

## ESTUDO DE CASO DO CICLONE EXPLOSIVO OCORRIDO EM 02/09/2005

EMANOELA DE BORTOLLI<sup>1</sup>; ANDRÉ BECKER NUNES<sup>2</sup>; ELIANA VELEDA KLERING<sup>3</sup>; VILSON DIAS DE AVILA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – manudebortolli@gmail.com

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

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

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

### 1. INTRODUÇÃO

O Sul do Brasil é atingido por vários tipos de sistemas meteorológicos transitórios, tais como sistemas convectivos de mesoescala, linhas de instabilidade e frentes frias associadas a ciclones extratropicais. Destacam-se, pela ocorrência mais frequente, os ciclones extratropicais, cujas frentes associadas modulam fortemente o clima da região sul.

Um tipo de Ciclone Extratropical que é caracterizado por um aprofundamento da pressão média ao nível do mar de pelo menos 1 hPa por hora, durante 24 horas em 60° de latitude (SANDERS; GYAKUM; 1980) é chamado de Ciclone Explosivo ou Bomba Meteorológica. Este limiar da taxa de aprofundamento foi denominado de unidade Bergeron (B) em homenagem aos trabalhos de Tor Bergeron na década de 1950, e posteriormente corrigido pelo valor da latitude ( $\phi$ ), resultando na Taxa Normalizada de Aprofundamento (TNA):  $1 B = [24 hPa (\frac{\sin \phi}{\sin 60^\circ})] / dia$

Os ciclones explosivos atingem principalmente a costa leste ameaçando a navegação e as cidades densamente povoadas do litoral porque eles geram precipitação intensa, ventos fortes, baixa visibilidade e ondas altas no oceano.

Segundo BITENCOURT et al. (2013), os ciclones explosivos são de difícil previsão devido a rapidez do aprofundamento da pressão ao centro do ciclone, escassez de dados meteorológicos sobre o oceano, bem como falta de conhecimento de seus mecanismos dinâmicos e termodinâmicos.

Ainda, segundo SANDERS (1986), os casos de ciclogênese explosiva 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” especificamente por, não obstante ser classificado como fraco, ter deixado registros de grande destruição na região sul do Brasil nos dias 02 E 03/09/2005 (SENADO; 2005; EMPRESA BRASILEIRA DE COMUNICAÇÃO; 2005):

*“A passagem do ciclone extratropical pelo Rio Grande do Sul deixou um morto, pelo menos 11 feridos e mais de 200 árvores e 50 postes caídos em Porto Alegre, provocando grande transtorno no trânsito e afetando o fornecimento de energia elétrica em vários bairros. O trem metropolitano ficou parado durante a manhã e dois caminhões tombaram na BR-101, interrompendo o trânsito. Os ventos chegaram a 113 quilômetros por hora em Rio Grande, no sul do estado”.*

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 estudo foram utilizados os conjuntos de dados de reanálise do MERRA visualizados 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; Vento (componentes  $u$ ,  $v$ ); Vorticidade Potencial de Ertel (EPV) para verificar as dobras da tropopausa indicadoras de 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 02/09/2005, em  $31^\circ\text{S}$ ,  $48^\circ\text{W}$ , com pressão central de 1012 hPa, deslocando-se para sul até  $34^\circ\text{S}$ ,  $46^\circ\text{W}$ , as 00Z de 03/09/2005, com pressão central de 996 hPa. Assim, a pressão à superfície diminuiu em 16 hPa durante as 24 horas do dia 02/09/2005, o que para a latitude média do deslocamento ( $33^\circ\text{S}$ ) corresponde a 1,06 Bergeron, classificando esta ciclogênese como explosiva fraca (Sanders, 1986).

