

OCORRÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE CICLONES EXTRATROPICAIS NA REGIÃO SUL DO BRASIL EM 2018

Occurrence and spatial distribution of extratropical cyclones in southern Brazil in 2018

Ocurrencia y distribución espacial de ciclones extratropicales en el sur de Brasil em 2018

Maiquel Jantsch *
Francisco Eliseu Aquino **

* Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
– maiquel.j@gmail.com

** Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
– francisco.aquino@ufrgs.br

Recebido em 30/04/2020. Aceito para publicação em 03/07/2020
Versão online publicada em 04/07/2020 (<http://seer.ufrgs.br/paraonde>)

Resumo:

Reconhece-se a importância dos ciclones extratropicais no tempo e no clima das regiões subtropical, em especial no sudeste da América do Sul. Sua formação e desenvolvimento dependem de instabilidade atmosférica e seus ciclos de de 7 dias em média, buscam estabilizar e homogeneizar a atmosfera. Neste trabalho identificamos e quantificamos ciclones extratropicais no ano de 2018, calculando as médias mensais e sazonais de pressão atmosférica em superfície. Localizamos também sua densidade em áreas predispostas a sua ocorrência. Foram utilizados dados de reanálise do *Climate Forecast System Reanalysis* (CFSR) da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) em dois horários diários (00:00 e 12:00 UTC) e o software Python. Posteriormente, criamos um banco de dados com a data e horário de todos os eventos, coordenadas geográficas do mínimo de pressão atmosférica de cada horário e os valores médios de pressão. Nossos resultados descrevem 43 ciclones extratropicais e média de 3,58/mês. O mês com a maior ocorrência foi março (6), e as estações com maior quantidade foram verão (15) e inverno (13). Em maio, observou-se a menor pressão atmosférica média mensal (992,9 hPa). As duas regiões que concentram a densidade de ocorrência de CE são Rio da Prata e costas do Rio Grande do Sul e sudeste do Brasil.

Palavras-chave: Ciclogênese. Climatologia. Reanálise. Variabilidade Climática.

Abstract:

The importance of extratropical cyclones is recognized in the time and climate of subtropical regions, especially in southeastern South America. Their formation and development depend on atmospheric instability and their 7-day cycles, on average, seek to stabilize and homogenize the atmosphere. In this work, we identified and quantified extratropical cyclones in 2018, calculating the monthly and seasonal averages of sea level pressure. We also find its density in areas predisposed to its occurrence. Analysis data from the Reanalysis of the Climate Prediction System (CFSR) of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) were used at two daily times (00:00 and 12:00 UTC and Python) Programs). Subsequently, we created a database with the date and time of all events, geographical coordinates of the minimum atmospheric

pressure for each hour and the average pressure values. Our results describe 43 extratropical cyclones and an average of 3,58 / month. The month with the highest occurrence was March (6), and the seasons with the highest number of cyclogenesis were summer (15) and winter (13). In May, the lowest average monthly atmospheric pressure (992,9 hPa) was observed. The regions that concentrate the density of occurrence of extratropical cyclones are Rio da Prata and coasts of Rio Grande do Sul and southeastern Brazil.

Keywords: Cyclogenesis. Climatology. Reanalysis. Climate Variability.

Resumen:

La importancia de los ciclones extratropicales se reconoce en el tiempo y el clima de las regiones subtropicales, especialmente en el sureste de América del Sur. Su formación y desarrollo dependen de la inestabilidad atmosférica y sus ciclos de 7 días, en promedio, buscan estabilizar y homogeneizar la atmósfera. En este trabajo, identificamos y cuantificamos ciclones extratropicales en 2018, calculando los promedios mensuales y estacionales de la presión a nivel del mar. También encontramos su densidad en áreas predispuestas a su ocurrencia. Los datos de análisis del Reanálisis del Sistema de Predicción Climática (CFSR) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) se utilizaron en dos horarios diarios (00:00 y 12:00 UTC y Python). Posteriormente, creamos una base de datos con la fecha y hora de todos los eventos, coordenadas geográficas de la presión atmosférica mínima para cada hora y los valores de presión promedio. Nuestros resultados describen 43 ciclones extratropicales y un promedio de 3,58 / mes. El mes con mayor ocurrencia fue marzo (6), y las estaciones con mayor cantidad fueron verano (15) e invierno (13). En mayo, se observó la presión atmosférica mensual promedio más baja (992,9 hPa). Las regiones que concentran la densidad de ocurrencia de ciclogénesis son el Río da Prata y las costas de Río Grande del Sur y el sureste de Brasil.

Palabras-clave: Ciclogénesis. Climatología. Reanálisis. Variabilidad climática.

1. Introdução

Os ciclones extratropicais (CE) são fundamentais no clima das regiões Sul e Sudeste do Brasil. CE São fenômenos que ocorrem regularmente no sudeste da América do Sul (AS) e que podem causar diversos impactos, como marés de tempestade nas áreas costeiras, elevadas taxas de precipitação em curtos períodos de tempo e ventos de forte intensidade. Esses impactos podem causar outros problemas secundários, como prejuízos para a agricultura, naufrágio de embarcações e geadas, associadas ao avanço de massas de ar subpolares.

Conforme Barry e Chorley (2013), os CE têm uma dimensão espacial que, normalmente, varia entre 1500 a 3000 km de diâmetro com duração de quatro a sete dias. Sua origem é associada ao encontro de frentes frias e quentes. Reboita *et al.* (2017) diferencia o ciclone extratropical dos tropicais pela sua gênese. A ciclogênese e a ciclólise são os processos de intensificação e dissipação, sucessivamente. Nas imagens de satélite, geralmente, apresentam bandas de nuvens em forma espiral.

Gan e Seluchi (2009) afirmam que a formação e o desenvolvimento de CE são processos estudados desde o século XIX, já que possuem grande importância para a compreensão do transporte de calor e umidade, além de poderem causar mudanças no tempo nas áreas em que estão atuantes. Os CE se formam a partir de gradientes horizontais de temperatura em superfície e se intensificam quando a frente fria rota até encontrar a frente quente (REBOITA *et al.*, 2017).

Considerando que os CE podem influenciar diretamente as condições do tempo e podem causar diversos impactos para a sociedade torna-se imprescindível aprimorar o conhecimento sobre esses eventos, a fim de possibilitar aos gestores uma melhor mitigação de seus danos. O estudo do clima e do tempo está cada vez mais em evidência, além de ser um dos temas centrais das ciências ambientais e da Geografia atualmente.

