



Análise do ciclo de vida de um ciclone extratropical na porção sudoeste do Oceano Atlântico Sul

Rafael Gonçalves Xavier^a, Guilherme Lisboa Silveira^b, Michelle Simões Reboita^c, André Luiz dos Reis^d

^{a, b, c, d} Universidade Federal de Itajubá - Itajubá/MG

Resumo: Os ciclones extratropicais são importantes para o controle do clima global e afetam grandemente as condições de tempo das regiões onde atuam. Por isso, o conhecimento das características desses sistemas é importante e essa é a motivação do presente estudo. Assim, esse trabalho teve como objetivo descrever as características do ciclo de vida de um ciclone extratropical que se desenvolveu no sudoeste do Oceano Atlântico Sul entre os dias 05 e 10 de abril de 2023. Para isso, foram utilizados dados da reanálise ERA5 e estimativas de precipitação provenientes do MERGE. Os resultados mostraram que o ciclone teve gênese no dia 05/04/2023, atingiu o estágio de oclusão no dia 08/04/2023 e decaiu no dia 10/04/2023. Assim, teve duração de 5 dias. A trajetória do ciclone foi para sudeste e sua gênese foi associada a divergência de massa no setor *downstream* de um cavado em médios e altos níveis da atmosfera.

Abstract: Extratropical cyclones are important for global climate control and greatly affect the weather conditions in the regions where they operate. Therefore, knowledge of the characteristics of these systems is important and this is the motivation of the present study. Thus, this work aimed to describe the characteristics of the life cycle of an extratropical cyclone that developed in the southwest of the South Atlantic Ocean between April 5 and 10, 2023. For this, data from the ERA5 reanalysis and estimates of precipitation from MERGE. The results showed that the cyclone had its genesis on 04/05/2023, reached the occlusion stage on 04/08/2023 and decayed on 04/10/2023. So it lasted 5 days. The cyclone's trajectory was to the southeast and its genesis was associated with mass divergence in the downstream sector of a trough in medium and high levels of the atmosphere.



IX SEMINÁRIO DE RECURSOS NATURAIS
XVII SEMINÁRIO DE MEIO AMBIENTE E ENERGIAS RENOVÁVEIS
05 a 07 de Junho



1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de ciclones é observado durante todo o ano na costa sul e sudeste do Brasil (REBOITA et al., 2009). Esses sistemas apresentam potencial para provocar mudanças abruptas nos padrões atmosféricos e são um fator importante no controle do clima global (REBOITA et al., 2018). Os ciclones de escala sinótica são classificados em três categorias, sendo elas: extratropicais, subtropicais e tropicais. Os ciclones extratropicais são sistemas meteorológicos de baixa pressão, caracterizados por uma grande área de circulação ciclônica e estão associados à gradientes horizontais de temperatura do ar e a ondas se deslocando em níveis médios e altos da atmosfera (GAN et al., 2022, MARRAFON et al., 2021).

A porção sudoeste do Oceano Atlântico Sul (OAS) é um local gênese de ciclones extratropicais (REBOITA et al., 2018). Esses sistemas merecem estudos a fim do conhecimento gerado ser usado para auxiliar as práticas de previsão de tempo, por exemplo.

Com base nisso, o objetivo deste estudo foi analisar o ciclo de vida do ciclone extratropical com gênese no dia 05 de abril de 2023 sobre o setor sudoeste do oceano Atlântico Sul (OAS).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Dados

Os dados utilizados neste estudo provêm da reanálise ERA5 (HERSBACH et al., 2020), com $0,25^\circ$ de resolução horizontal, que é desenvolvida pelo *European Centre for MediumRange Weather Forecasts* - ECMWF. Os dados em níveis de pressão utilizados no estudo foram: geopotencial (m^2/s^2), componentes zonal e meridional do vento (m/s), umidade relativa (%), temperatura (K) e velocidade vertical (Pa/s). Em nível de superfície foram utilizados: componente zonal e meridional do vento a 10 metros (m/s) e pressão ao nível médio do mar (PNMM, hPa). Além disso, foram utilizados dados de precipitação provenientes do produto MERGE que é uma combinação de estimativas de satélite e estações de superfície (ROZANTE et al., 2020), elaborado pelo CPTEC/INPE, com resolução de 10 km.