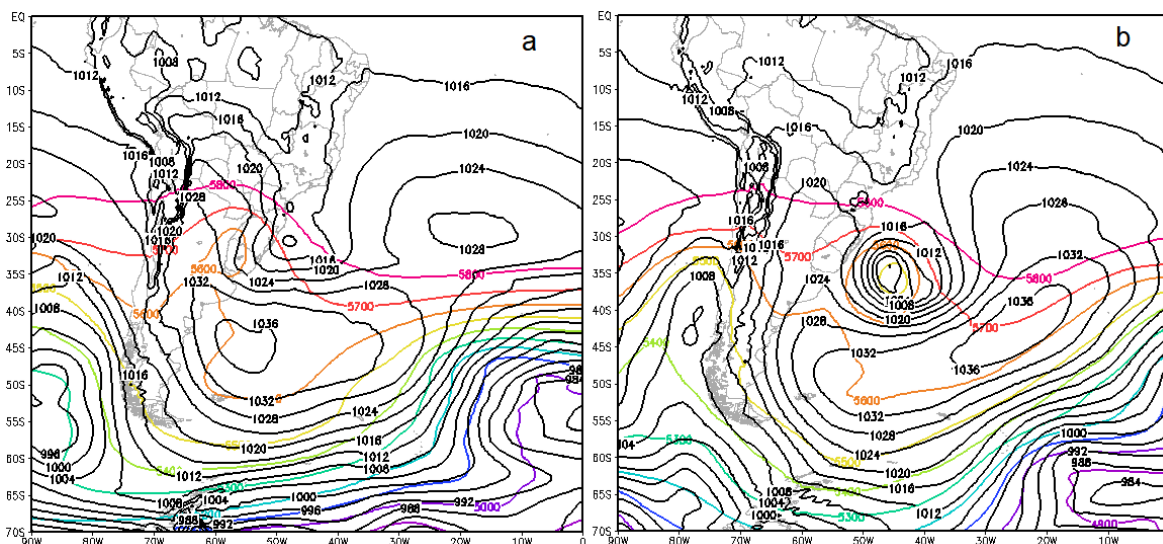


Figura 1: Pressão ao nível médio do mar (contornos em preto) e altura geopotencial em 500 hPa (contornos em cores). a) 02/09/2005 00Z, b) 03/09/2005 00Z.

O ciclone se formou em uma latitude baixa e seu deslocamento foi relativamente pequeno durante o ciclo explosivo, com uma trajetória bem meridional próximo à costa. Ainda na Figura 1a é possível ver no início do ciclo, uma defasagem entre o cavado em 500 hPa, mais a oeste, e o centro de baixa pressão no campo de PNMM indicando que o ciclone se formou em um ambiente baroclínico como é normal nas ciclogêneses extratropicais, enquanto na Figura 1b observa-se que o cavado em 500 hPa está em fase com o centro de pressão no campo de PNMM indicando um estado barotrópico característico do estágio maduro do ciclone.

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 de Ertel (EPV) é negativo no hemisfério sul e os valores maiores ou iguais em módulo a 1,5 Unidades de Vorticidade Potencial (UPV) indicam 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 influenciando no aumento de intensidade do mesmo.

É notável a intensidade alcançada por este ciclone chegando a categoria de ciclone explosivo com uma queda de apenas 16 hPa na pressão central.

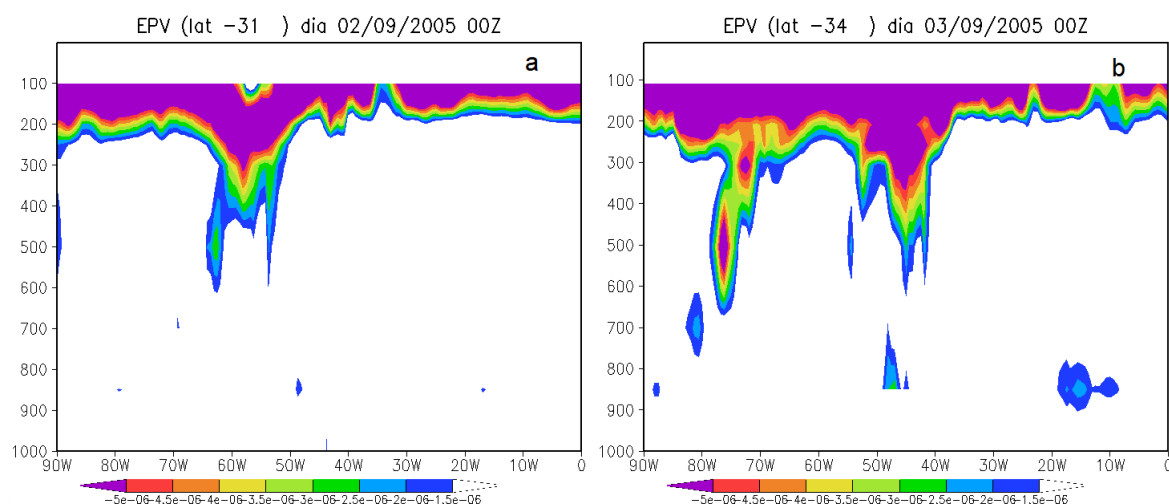


Figura 2: Secções verticais (longitude x pressão) de EPV maior ou igual, em módulo a 1.5 PVU. (a) 31°S, 02/09/2005 00z; (b) 34°S, 03/09/2005 00Z.

#### 4. CONCLUSÕES

O caso apresentado aqui, mesmo sendo uma ciclogênese explosiva fraca, despertou o interesse por causa do grande impacto de sua passagem, principalmente sobre o Rio Grande do Sul, e também pela sua trajetória orientada meridionalmente quando normalmente os ciclones explosivos fracos tendem a se deslocar com uma trajetória mais zonal.

Conclui-se que ciclone explosivo é intenso, independente da classificação proposta por SANDERS (1986) e que o grande potencial destrutivo do caso estudado deveu-se a proximidade da costa durante todo o ciclo explosivo.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASIL – EMPRESA BRASIL DE COMUNICAÇÃO. **Onze cidades do Rio Grande do Sul decretaram situação de emergência por causa do ciclone.** Acessado em 14 set. 2022. Online. Disponível em: <http://memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/noticia/2005-09-02/onze-cidades-do-rio-grande-do-sul-decretaram-situacao-de-emergencia-por-causa-do-ciclone>

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.

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>

Documentos eletrônicos

UFRGS. **Transgênicos**. Zero Hora Digital, Porto Alegre, 23 mar. 2000. Especiais. Acessado em 23 mar. 2000. Online. Disponível em: <http://www.zh.com.br/especial/index.htm>