2. Desenvolvimento

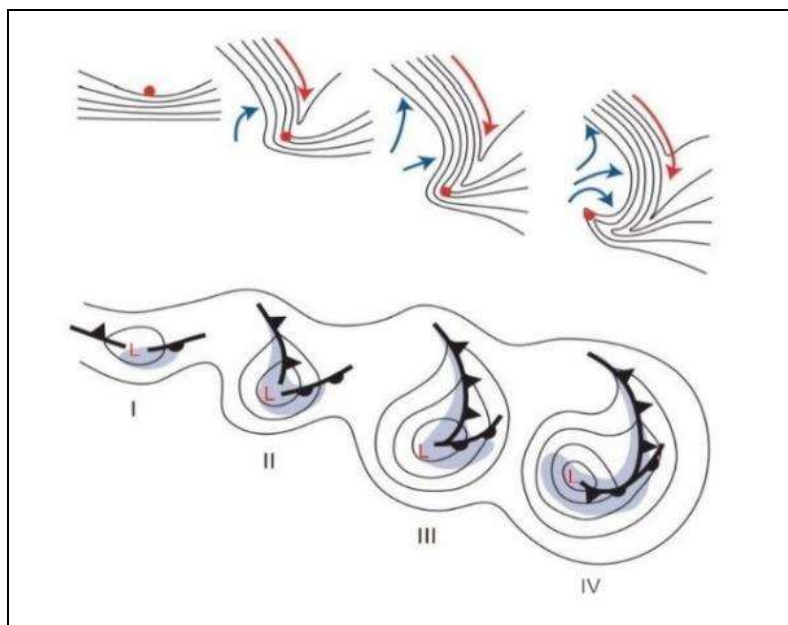
Os primeiros estudos sobre CE ocorreram no início do século XX com Bjerkness (1919) e Bjerkness e Solberg (1922), sendo que no segundo desenvolveu-se a Teoria da Frente Polar. Frente Polar é então definida como uma linha pela qual o ar frio polar e o ar quente subtropical são separados. Bjerkness e Solberg propuseram também um modelo que demonstra as fases do desenvolvimento de CE. Diversos outros autores contribuíram posteriormente com novos estudos que foram importantes para a evolução dos conhecimentos sobre os CE, como Taljaard (1972), Shapiro e Keyser (1990), Gan (1992) e mais recentemente Reboita (2008, 2017), entre outros.

Os CE têm importância no clima das latitudes médias e altas, uma vez que exercem influência direta na precipitação, nebulosidade e radiação. Suas variações no tempo e no espaço são importantes na circulação geral da atmosfera pela influência vertical e troca horizontal de calor e vapor de água. Qualquer alteração que ocorra na intensidade, frequência e no deslocamento dos CE pode ter impacto no clima regional (BENGTSSON *et al.*, 2006). Mendes *et al.* (2009) descreveram CE como sistemas que são caracterizados por grandes regiões de circulação ciclônica de baixa pressão atmosférica (FIGURA 1).

A AS possui uma região favorável para CE, por possuir fatores geográficos que facilitam a sua origem. Os CE ocorrem com frequência ao sul de 15°S, compreendendo o Paraguai, centro norte da Argentina e o Sul do Brasil (REBOITA, 2008). Um dos primeiros estudos realizados sobre o tema foi o de Taljaard (1972), que identificou a área ao sul do Paraguai e norte da Argentina como uma região ciclogênica. Conforme Gan (1992), a Cordilheira dos Andes e o contraste entre o oceano e o continente, influenciam a circulação atmosférica. Com isso, a distribuição espacial da frequência de CE e suas trajetórias é afetada. Os Andes influenciam de forma direta a instabilidade baroclínica pois modificam sua estrutura espacial e a taxa de crescimento e propagação dos distúrbios baroclínicos. De acordo com Gan e Rao (1991), a formação dos CE acontece pelos gradientes meridionais de temperatura e de processos físicos, como liberação de calor latente por convecção. O

deslocamento de um CE do continente para um oceano, com contraste de temperatura, pode intensificar esses sistemas.

Figura 1 - Estágios do desenvolvimento de uma ciclone. Painéis I, II, III e IV indicam os ciclos evolutivos com as configurações frontais e isóbaras. As sombras indicam áreas de precipitação



Fonte: Schultz et al. (1998), adaptado de Wallace e Hobbs (2006).

Gan e Rao (1991) apontam duas áreas frontogenéticas principais na AS: a foz do Rio da Prata e a região leste da Patagônia. Os autores estudaram quatro cartas sinóticas diárias de pressão atmosférica, entre janeiro de 1979 e dezembro de 1988. Eles definiram a ciclogênese como sendo o aparecimento da primeira isóbara fechada. Com essas definições, identificaram as duas principais áreas ciclogenéticas mencionadas. A região ciclogenética do Rio da Prata foi nomeada como *Northwestern Argentinean Low* (NAL) ou Baixa do Noroeste Argentino (BNOA) e foi estudada posteriormente também por Lichtenstein (1980) e por Seluchi *et al.* (2003).

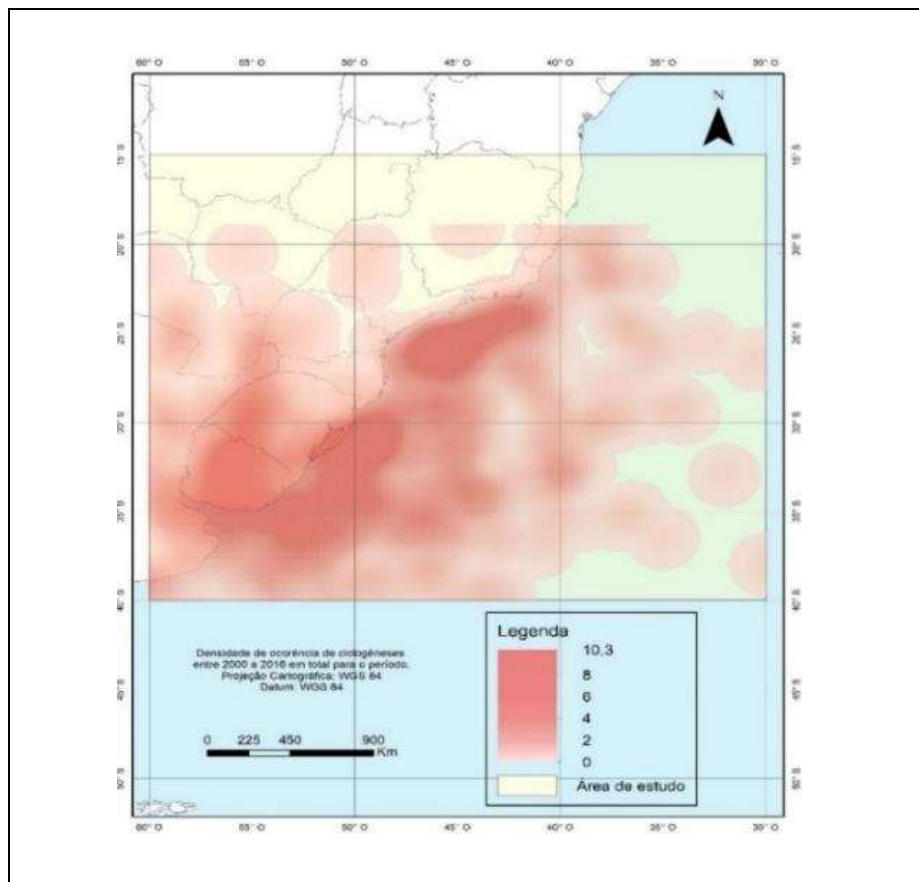
Para Bitencourt *et al.* (2013), essas regiões podem ser consideradas como ciclogenéticas por causa da instabilidade baroclínica que possuem, sendo que esse ponto é fundamental para que ocorram a formação dos CE. Nessas regiões ocorrem trocas de energia entre a superfície e a atmosfera e entre as regiões antártica e tropical, influenciadas diretamente pelo Oceano Atlântico.

