

AVALIAÇÃO DE UM EVENTO EXTREMO DE PRECIPITAÇÃO A PARTIR DO USO DE ÍNDICES DE INSTABILIDADE ATMOSFÉRICA

Lucas Lemos da Cunha Palma¹ (IC), Vanessa Silveira Barreto Carvalho (PQ)¹

¹Universidade Federal de Itajubá

Palavras-chave: Índice CAPE. Índice K. Índice TT.

Introdução

Eventos extremos de precipitação, associados a grandes volumes de chuva e responsáveis por alagamentos, inundações e deslizamentos de terra, são comumente registrados em diversas regiões do Brasil e do mundo. Segundo Petrucci (2023), esses eventos são caracterizados por chuvas cujos valores estão muito acima das médias históricas. Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC (2023), esses eventos afetam diretamente as comunidades, ocasionando perdas materiais, humanas, além de causar danos ao meio ambiente e à saúde.

Uma das estratégias que auxiliam na prevenção e redução de danos decorrentes desses eventos consiste no uso de modelos de previsão numérica do tempo. Contudo, uma vez que a precipitação nos modelos é uma variável parametrizada, o uso de outros parâmetros e indicadores pode reduzir incertezas na previsão. Logo o uso de índices termodinâmicos, que são responsáveis por caracterizar a instabilidade atmosférica, se tornam um forte aliado na prevenção desses eventos. De acordo com Neta (2016) a partir desses índices é possível avaliar o potencial da atmosfera com a convecção. Essa abordagem é útil na previsão do tempo de curto prazo, de 3 a 6 horas de antecedência.

Tendo em vista todos esses problemas, a região de estudo selecionada foi a Bacia do Rio Paraíba do Sul (BRPS). De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), a bacia possui uma área total de 55.500 km², distribuída entre três estados da região Sudeste: Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro. A bacia, localizada em uma região de grande desenvolvimento sócio-econômico, frequentemente registra eventos extremos de precipitação. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar o uso de índices termodinâmicos associado a um evento extremo de precipitação, bem como compreender as condições dinâmicas da atmosfera durante esse período.

Metodologia

O período de estudo selecionado foi o dia 03 de janeiro de 2021, com base na análise de dados históricos de precipitação diária registrados pelos pluviômetros da ANA. A seleção dos pluviômetros seguiu os critérios definidos no estudo de Oliveira et al. (2023) e os dados foram obtidos por meio do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Após a coleta dos dados diários de precipitação, foram selecionadas as estações e os dias em que a precipitação superou o limiar de 50 mm/dia, de acordo com o estabelecido por Costa et al. (2020). Foram usadas para a caracterização do evento as cartas sinóticas produzidas pelo Departamento de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil.

Para o cálculo dos índices termodinâmicos Total Totals (TT) e K (Hallak, R., Pereira Filho, A.J., 2012) e para a avaliação das condições dinâmicas foram utilizados dados de reanálises do ERA5.

A temperatura do ponto de orvalho (Td) para os níveis de 850 e 700 hPa, necessária para o cálculo dos índices considerados, s foi obtida a partir da equação (1):

$$T_D = \left(\frac{RH}{100}\right)^{0.125} * (112 + 0.9T) + 0.1T - 112 \quad (1)$$

Com essas variáveis e as de temperatura nos níveis de 850 hPa (T850), 700 hPa (T700) e 500 hPa (T500), o cálculo do índice K foi realizado com base na equação (2):

$$K = (T850 - T500) + Td850 - (T700 + Td700) \quad (2)$$

Para o cálculo do índice Total-Totals (TT), as variáveis T850, Td850 e T500 foram utilizadas a partir na equação (3):

$$TT = (T850 + Td850) - 2 * (T500) \quad (3)$$

Os valores do índice CAPE, também considerado por este estudo, foram extraídos

diretamente do conjunto de dados ERA5. Para os cálculos das variáveis dinâmicas, também foram obtidos dados das reanálises do ERA5. As variáveis utilizadas foram as componentes U e V do vento a 850 e 200 hPa e a umidade específica nos níveis de 1000, 850, 700 e 200 hPa. Os valores de pressão ao nível médio do mar foram extraídos do ERA5.

