.br*

### 1. INTRODUÇÃO

O Sul do Brasil apresenta uma distribuição de precipitação bastante regular devido aos vários tipos de sistemas meteorológicos transitantes que passam pela região, tais como sistemas convectivos de mesoescala, linhas de instabilidade, bem como as frentes frias dos ciclones extratropicais. Dentre estes sistemas, são mais frequentes os ciclones extratropicais, os quais contribuem muito para a mencionada regularidade na distribuição anual das precipitações.

Dentre os ciclones extratropicais existe um tipo que é caracterizado por um aprofundamento da pressão média ao nível do mar de pelo menos 1 hPa por hora, durante 24 horas em uma latitude de 60° (SANDERS; GYAKUM; 1980), o qual é referido como Ciclone Explosivo. Esta taxa de aprofundamento da pressão central foi denominada de unidade Bergeron (B) em homenagem a Tor Bergeron, e atualmente corrigida pelo valor da latitude ( $\varphi$ ), chamada de Taxa Normalizada de Aprofundamento (TNA), cuja fórmula é:  $1 B = [24 \text{ hPa} \left( \frac{\sin \varphi}{\sin 60^\circ} \right)] / \text{dia}$

Os ciclones explosivos produzem precipitação intensa, ventos fortes, baixa visibilidade e ondas oceânicas muito altas atingindo principalmente as cidades da costa leste do continente com sérias consequências também na navegação.

Bitencourt et al. (2013) elaboraram uma climatologia deste fenômeno para a região ciclogenética da América do Sul, salientando que a previsão dos ciclones explosivos é muito difícil por causa da rapidez do aprofundamento da pressão ao centro do ciclone, da escassez de dados meteorológicos sobre o oceano, e da falta de conhecimento sobre os seus mecanismos dinâmicos e termodinâmicos.

As categorias dos ciclones explosivos de acordo com suas intensidades, segundo Sanders (1986), podem ser classificados segundo a intensidade, como fracos ( $TNA < 1,3B$ ), moderados ( $1,3B \leq TNA \leq 1,8B$ ) e fortes ( $TNA > 1,8B$ ).

O caso aqui estudado foi escolhido entre os casos detectados no Projeto Unificado de Pesquisa intitulado “Ciclones Explosivos na América do Sul” porque embora tenha se classificado como forte e sua frente fria tenha provocado chuvas e rajadas de vento de mais de 60 km/h no Rio Grande do Sul, não teve registros de destruição tão significativos na região, como o ocorrido em 02/09/2005, estudado por Bortolli et al (2022), apesar do mesmo ter sido classificado como fraco.

O objetivo de tal estudo é contribuir para o aumento do conhecimento sobre ciclones explosivos visando a melhoria das previsões deste fenômeno proporcionando a mitigação dos riscos e prejuízos decorrentes do mesmo.