Em um estudo realizado por Reboita (2008), utilizando dados do *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP) entre 1990 e 1999, foram identificadas três regiões ciclogenéticas na AS: uma no sul da Argentina, ao leste da Patagônia (maior frequência no verão); uma segunda próxima ao Rio da Prata (NAL) e costa do Rio Grande do Sul (maior ocorrência no inverno) e; uma terceira, na costa Sudeste do Brasil (mais intensa no verão).

Jantsch (2019) utilizou dados do CFSR para identificar os CE ocorridos

entre 2000 e 2016 no Sul do Brasil. Identificou 684 sistemas, sendo que as áreas com mais ocorrências foram a foz do Rio da Prata/costa do Rio Grande do Sul e a costa da Sudeste do Brasil (Figura 2). As áreas com maior densidade de ocorrência no estudo corroboraram com o o estudo do ano de 2018, evidenciando quais áreas são mais suscetíveis aos impactos dos CE.

Figura 2 - Densidade de CE em 2018 no Sul do Brasil



Fonte: Jantsch (2019).

3. Metodologia

A área de estudo foi delimitada em 15°S e 40°S e 30°W e 60°W, localizada entre a AS e o Oceano Atlântico Sul (Figura 3). Inclui o litoral das regiões Sul e Sudeste do Brasil, Uruguai, centro e leste do Paraguai, nordeste da Argentina e a Região do Rio da Prata, envolvendo, assim, duas das três regiões apontadas por Reboita (2008) como ciclogênicas na AS. O ano de 2018 foi escolhido por ser o mais recente e completo quando a pesquisa foi realizada, em 2019.

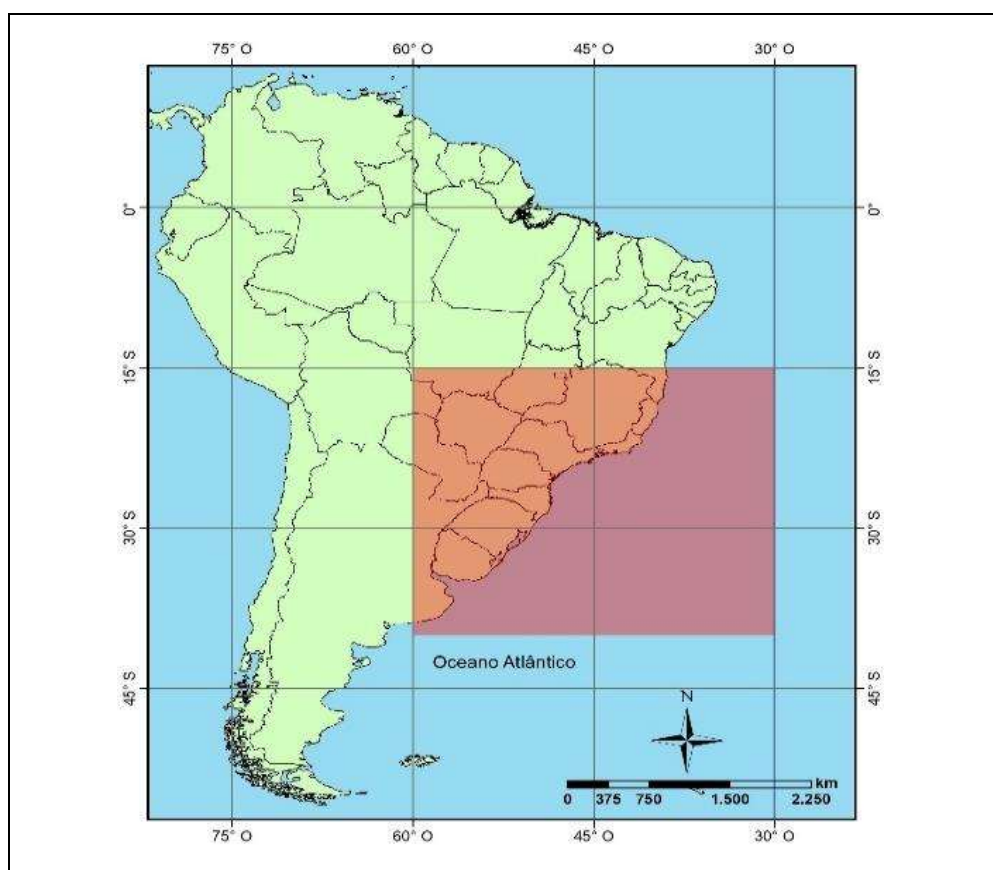
Os dados utilizados são da reanálise climática do CFSR. O CFSR é um produto de reanálise resultante da avaliação das condições atmosféricas e da superfície no período de 31 anos, entre janeiro de 1979 a dezembro de 2010 (SAHA *et al.*, 2010). Em março de 2011, uma segunda versão, chamada de CFSRv2, foi lançada. A nova versão tem dados atualizados diariamente e

funciona como uma importante ferramenta para estudar os CE. O CFSR foi utilizado por ter dados atualizados frequentemente e por ser considerado um modelo aprimorado, de boa resolução.

As cartas sinóticas do Centro de Hidrografia da Marinha permitiram a identificação da primeira isóbara fechada de algumas situações de difícil identificação nos mapas gerados. Essas cartas são disponibilizadas em dois horários diários, sendo eles 00 e 12 UTC, os mesmos selecionados no CFSR.

Os dados da reanálise do CFSR foram visualizados através da linguagem de programação Python. Com uma rotina, foram gerados mapas para cada um dos dois horários diários definido (00 e 12 UTC) que permitiram identificar os CE, os valores de pressão atmosférica média de individual e a localização de cada sistema. Os dados obtidos, as datas, pressão mínima e coordenadas geográficas foram organizadas em um banco de dados. O banco de dados possibilitou a geração de mapas de densidade geral e sazonais de ocorrência dos CE, pelo software ArcGIS.

Figura 3 – Área de estudo demarcada em vermelho no mapa da América do Sul e do setor oeste do Oceano Atlântico Sul



Fonte: Jantsch (2019).

Os critérios para a identificação dos CE seguiram a metodologia apresentada por Gan (1992): o aparecimento da primeira isóbara fechada. Essa isóbara deve ter o intervalo de ao menos 2 hPa e deve persistir por, pelo menos, 24 hs). Conforme a metodologia utilizada por Rocha (2014), o mínimo

de pressão atmosférica deveria ser inferior a 1015 hPa e esse mínimo estar dentro de uma área de 5° x 5°.