IX SEMINÁRIO DE RECURSOS NATURAIS
XVII SEMINÁRIO DE MEIO AMBIENTE E ENERGIAS RENOVÁVEIS
05 a 07 de Junho



2.2 Rastreamento do ciclone

O rastreamento da trajetória do ciclone foi feito analisando o deslocamento do centro de baixa pressão a cada 6 horas, desde às 1800 UTC do dia 05 de abril de 2023 (ciclogênese) até às 0600 UTC do dia 10 de abril de 2023 (dissipação). Os campos atmosféricos foram plotados para quatro períodos do ciclo de vida do ciclone: ciclogênese (05/04/2023 às 1800 UTC), que ocorre quando aparece a primeira isóbara fechada no campo da PNMM, desenvolvimento (08/04/2023 às 0000 UTC), oclusão (08/04/2023 às 1800 UTC), que é quando o ciclone atinge a máxima intensidade e não há gradientes de temperatura do ar cruzando o centro do ciclone e o jato em altos níveis já se encontra no setor equatorial do ciclone, e dissipação (10/04/2023 às 1200 UTC).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise do campo da PNMM, jatos em 250 hPa e espessura da camada (Fig. 1), nota-se que no dia 05/04 às 1800 UTC a primeira isóbara se fecha no Oceano Atlântico em aproximadamente 30°S e a segunda em 36°S (Fig. 1A) e, posteriormente, ocorrerá o acoplamento entre ambas em um único sistema (Fig. 1B). Observa-se que no dia 08/04 às 0000 UTC o sistema se deslocou para sudeste e já se encontra bem configurado, com centro de baixa pressão de 1004 hPa, jatos de até 50 m/s sobre a região e um sistema frontal associado ao ciclone (Fig. 1B). No dia 08/04 às 1800 UTC o sistema já se encontra em estágio de oclusão, com pressão central de 997 hPa (Fig. 1C) e no dia 10/04 às 1200 UTC o ciclone já foi dissipado e a baixa pressão já foi completamente desconfigurada (Fig. 1D).



IX SEMINÁRIO DE RECURSOS NATURAIS
XVII SEMINÁRIO DE MEIO AMBIENTE E ENERGIAS RENOVÁVEIS
05 a 07 de Junho

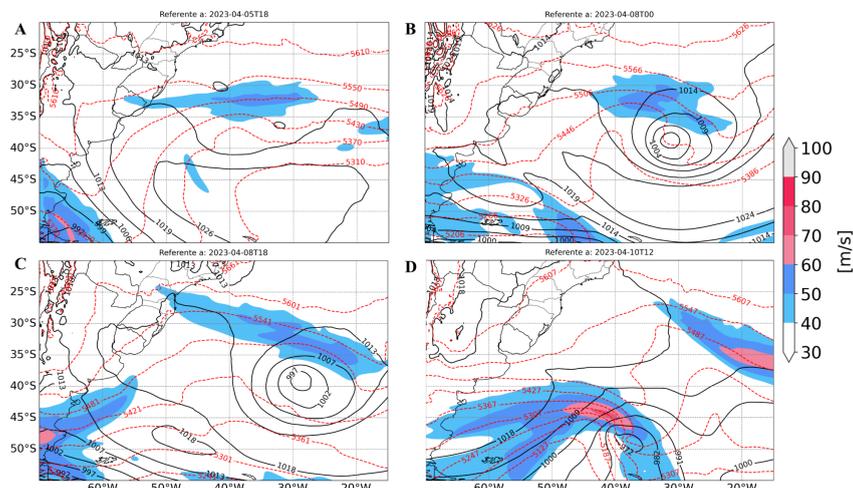


Figura 1 – Pressão ao nível médio do mar (hPa) em linhas contínuas pretas, espessura da camada 500/1000 (m) em tracejado vermelho, intensidade do vento em 250 hPa acima de 30 m/s, em shaded, para a ciclogênese (A), desenvolvimento (B), oclusão (C) e dissipação (D).