Através da equação (4) foi calculada a intensidade do vento em 200 hPa, para a elaboração do mapa de jatos em altos níveis.

$$int = \sqrt{u^2 + v^2} \quad (4)$$

A divergência de massa em 200 hPa é fundamental para entendermos as condições dinâmicas associadas aos volumes expressivos de precipitação. Este parâmetro foi calculado a partir da equação (5):

$$D = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \quad (5)$$

onde:

u e v são, respectivamente, as componentes zonal e meridional do vento (m/s)

x e y, as distâncias leste-oeste e norte-sul, respectivamente.

Através do fluxo de umidade integrado na vertical pode-se ver o transporte de umidade na região estudada. Para o cálculo foi usado as seguintes equações:

$$Q_u = \frac{1}{g} \int_{p_t}^{p_0} q u dp$$

$$Q_v = \frac{1}{g} \int_{p_t}^{p_0} q v dp$$

$$Q_t = \frac{1}{g} \int_{p_t}^{p_0} q V dp \quad (6)$$

Resultados e discussão

As cartas sinóticas produzidas pela Marinha do Brasil foram analisadas (exemplo para às 00Z do dia 02 de janeiro de 2021 na Figura 1). A partir dessa análise, é possível observar a passagem de uma frente fria na região da BRPS.

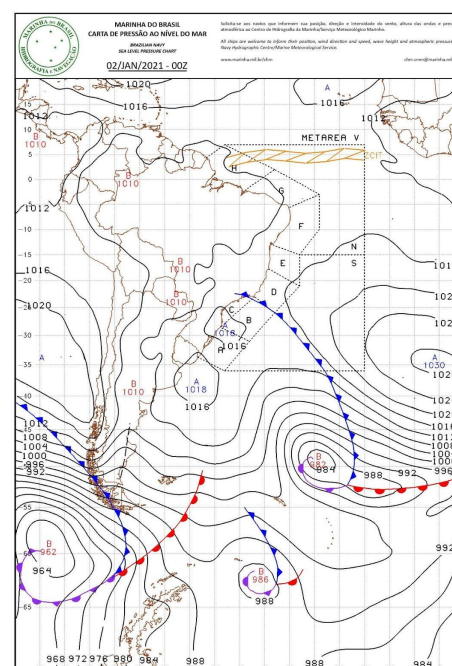


Figura 1 - Carta sinótica referente às 00Z do dia 02 de janeiro de 2021.

Para a avaliação da instabilidade na região da BRPS, foram plotados mapas do horário de maior instabilidade, 18Z, do dia 03 de janeiro de 2021. Através da figura 2, observa-se que grande parte da área da BRPS não apresenta altos valores de K, com valores máximos de 31. O mapa de índice TT na figura 3 apresenta resultados espaciais semelhantes aos do índice K, embora com valores significativamente baixos nas regiões dos pluviômetros. O mapa do CAPE mostra que a instabilidade presente na região da bacia pode ter contribuído para os altos volumes de precipitação, mas não necessariamente ter sido a principal causa desses eventos.