Para estações do ano, considerou-se: dezembro de 2017, janeiro e fevereiro (verão), março, abril e maio (outono), junho, julho e agosto (inverno) e setembro, outubro e novembro de 2018 (primavera).

4. Resultados

Foram identificados 43 CE no período estudado. Desse total, 13 CE tiveram 24 horas de duração (ou 3 horários seguidos nos dados do CFSR). Em alguns casos, o deslocamento continuou fora da área de estudo e em outros houve a dissipação do sistema. O evento com maior tempo de vida foi identificado entre 30 de novembro no horário de 12 UTC e 6 de dezembro às 12 UTC. Os sistemas observados entre 8 e 13 de agosto e entre 1 e 7 de abril também tiveram tempo de vida maior quando comparados aos outros ocorridos no mesmo ano. A menor pressão atmosférica encontrada, entre todos os CE, foi de 977,2 hPa, em 19 de março. Na Figura 4 constam dados gerais sobre os CE identificados, como a quantidade e a média mensal de pressão atmosférica, a quantidade de horários mensal com sistemas ativos (considerando que foram analisados dois horários diários) e a média de duração em dias.

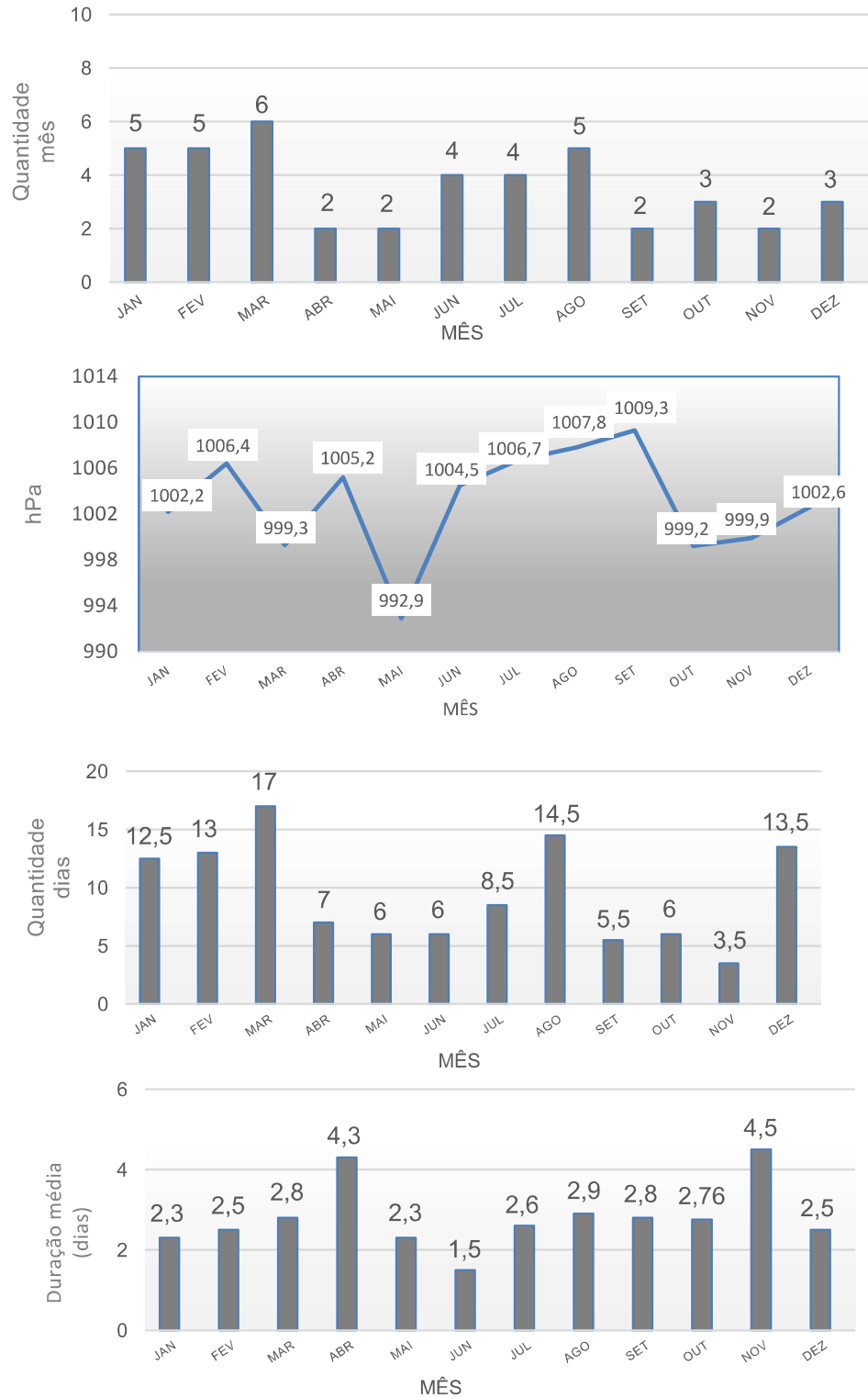
A média de CE na área de estudo foi 3,58 por mês. As maiores incidências de CE ocorreram nos primeiros meses do ano e no inverno (FIGURA 4A). A maior ocorrência no inverno corrobora com o estudo de Gan (1992), que identificou, também, um maior número de CE no inverno de 1979 a 1988, destacando que podem ocorrer variações anuais na quantidade mensal e sazonal. Os meses com o menor número de eventos foram abril, maio, setembro e novembro, com 2.

Na avaliação dos valores mensais médios de pressão atmosférica, o mês com a menor média foi maio, com 992,9 hPa (Figura 4B). Os dois CE identificados nesse mês tiveram queda brusca de pressão. O primeiro, ocorrido entre 11 e 12 de maio, teve a primeira isóbara fechada com pressão mínima de 1005,2 hPa e a última isóbara com 993,4 hPa.

O segundo de menor pressão ocorreu entre 19 e 21 de maio, com a primeira isóbara com pressão de 1008,2 hPa e a última com 980,5 hPa. O mês com a maior média de pressão atmosférica foi setembro (1009,3 hPa). Os meses de inverno tiveram médias maiores que os outros meses, sendo a mais baixa no mês de junho (1004,5 hPa). Todos os meses com médias abaixo de 1000 hPa foram no outono ou primavera.

Considerando apenas as médias de pressão atmosférica da primeira isóbara fechada de cada CE, o mês com a menor média foi março (1001,2 hPa). Portanto, esse mês apresentou a maior quantidade de eventos identificados e a menor média de pressão da primeira isóbara observada.