Nota-se um cavado bem configurado em altos níveis na atmosfera com divergência de massa a leste do seu eixo (Fig. 2), que pode ser um dos mecanismos que auxiliaram nos movimentos ascendentes na atmosfera e fortalecimento do ciclone em superfície (Fig. 3). Nas figuras 2A-C, observa-se que há divergência sobre o local que o ciclone se encontrava. Já na figura 2D a divergência em altos níveis diminui consideravelmente, evidenciando a completa dissipação do sistema e a diminuição dos movimentos ascendentes (Fig. 3D).

Na figura 3 é mostrado o campo de umidade relativa média entre 850 e 500 hPa, movimento ascendente (ω negativo) e altura geopotencial em 500 hPa. No dia 05/04/2023 às 1800 UTC observa-se que a umidade relativa começa a aumentar entre 30°S e 40°S, assim como os movimentos verticais (Fig. 3A). No dia 08/04, a umidade aumenta para 80% e os movimentos verticais se amplificam (Fig. 3B e 3C), indicando que há possibilidade de maior instabilidade atmosférica e formação de nuvens convectivas.



IX SEMINÁRIO DE RECURSOS NATURAIS
XVII SEMINÁRIO DE MEIO AMBIENTE E ENERGIAS RENOVÁVEIS
05 a 07 de Junho

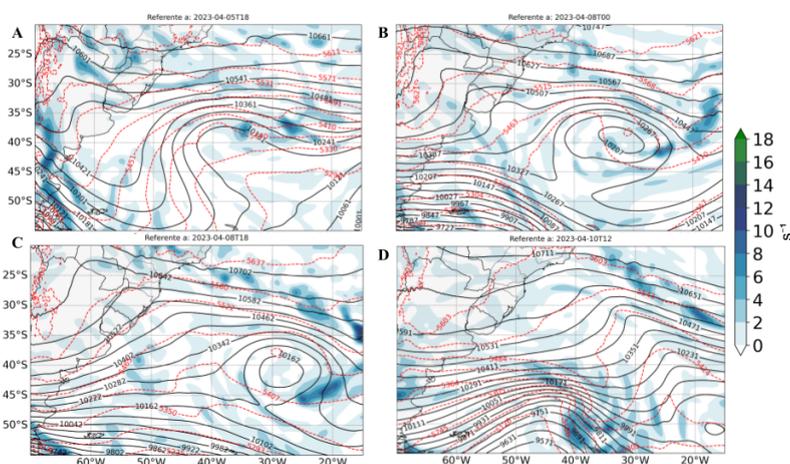


Figura 2 – Espessura da camada 500/1000 em tracejado vermelho, altura geopotencial em 250 hPa em linhas pretas contínuas (m), divergência em 250 hPa em shaded (s^{-1}), para a ciclogênese (A), desenvolvimento (B), oclusão (C) e dissipação (D).

Isso acontece devido a um intenso fluxo de umidade que se desloca do continente para o oceano (Fig. 4), sendo um impulsionador para o fortalecimento do ciclone e, conseqüentemente, do sistema frontal associado a ele. Durante o estágio de dissipação (Fig. 3D) a umidade relativa diminui resultando em uma redução na disponibilidade de vapor d'água. Essas mudanças indicam o fim do ciclo de vida do sistema, com a dissipação gradual do ciclone e restauração das condições atmosféricas mais estáveis.

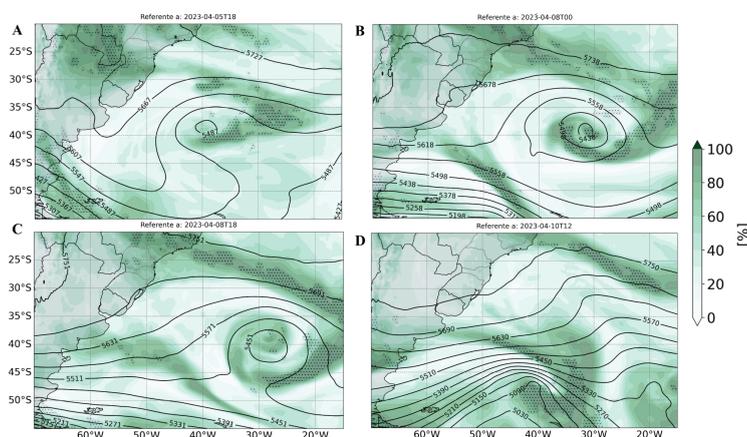


Figura 3 – Altura geopotencial em 500 hPa em linhas pretas contínuas, média da umidade relativa em shaded e ômega negativo em 500 hPa em pontilhado, para a ciclogênese (A), desenvolvimento (B), oclusão (C) e dissipação (D).