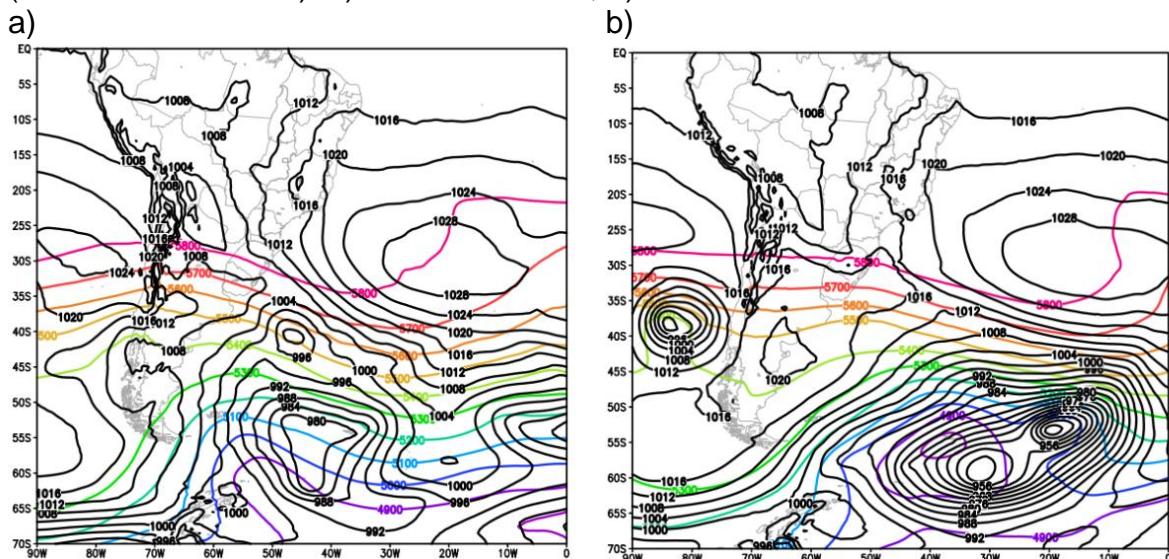
## 2. METODOLOGIA

Para o presente estudo os conjuntos de dados de reanálise utilizados foram aqueles do MERRA-2 manipulados no software GRADS, com resolução:  $0,66^{\circ} \times 0,5^{\circ}$ , de 6 em 6 horas das seguintes variáveis: Pressão ao nível médio do mar (PNMM); Altura geopotencial (H); Vento (componentes u, v); e Vorticidade Potencial (EPV) para verificar as dobras da tropopausa onde ocorre introdução de ar seco e frio proveniente da estratosfera.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas análises da PNMM (Figura 1), observa-se, o início do ciclone as 00Z de 20/08/2021, em  $42^{\circ}\text{S}$ ,  $47^{\circ}\text{W}$ , com pressão central de 992 hPa, deslocando-se para sudeste até  $54^{\circ}\text{S}$ ,  $19^{\circ}\text{W}$ , as 00Z de 21/08/2021, com pressão central de 944 hPa. Assim, a pressão à superfície diminuiu em 48 hPa durante as 24 horas do dia 20/08/2021, o que para a latitude média do deslocamento ( $48^{\circ}\text{S}$ ) corresponde a 2,33 Bergeron, classificando esta ciclogênese como explosiva forte (SANDERS, 1986).

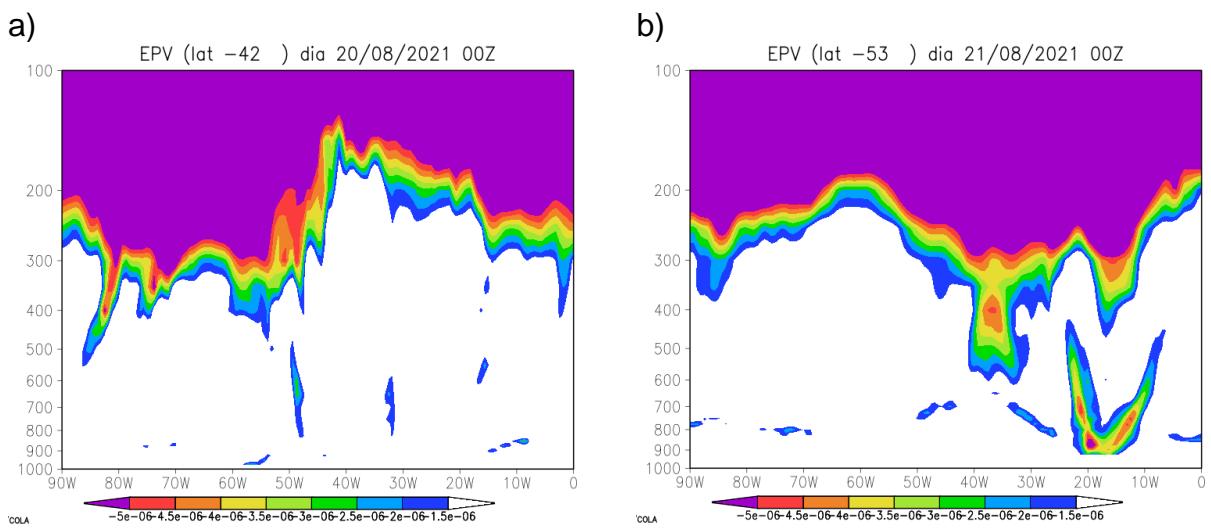
Figura 1 - PNMM (contornos em preto) e Altura Geopotencial (H) em 500 hPa (contornos em cores). a) 20/08/2021 00Z, b) 21/08/2021 00Z.