Figura 4 – Ciclones extratropicais: A) Total mensal ; B) média mensal de pressão atmosférica (hPa); C) número de dias/mês com sistemas ativos e D) média de duração dias/mês



Foi calculada também a quantidade de dias com CE ativos em cada mês (Figura 4C). O mês de março, por ter a maior quantidade, foi o que teve a mais dias ativos (17). Dos seis CE observados nesse mês, cinco foram próximos ao Rio da Prata e litoral do Uruguai e um próximo da costa do Rio de Janeiro. Nos três primeiros meses do ano, uma maior quantidade de horários com CE foi observada. Após isso, houve uma diminuição que se manteve baixa ao longo do restante do ano, com exceção de agosto e dezembro.

Apesar da quantidade mais elevada de agosto e de quatro CE terem sido identificados em cada um dos outros dois meses do inverno, junho e julho não tiveram uma grande quantidade de horários com CE ativos. Grande parte foi identificada já próxima do limite sul da área de estudo, tendo um deslocamento rápido no sentido sul/sudeste, em direção ao Oceano Austral.

Conforme Reboita (2008), é comum a maior ocorrência de CE na costa Sudeste do Brasil no verão, pois essa região apresenta ambiente atmosférico propício. Isso pode explicar a maior quantidade de horários mensais de CE identificados nos meses de verão, já que os sistemas que ocorrem próximo da costa da região Sudeste podem ter um deslocamento maior até saírem da área estudada. Os que ocorrem mais ao sul, têm deslocamentos que tendem a se afastar rápido da área de estudo, diminuindo a quantidade de horários identificados no outono, inverno e primavera.

A Figura 4D apresenta a média de duração em dias dos CE. O total de horários ativos em cada mês foi dividido pela quantidade de sistemas surgidos nesse mesmo período. Com isso, foi obtido a média mensal de duração. Em alguns casos, um CE iniciado em um mês se dissipou ou saiu da área de estudo apenas no mês seguinte. Nessas situações, foi considerado que o sistema pertencia ao mês em que ele foi identificado. O mês com a maior média foi novembro (4,5), seguido de abril (4,3). Em junho, todos os quatro eventos identificados duraram três horários dentro da área de estudo, sendo essa a média do mês (1,5 dias). Março foi o mês com a maior quantidade de dias ativos, com média de duração de 2,8 dias, a terceira maior. Quase todo o inverno teve as menores médias de duração, principalmente junho e julho. No inverno também foram identificadas maior quantidade de CE mais ao sul, conforme pode-se ver nos mapas de densidade sazonal.

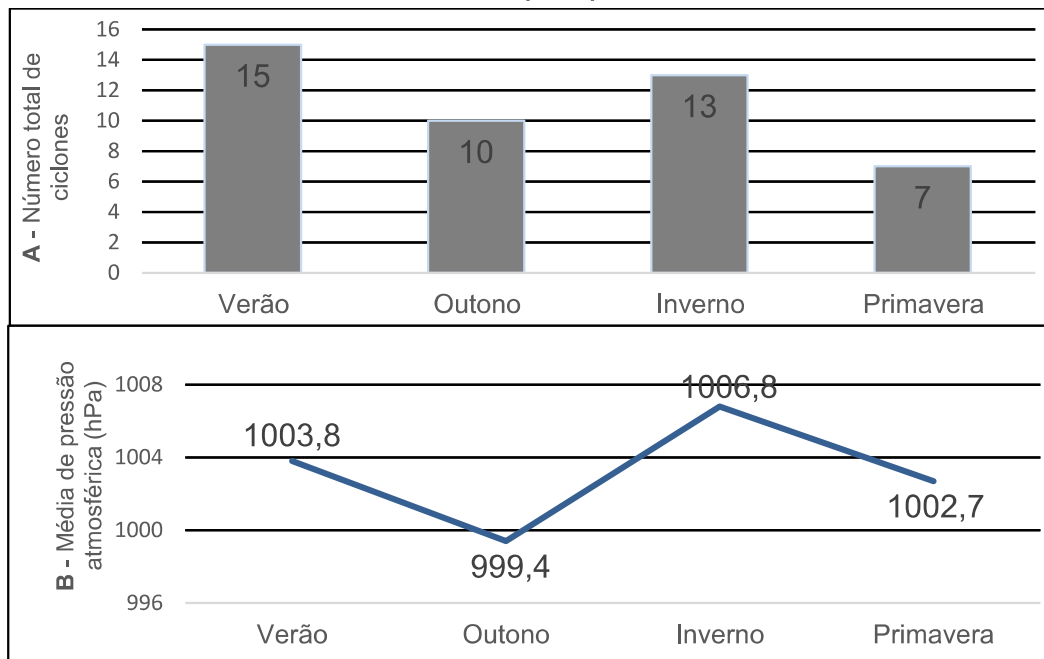
Na análise sazonal o verão teve a maior quantidade de casos (15), seguido do inverno (13) o que representa uma média de 5 e 4,3 CE por mês em cada estação, respectivamente (Figura 5A).

No outono foram observados 10 sistemas (média de 3,3 por mês) e na primavera, estação com menos ocorrências, apenas 7 (2,3 por mês na média). Na Figura 5B constam as médias de pressão atmosférica por estação. O outono foi a estação com a menor média (999,4 hPa), seguida da primavera (1002,7 hPa). O verão teve média próxima do encontrado para a primavera (1003,8 hPa), enquanto o inverno teve a maior média (1006,8 hPa). As estações com maior quantidade de CE tiveram as maiores médias.

Foram criados mapas para identificar a densidade das CE no ano de 2018, assim como em cada estação do ano (Figura 6). Com isso, foi possível

verificar em que locais os CE foram mais frequentes e se os resultados estavam de acordo com os estudos citados anteriormente.

Figura 5 – A) Número sazonal de CE em 2018; B) Média sazonal de pressão atmosférica (hPa) em 2018



Foram identificadas duas áreas principais em número de CE: a costa do Sudeste do Brasil e a foz do Rio da Prata. Entre a costa do Rio Grande do Sul e o Rio do Prata houve uma pequena diminuição da densidade calculada pelo software. Porém, na Figura 7, é notável a frequência homogênea de CE entre essa área e arredores.