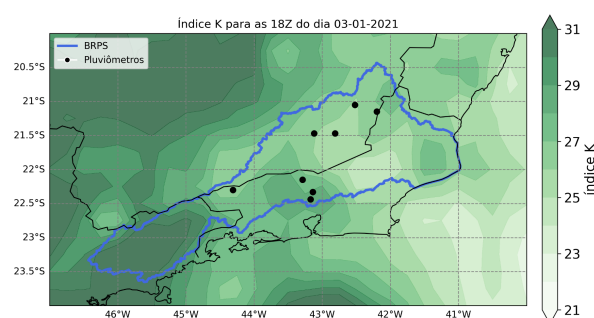


Figura 2 - Mapa do índice K para as 18Z do dia 03 de janeiro de 2021

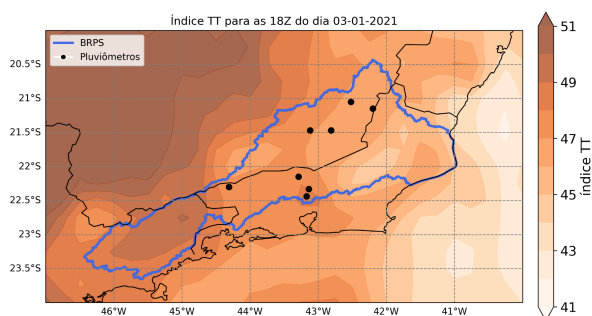


Figura 3 - Mapa do índice TT para as 18Z do dia 03 de janeiro de 2021

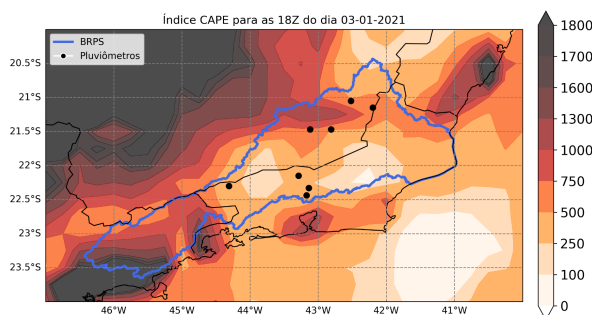


Figura 4 - Mapa do índice CAPE para as 18Z do dia 03 de janeiro de 2021

Através da figura 5, nota-se a ausência de jatos sobre a região de estudo e uma pressão de 1016 hPa. A figura 6 apresenta o mapa da divergência de massa em 200 hPa. De acordo com Wallace e Hobbs (2006), valores positivos de divergência implicam uma situação em que o ar precisa ascender na atmosfera para preencher o vazio causado por essa divergência, favorecendo assim os processos convectivos. Por outro lado, valores negativos resultam em subsidência do ar na atmosfera, uma vez que há convergência de massa em 200 hPa. A análise desse campo sinótico permite inferir que as condições de divergência prevalecem nas localidades que registraram altos volumes de precipitação.

Segundo Gimeno et al. (2014), o fluxo de umidade integrado na vertical utiliza o conteúdo de vapor d'água na atmosfera, junto ao vento, para entender o transporte horizontal de vapor d'água em toda a coluna atmosférica. Através da figura 7, pode-se identificar regiões em que esse transporte de umidade ocorre. Isso fica mais evidente ao analisarmos as estações ao norte da bacia, nas quais se observam valores maiores de

umidade advindos de um fluxo mais ao norte.

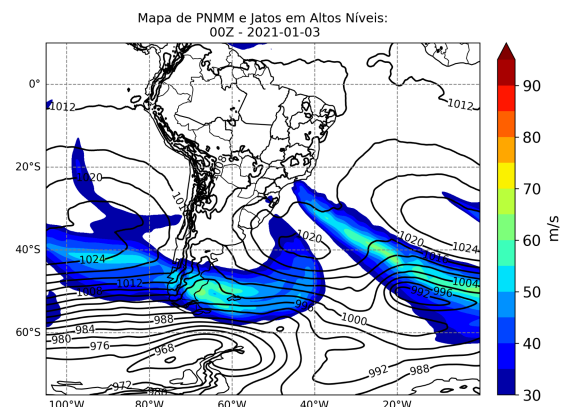


Figura 5 - Mapa de PNMM e Jatos em Altos Níveis para as 00Z do dia 03 de janeiro de 2021

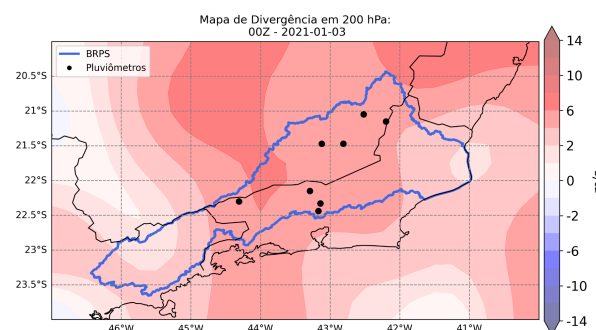


Figura 6 - Mapa de divergência em 200 hPa para as 00Z do dia 03 de janeiro de 2021