Fonte: autor

O ciclone se formou relativamente próximo a costa da Argentina e teve um deslocamento para sudeste. Ele apresentou perturbação acoplada nos níveis médios nos contornos de geopotencial em 500 hPa com um cavado defasado para oeste em relação ao ciclone em superfície (Figura 1a), indicando a origem baroclinica do sistema. A perturbação fica em fase com a baixa em superfície na fase madura do ciclone (Figura 1b). Seu desenvolvimento foi favorecido pelo setor quente de outro ciclone mais ao sul, pelo aporte de ar úmido proveniente do Jato de Baixos Níveis (JBN) da Amazônia e da Alta Semipermanente do Atlântico Sul (ASAS).

Figura 2 - Seções verticais (longitude x pressão) de EPV maior ou igual, em módulo a 1.5 PVU. (a) 42°S, 20/08/2021 00Z, (b) 53°S, 21/08/2021 00Z.



Fonte: autor

Na Figura 2 podemos ver seções transversais verticais nas latitudes de início (Figura 2a) e do final do ciclo explosivo (Figura 2b). O campo de Vorticidade Potencial (EPV) é negativo no hemisfério sul e os valores maiores ou iguais em módulo a 1,5 Unidades de Vorticidade Potencial (UPV) apontam a altura da chamada Tropopausa Dinâmica (SANTURETTE; GEORGIEV; 2005). Assim, pode ser observado na Figura 2 as pronunciadas anomalias da Tropopausa Dinâmica também chamadas de dobras ou quebras da tropopausa. Através destas quebras, ar seco e frio da estratosfera é introduzido na região do ciclone induzindo o aumento de sua intensidade.

#### 4. CONCLUSÕES

O presente estudo analisou uma ciclogênese explosiva classificada como forte, que, apesar de sua intensidade, causou impactos relativamente fracos ao atingir a região Sul do Brasil. Este comportamento contrasta com o evento de 02/09/2005, classificado como fraco segundo BORTOLLI (2022), mas que apresentou impactos mais significativos.

Com isso, conclui-se que a magnitude dos impactos de ciclones explosivos sobre o continente não está diretamente relacionada à sua classificação em forte ou fraco. Fatores como a proximidade do sistema ao continente e a orientação de sua trajetória desempenham um papel mais determinante na intensidade dos efeitos observados.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BITENCOURT, D. P.; FUENTES, M. V.; CARDOSO, C. S.: Climatologia de Ciclones Explosivos Para a Área Ciclogenética da América do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Brasil, v.28, n.1, p. 43 - 56, 2013.

BORTOLLI, Emanoela de; NUNES, André Becker; KLERING, Eliana Veleda; AVILA, Vilson Dias de. Estudo de caso do ciclone explosivo ocorrido em 02/09/2005. In: XXXIII CIC, 2021,

GRAZIANO, Rodrigo. Avanço de frente fria traz chuva e provoca rajadas de vento de mais de 60 km/h no RS. Gauchazh, 27 ago. 2021. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/ambiente/noticia/2021/08/avanco-de-frente-fria-traz-chuva-e-provoca-rajadas-de-vento-de-mais-de-60-km-h-no-rs-ckskav71n002a0193ww6j6v67.html>. Acesso em: 10 out. 2024.

SANDERS, F.; GYAKUM, J. R. Synoptic–dynamic climatology of the “Bomb”. **Monthly Weather Review**, USA, v. 108, n. 10, p.1589–1606, 1980.

SANDERS, F.: Explosive cyclogenesis in the West-Central North Atlantic Ocean, 1981–84. Part I: Composite structure and mean behavior. **Monthly Weather Review**, USA, v. 114, n. 10, p.1781-1794, 1986.

SANTURETTE, P.; GEORGIEV, C. G.; **Weather analysis and forecasting**: Applying satellite water vapor imagery and potential vorticity analysis. Amsterdam: Academic Press. 179p., 2005.

SENADO. **Ciclone extratropical provoca destruição no sul**. O Globo, 03/09/2005, O País, p. 10. Acessado em 10 set. 2022. Online. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/393104/noticia.htm?sequence=1&isAllowed=y>