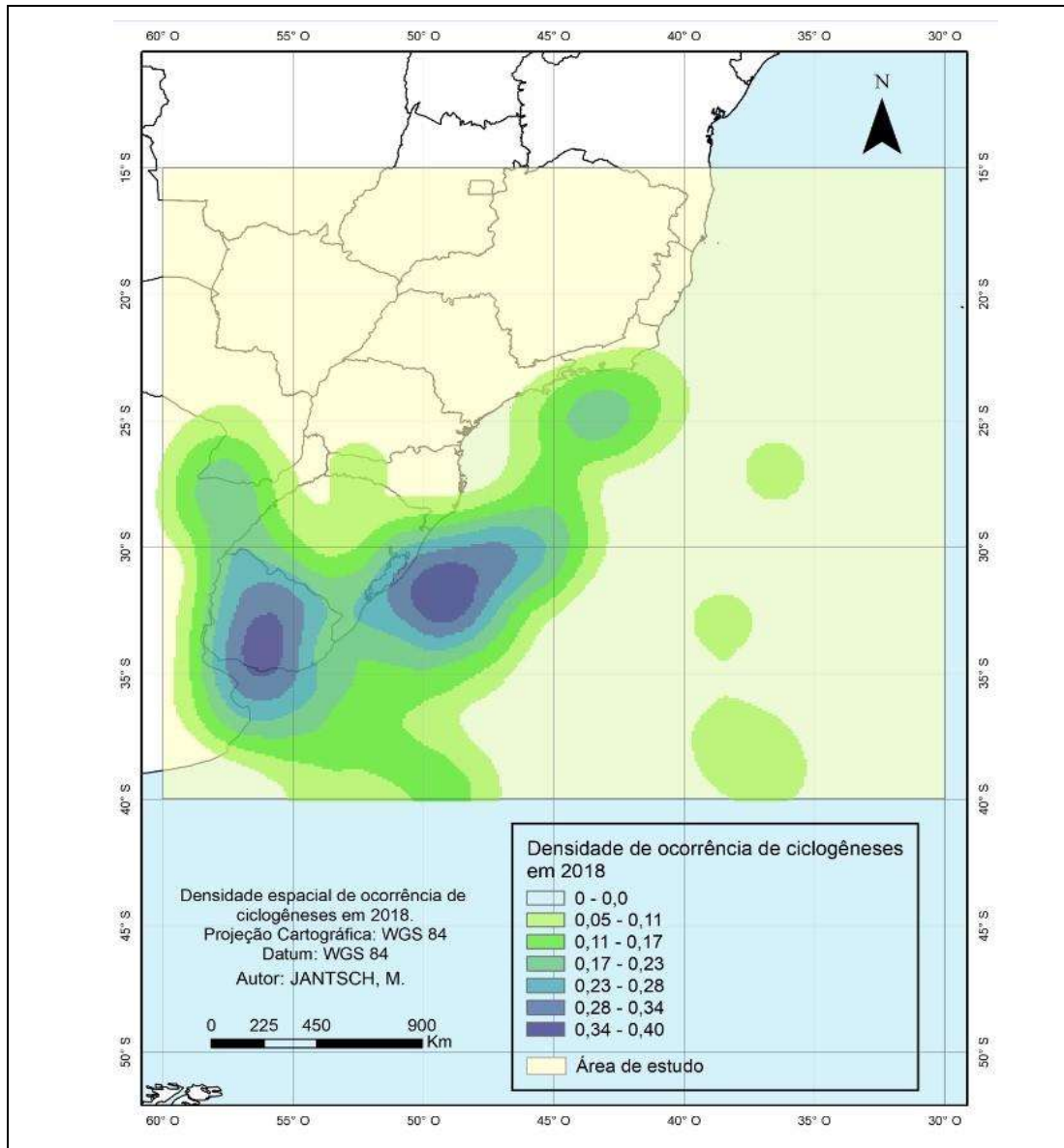
Como identificado em trabalhos anteriores, essas são as duas principais regiões ciclogênicas dentro da área estudada (REBOITA, 2008; GAN, 1992; ROCHA, 2014, JANTSCH, 2019). Taljaard (1972) cita como ciclogênica uma região próxima ao Paraguai. No mapa de densidade é possível observar uma área de ocorrência de CE entre o norte da Argentina e o sul do Paraguai.

Gan (1992) relaciona a instabilidade baroclínica e efeito termorográfico como fatores que tornam a região do Rio da Prata altamente propensa à formação de CE, já que essa região se encontra a sotavento da Cordilheira. Reboita (2008) relaciona a ocorrência de CE na costa Sudeste brasileira, principalmente quando associado a distúrbios em níveis superiores mais fracos. Isso ocorre principalmente no verão, a estação com maior disponibilidade de umidade, tornando esse o principal fator que a ocorrência de CE na região.

Nota-se que grande parte da densidade dos CE ocorreu em áreas limítrofes entre continente e oceano na AS, o que corrobora para os resultados encontrados anteriormente (GAN, 1992; REBOITA, 2008). O mapa da Figura 7 foi elaborado utilizando as coordenadas geográficas do mínimo de

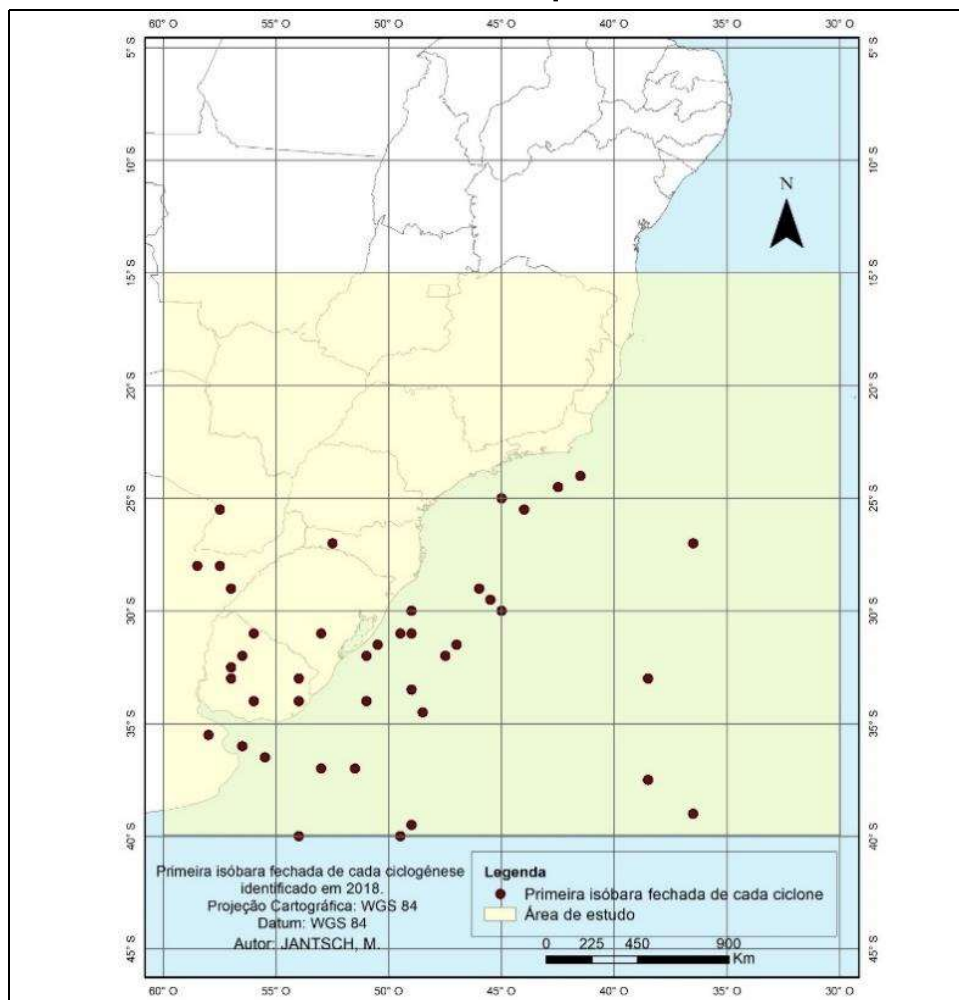
pressão da primeira isóbara fechada de todos os CE identificados em 2018. Cada ponto representa a localização em que cada um dos 43 CE foram identificados.