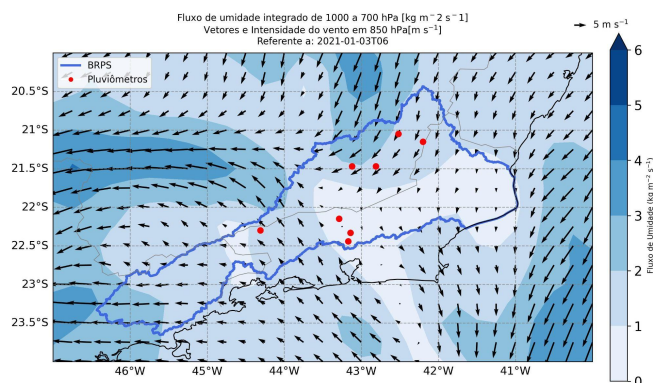


Figura 7 - Mapa do fluxo de umidade integrado para as 00Z do dia 03 de janeiro de 2021

Conclusões

Neste estudo, o objetivo geral foi analisar o uso de índices termodinâmicos para a previsão de eventos

extremos de precipitação na Bacia do Rio Paraíba do Sul. Com base nos resultados apresentados acima os valores obtidos desses índices indicaram, majoritariamente, a predominância de tempo estável, com exceção de algumas localidades da BRPS.

O desempenho dos índices K e TT foi semelhante, apresentando praticamente a mesma condição de instabilidade atmosférica. O índice CAPE se destacou em alguns casos isolados de alta instabilidade. As análises das condições dinâmicas foram imprescindíveis para o entendimento dos fatores que levaram a valores superiores a 50 mm/dia.

Através das cartas sinóticas, foi possível identificar a passagem de uma frente fria que, além de contribuir para a instabilidade local, desencadeou as condições dinâmicas necessárias para a chuva excessiva. Outra análise de grande relevância foi a da divergência em 200 hPa, que revelou condições favoráveis para a ascensão do ar na região da BRPS, favorecendo a formação de tempestades. A partir de todas as análises, pode-se concluir que as condições dinâmicas prevaleceram em relação aos índices termodinâmicos, desempenhando um papel fundamental no entendimento das causas associadas a eventos extremos de precipitação. É importante destacar que os índices de instabilidade não foram totalmente ineficazes, sendo relevantes em alguns locais da BRPS..

Agradecimentos

Agradeço a Universidade Federal de Itajubá e ao CNPq.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **A Bacia do Rio Paraíba do Sul**. Disponível em: <<http://gripbsul.ana.gov.br/ABacia.html>>. Acesso em: 23 out. 2024.

COSTA, R. L. et al. Analysis of climate extremes indices over northeast Brazil from 1961 to 2014. **Weather and Climate Extremes**, v. 28, p. 100254, 2020.

DE OLIVEIRA, D. M. et al. Hydrological and Precipitation Extremes and Trends over the Paraíba do Sul River Basin, Brazil. **Climate**, v. 11, n. 7, p. 138, 2023.

GIMENO, L. et al. The role of atmospheric moisture transport in the world's largest rainfall events. **Earth-Science Reviews**, 2014.

HALLAK, R.; PEREIRA FILHO, A. J. Análise de desempenho de índices de instabilidade atmosférica na previsão de fenômenos convectivos de mesoescala na região metropolitana de São Paulo entre 28 de janeiro e 04 de fevereiro de 2004. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 27, p. 173-206, 2012.

HOLTON, J. R.; HAKIM, G. J. *An introduction to dynamic meteorology*. 5. ed. Oxford: Elsevier Academic Press, 2012.

IPCC. **AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023**. 2023. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>>. Acesso em: 23 out. 2024

NETA, L. C.; DA SILVA, M. V. Análise de um Sistema Convectivo no Sul do Brasil utilizando índices de instabilidade. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 1, p. 404-412, 2016.

PETRUCCI, E.; de AZEVEDO, L. M. Análise dos eventos extremos de precipitação máxima no município de Cachoeira do Sul/RS, DE 1987 A 2020. **Revista de Geografia**, Recife, v. 40, n. 3, 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ (UNIFEI). **Ponto de Orvalho**. Disponível em: <https://meteorologia.unifei.edu.br/pag/ponto_orvalho/>. Acesso em: 24 out. 2024.

WALLACE, J. M.; HOBBS, P. V. *Atmospheric science: an introductory survey*. Elsevier, 2006.