IX SEMINÁRIO DE RECURSOS NATURAIS
XVII SEMINÁRIO DE MEIO AMBIENTE E ENERGIAS RENOVÁVEIS
05 a 07 de Junho



Na figura 4 pode-se observar que durante a ciclogênese (Fig. 4A) há uma entrada de umidade na região de convergência próxima à área de baixa pressão. Esse fluxo de umidade é transportado verticalmente pela atmosfera, alimentando a formação de nuvens e precipitação associadas ao sistema. O vento médio entre 1000 e 200 hPa mostra uma circulação ciclônica, com ventos girando no sentido horário em torno do centro de baixa pressão. Esse padrão indica a intensificação da ciclogênese à medida que o sistema se desenvolve. Durante a fase de desenvolvimento e oclusão do ciclone (Fig. 4B e 4C), o fluxo de umidade integrado na vertical se intensifica, e o vento médio exibe uma circulação mais definida, com os ventos se fortalecendo e se curvando em direção ao centro de baixa pressão. Por fim, durante a fase de dissipação (Fig. 4D), há uma diminuição significativa na intensidade do sistema e o vento médio apresenta uma circulação menos organizada.

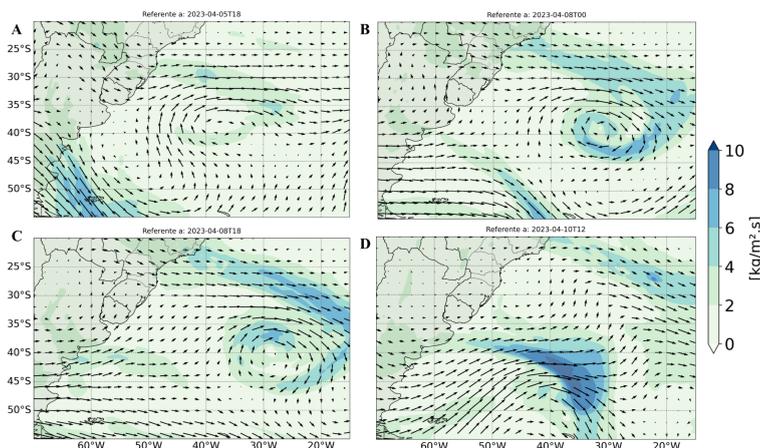


Figura 4 - Fluxo de umidade integrado na vertical, em shaded e vento médio entre 1000 e 200 hPa, para a ciclogênese (A), desenvolvimento (B), oclusão (C) e dissipação (D).

Na figura 5A, observa-se cisalhamento positivo sobre a região da ciclogênese, sendo um indicativo de instabilidade atmosférica. Na figura 5B, nota-se que o cisalhamento vertical do vento se torna negativo sobre a baixa pressão, favorecendo sua intensificação. Na figura 5C, o cisalhamento se torna mais fraco, tendendo a valores próximos a zero e, por fim, na figura 5D, o sistema já se encontra em fase de dissipação.

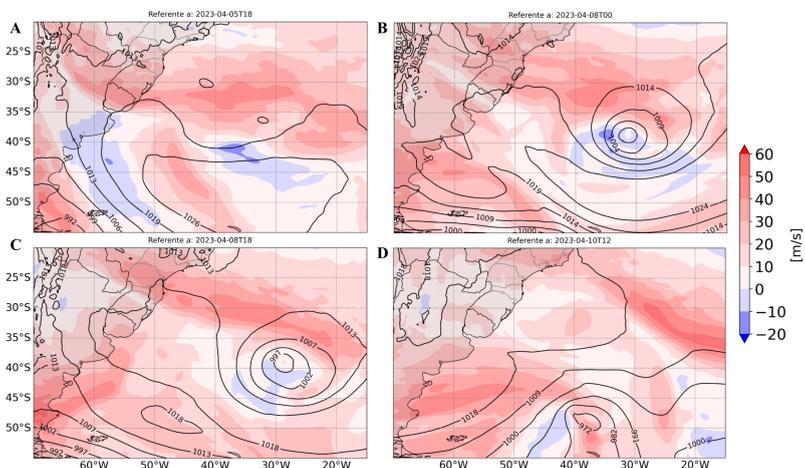


Figura 5 - Cisalhamento vertical do vento entre 250 e 850 hPa em shaded e pressão ao nível médio do mar, para a ciclogênese (A), desenvolvimento (B), oclusão (C) e dissipação (D).