Figura 6 – Densidade dos ciclones extratropicais no ano de 2018.



Como o mapa da Figura 6 mostra a densidade espacial dos CE, a Figura 7 facilita a observação de sua distribuição espacial individual. A região do Rio da Prata e a costa do Rio Grande do Sul obtiveram maior número de ocorrências, além de alguns casos ao sul do Paraguai e na costa do Sudeste do Brasil. Quatro CE foram observados já distantes do continente.

Figura 7 - Localização da pressão atmosférica mínima da primeira isóbara fechada dos ciclones extratropicais identificados em 2018



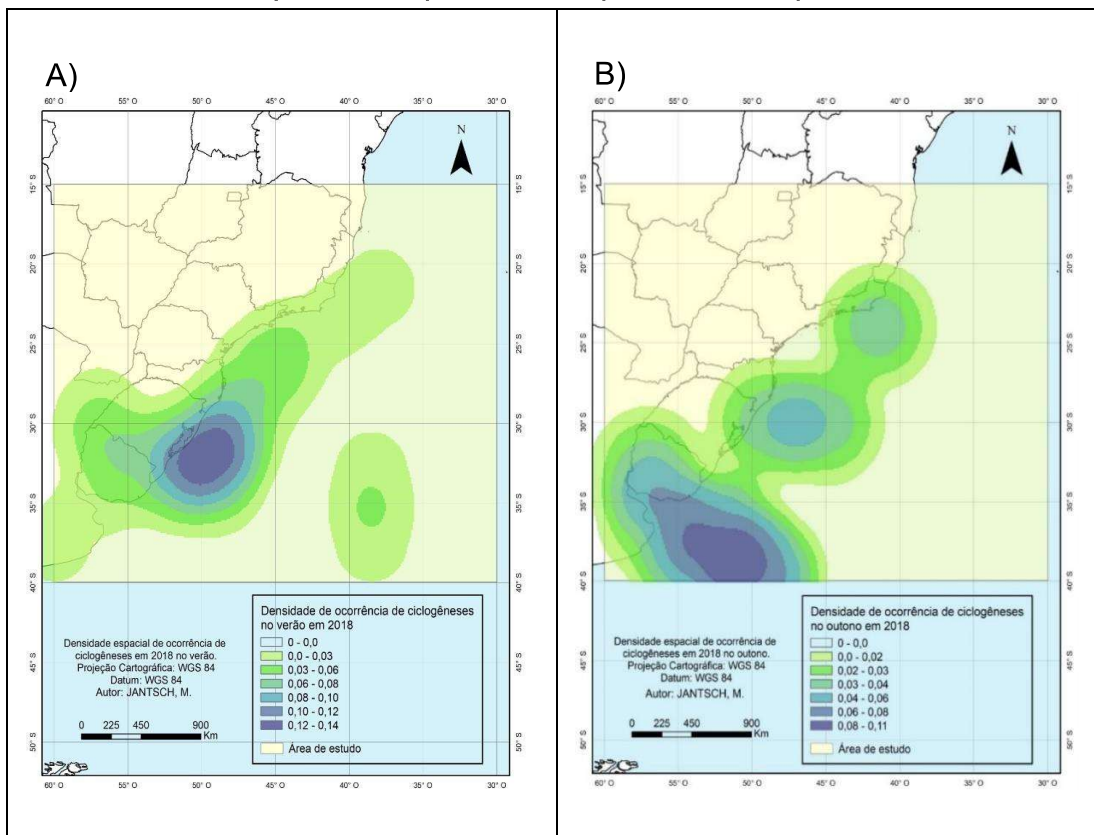
A Tabela 1 apresenta quantos CE ocorreram por zona latitudinal. A zona que envolve o litoral sul do Rio Grande do Sul, o litoral uruguaio e parte da região do Rio da Prata (30° a 35°S) foi a que teve maior valor (20).

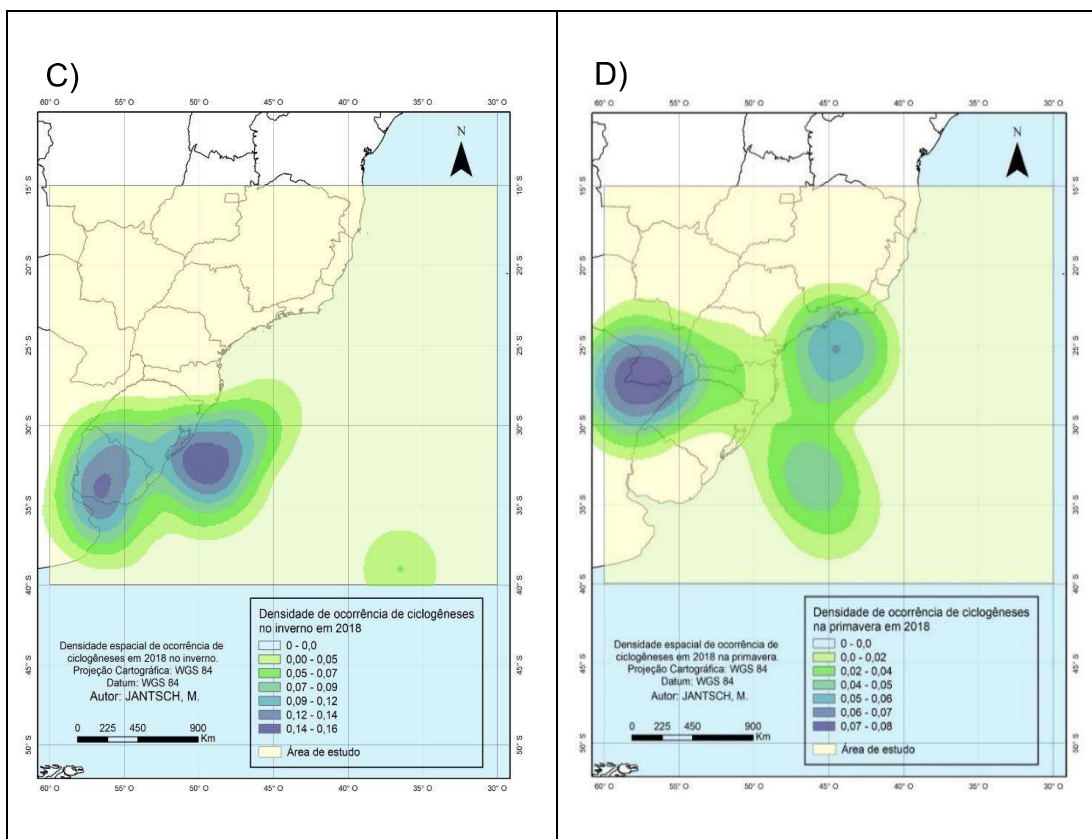
Tabela 1 - Quantidade de CE identificados por latitude em 2018.

Latitude	Quantidade
15° a 20°S	0
20° a 25°S	3
25° a 30°S	10
30° a 35°S	20
35° a 40°S	10

A densidade sazonal dos CE ocorridos em 2018 podem ser observadas na Figura 8. No verão, foi observado uma maior densidade na costa do Sudeste do que nas outras estações, como esperado. A densidade na região do Rio da Prata e no Rio Grande do Sul foi mais intensa do que na costa Sudeste ao longo do ano. A espacialidade dos CE no verão foi bastante parecida com o mapa anual da Figura 6.

Figura 8 – Sazonalidade da densidade de ciclones extratropicais em 2018. A) Verão; B) Outono; C) Inverno e D) Primavera





A densidade no outono na costa do Sudeste diminuiu em relação ao verão, sendo menos esparsa. Na costa do Rio Grande do Sul e Rio da Prata, a densidade foi próxima do observado no verão, mas mais ao sul. No inverno, os CE foram identificados quase absolutamente entre as latitudes 30°S e 40°S, novamente predominando na região do Rio da Prata e costa do Rio Grande do Sul, com apenas um CE observado fora dessa região, em alto mar no Oceano Atlântico.

Na primavera, nenhum CE foi identificado diretamente na região da foz do Rio da Prata. Foram encontrados CE nas proximidades da costa norte do Rio Grande do Sul e um pouco mais afastado da costa do Uruguai. No sul do Paraguai e na costa do Sudeste do Brasil a densidade foi suavemente maior, devido a menor ocorrência de CE mais ao sul na mesma estação.

5. Conclusões

Foram identificados 43 CE no ano de 2018, uma média de 3,58 por mês. O mês com mais casos foi março (6) e os meses com menos foram abril, maio, setembro e novembro (2). Sobre a sazonalidade, 15 CE ocorreram no verão, 13 no inverno, 10 no outono e 7 na primavera. Verificou-se uma maior quantidade de sistemas nos primeiros meses do ano e no inverno.

Entre 30 de novembro (12 UTC) e 6 de dezembro (12 UTC) de 2018, identificou-se o CE com maior ciclo de vida (144 horas). A faixa de latitude com mais CE observados (20) foi a localizada entre -30°S a 35°S. A menor pressão atmosférica encontrada foi de 977,2 hPa em 19 de março, às 12 UTC. O mês

com a menor média de pressão atmosférica foi maio (992,9 hPa), seguido de outubro (998,2) e março (999,3). As maiores médias ocorreram em setembro (1009,3 hPa), agosto (1007,8 hPa) e julho (1006,7hPa). Considerando apenas a primeira isóbara fechada de cada CE identificado, a menor média de pressão atmosférica ocorreu em março (1001,2 hPa). A pressão atmosférica sazonal apresentou média no verão de 1003,8 hPa, 999,4 hPa no outono, 1006,8 hPa no inverno e 1002,7 hPa na primavera.

As principais áreas de ocorrência foram a região do Rio da Prata e costa do Rio Grande do Sul, durante todo o ano, e a costa do Sudeste do Brasil, principalmente no verão, sendo essas as duas áreas mais propícias aos impactos dos CE no Brasil.

Referências

- BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima**. 9. Ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 512 pg. 2013.
- BENGTSSON, L.; HODGES, K. I.; ROECKNER, E. Storm Tracks and Climate Change. **Journal of Climate**, v. 19, pg. 3518–3543. 2006.
- BITENCOURT, D. P.; FUENTES, M. V.; CARDOSO, C. S. Climatologia de ciclones explosivos para a área ciclogênica da América do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n.1, pg. 43-56. 2013.
- BJERKNES, J. On the Structure of Moving Cyclones. **Monthly Weather Review**, pg. 95-99. 1919.
- BJERKNES, J.; H. SOLBERG. Life Cycle of Cyclones and the Polar Front Theory of Atmospheric Circulation. **Geofysike Publikasjoner**, v. III, pg. 393-400. 1922.
- GAN, M, A. **Ciclogênese e ciclones sobre a América do Sul**. 1992, 224 pg. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Paulo, 1992.
- GAN, M. A.; RAO, V. B. Surface cyclogenesis over South America. **American Meteorological Society**. Notes and correspondence, pg. 1293-1302. 1991.
- JANTSCH, M. **Climatologia de ciclones extratropicais na Região Sul do Brasil de 2000 a 2016**. 2019. 67 pg. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.
- LICHTENSTEIN, E. R. **La Depresion del Noroeste Argentino**. 1980, 167 pg. Tese de Doutorado, Universidad of Buenos Aires, Buenos Aires, 1980.
- MENDES, D.; MOURA, R. G.; MENDES, M. C. D. Estudo de caso de ciclone extratropical sobre a América do Sul: Sensibilidade das análises. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n.4, pg. 309-406. 2009.
- REBOITA, M. S. **Ciclones Extratropicais sobre o Atlântico Sul: Simulação Climática e Experimentos de Sensibilidade**. 2008. 316 pg. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- REBOITA, M. S., et al. **Ciclones em Superfície nas Latitudes Austrais:**

Parte I - Revisão Bibliográfica. Revista Brasileira de Meteorologia, v.32, n. 2, pg. 171-186. 2017.

ROCHA, F. P. **Estudo de ciclones e de padrões de circulação atmosférica no Oceano Atlântico sul próximo à costa das regiões Sul e Sudeste do Brasil usando da reanálise do ERA-INTERIM.** 2014. 145 pg. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Paulo, 2014.

SAHA, S., et al. **NCEP Climate Forecast System Reanalysis (CFSR) Selected Hourly Time-Series Products, January 1979 to December 2010.** Research Data Archive at the National Center for Atmospheric Research, Computational and Information Systems Laboratory. 2010. Disponível em <<https://doi.org/10.5065/D6513W89>>. Acesso em: 11 abr. 2020.

SELUCHI, M.E.; SAULO, C. A.; NICOLINI, M.; SATYAMURTY, P. The Northwestern Argentinean Low: a study of two typical events. **Monthly Weather Review**, v. 131, pg. 2361-2378. 2003.

SHAPIRO, M. A.; KEYSER, D. Fronts, jet streams and the tropopause Extratropical Cyclones. **American Meteorological Society**, p. 167-191. 1990.

TALJAARD, J. J. Synoptic meteorology in the Southern Hemisphere. In: Newton, C. W. Meteorology of the Southern Hemisphere. **American Meteorological Society**, pg. 139–213. 1972.

WALLACE, M. J.; HOBBS, P. V. Atmospheric Sciences: An Introduction Survey. New York: **Academic Press**. 2006.