Na figura 6 é mostrada a trajetória do ciclone estudado e a precipitação acumulada entre os dias que o sistema atuou. Sua trajetória teve início em 30°S e ocorreu um deslocamento para sudeste, com completa dissipação em 45°S. Em relação à precipitação, os valores mais elevados estão concentrados sobre o estágio de desenvolvimento e oclusão.

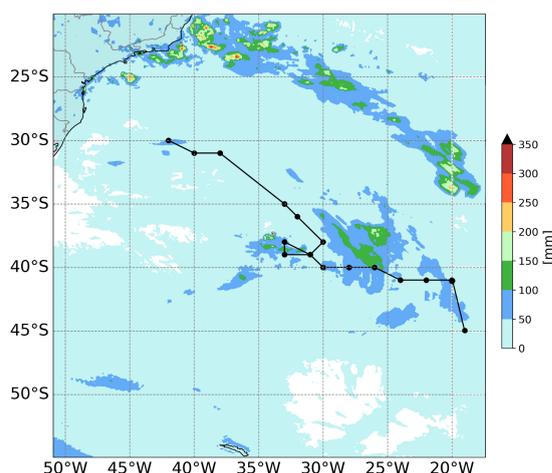


Figura 6 - Trajetória do ciclone e acumulado de precipitação entre os dias 05 e 10 de abril de 2023.

4. CONCLUSÃO

O ciclone formado sobre o sudoeste do OAS teve um deslocamento para sudeste e seu ciclo de vida durou aproximadamente 5 dias, provocando alterações nos padrões



IX SEMINÁRIO DE RECURSOS NATURAIS
XVII SEMINÁRIO DE MEIO AMBIENTE E ENERGIAS RENOVÁVEIS
05 a 07 de Junho



atmosféricos. Já a gênese esteve associada à divergência de massa a leste do eixo do cavado (região *downstream*).

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos centros que disponibilizaram os dados e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa (FAPEMIG) e a Pró-Reitoria de Extensão (PROEX) da UNIFEI pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- GAN; REBOITA; SELUCHI. Ciclones e Ciclogênese. In: FERREIRA.; CAVALCANTE. **Sistemas Meteorológicos Atuantes no Brasil**. Oficina de Textos. São Paulo, 2022, p. 49-59.
- GOZZO, L.F.; ROCHA, R.P.; REBOITA, M.S.; SUGAHARA, S. Subtropical cyclones over the southwestern South Atlantic: Climatological aspects and case study. **Journal of Climate**, v. 27, n. 22, p. 8543-8562, 2014.
- HERSBACH, Hans et al. The ERA5 global reanalysis. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 146, n. 730, p. 1999-2049, 2020.
- MARRAFON, V.H; REBOITA, M.S.; ROCHA, R.P.; CRESPO, N.M. Extratropical Cyclones in the Southern Hemisphere: Comparison Among Different Reanalyses. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 28, p. 48-73, 2021.
- REBOITA, M.S.; IWABE, C.M.N.; ROCHA, R.P.; AMBRIZZI, T. Análise de um ciclone semi-estacionário na costa sul do Brasil associado a bloqueio atmosférico. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, p. 407-422, 2009.
- REBOITA, M.S.; ROCHA, R.P.; SOUZA, M.R.; LLOPART, M. Extratropical cyclones over the southwestern South Atlantic Ocean: HadGEM2-ES and RegCM4 projections. **International Journal of Climatology**, v. 38, n. 6, p. 2866-2879, 2018.
- ROZANTE, José Roberto et al. Combining TRMM and surface observations of precipitation: technique and validation over South America. **Weather and forecasting**, v. 25, n. 3, p. 885-894, 2010.