

Evolução da Densidade de Descargas Elétricas Atmosféricas Entre os Dias 26 de abril e 3 de Maio de 2024 na Região do Vale do Taquari: Relação Relâmpagos X Chuvas Intensas

Clarissa F. Tavares¹, Wagner Loch², Leonardo Calvetti³

¹Programa de Pós Graduação em Modelagem Matemática, Universidade Federal de Pelotas, clarissaftavares@hotmail.com

²Programa de Pós Graduação em Computação, Universidade Federal de Pelotas, wloch@inf.ufpel.edu.br

³Faculdade de Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, lcalvetti@gmail.com

Resumo. Este estudo analisou a evolução da densidade e ocorrência de descargas elétricas atmosféricas no Vale do Taquari, Rio Grande do Sul, durante o período entre 26 de abril e 3 de maio de 2024, relacionando-as às chuvas intensas que resultaram em enchentes severas, incluindo as quedas das pontes entre Arroio do Meio e Lajeado. Os dados utilizados incluem precipitação diária fornecida pelo CEMADEN, além da ocorrência total de flashes e mapas de densidade de descargas elétricas obtidos pelo sensor GLM (Geostationary Lightning Mapper), a bordo do satélite GOES-16. Observou-se um aumento significativo nas descargas elétricas entre os dias 29 de abril (249.482 flashes) e 30 de abril (313.587 flashes), coincidindo com elevados acumulados pluviométricos, superiores a 190 mm em algumas localidades. Em 1º de maio, ainda persistiram altos volumes de chuva e atividade elétrica, enquanto no dia seguinte iniciou-se uma diminuição gradual desses fenômenos. Os resultados demonstram clara correlação entre eventos de alta precipitação e a ocorrência intensa de raios, destacando a importância de monitoramentos integrados desses fenômenos para ações eficazes de alerta e prevenção contra desastres naturais.

Palavras-chave. Descargas Elétricas Atmosféricas; Eventos Meteorológicos Extremos; Chuvas Intensas; Geostationary Lightning Mapper (GLM).

1. INTRODUÇÃO

As descargas elétricas atmosféricas, popularmente conhecidas como relâmpagos, constituem fenômenos naturais que ocorrem quando há acúmulo de cargas elétricas em nuvens do tipo Cumulonimbus [8]. Conforme Abreu [1], a elevada capacidade destrutiva dos raios e os diversos transtornos por eles causados - como falhas na rede de energia, incêndios, acidentes em transportes aéreos e marítimos, prejuízos em telecomunicações e até mesmo perdas humanas e de animais - têm despertado significativo interesse da comunidade científica em âmbito mundial.

A densidade de flashes, por sua vez, é definida como o número de relâmpagos registrados em uma determinada área por um intervalo de tempo específico (por exemplo, flashes/km²/dia) [7]. Esse parâmetro permite avaliar o grau de exposição de uma região à atividade elétrica, subsidiando análises de risco e estratégias de proteção.

Na região do Vale do Taquari, no Rio Grande do Sul, eventos intensos de chuva acompanhados de descargas elétricas causaram consequências muito severas tais como enchentes, deslizamentos, danos a redes de distribuição de energia elétrica, edificações e vias de transporte. No final do mês de abril de 2024, as chuvas expressivas foram apontadas como causa direta para o colapso das pontes que conectam as cidades de Arroio do Meio e Lajeado, na data de 2 de maio de 2024, segundo o jornal Correio do Povo [3]. Dessa

forma, compreender como a densidade de descargas elétricas se comportou neste período de chuvas intensas é fundamental para a análise de vulnerabilidades e a elaboração de medidas preventivas.

Este artigo tem como objetivo apresentar a evolução da densidade de descargas atmosféricas entre 26 de abril de 2024, data em que se iniciaram as chuvas no Vale do Taquari, e 3 de maio de 2024, quando houve uma queda abrupta das precipitações intensas. Nesse intervalo, destacam-se 29 de abril, momento em que a enchente atingiu as cidades na região, e 2 de maio, data da queda da ponte de ferro que ligava as cidades atingidas pela inundação. Para tanto, foram utilizados dados de precipitação diária de municípios do Vale do Taquari (representados em histogramas) e mapas de densidade de flashes em 24 horas para todo o estado do Rio Grande do Sul, possibilitando relacionar a ocorrência de relâmpagos com as chuvas intensas e discutir medidas de mitigação de desastres.

2. METODOLOGIA

Este estudo investigou as ocorrências de relâmpagos durante o período entre os dias 26 de abril e 3 de maio de 2024, onde as fortes chuvas provocaram o colapso das estruturas e atividades socioeconômicas no Vale do Taquari. Os dados de precipitação foram obtidos através do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) [2] e os dados de satélite do sensor Geostationary Lightning Mapper (GLM) do satélite GOES-16 para o registro de relâmpagos.

2.1. Área de estudo e período de análise

A região do Vale do Taquari situa-se no centro-leste do Rio Grande do Sul, incluindo municípios como Arroio do Meio e Lajeado. O período analisado compreende desde o início da enchente, em 26 de abril de 2024, até o dia 3 de maio de 2024, um dia após a queda da ponte que conecta as duas cidades, ocorrida na manhã de 2 de maio de 2024.

2.2. Coleta de dados de precipitação e relâmpagos

Os dados de precipitação foram obtidos pela rede de pluviômetros CEMADEN. Para tanto, foram selecionadas as cidades da região que possuíam registros disponíveis na plataforma, e a precipitação acumulada diária foi organizada em histogramas, permitindo a análise comparativa dos volumes precipitados no período estudado.

Os dados de descargas atmosféricas (relâmpagos) foram obtidos por meio do GLM (Geostationary Lightning Mapper), a bordo do satélite GOES-16. Em seguida, esses dados foram processados em Python, utilizando um programa específico para calcular a densidade de flashes em intervalos de 24 horas [4]. A abrangência do processamento

incluiu todo o estado do Rio Grande do Sul, com o objetivo de analisar a propagação das tempestades que produziram os relâmpagos e chuva.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Precipitação diária no Vale do Taquari

O período de chuva da enchente começou no dia 28 de abril com volumes de chuva relativamente baixos, próximo de 10 mm durante todo o dia. A partir do dia 29, os volumes de chuva foram absurdamente maiores, acima de 50 mm/dia, conforme a Figura 1, atingindo picos de quase 200 mm/dia no dia 30, continuando com volumes elevados nos dias 01 e 02 de maio de 2024. É importante observar que para o Vale do Taquari o valor médio climatológico nos meses de abril e maio é de até 150 mm no mês, de acordo com o INMET [6]. Ou seja, por quatro dias consecutivos o valor da chuva diária foi igual ou superior à média do mês. Portanto, são valores considerados extremos e históricos, nunca vistos na história de registros de chuva da região. Destaca-se que no dia 30/04, os pluviômetros de Lajeado e Estrela registraram acumulados próximos ou acima de 190 mm, indicando um evento extremo de precipitação em curto intervalo de tempo, com grande impacto nos municípios da região do vale.

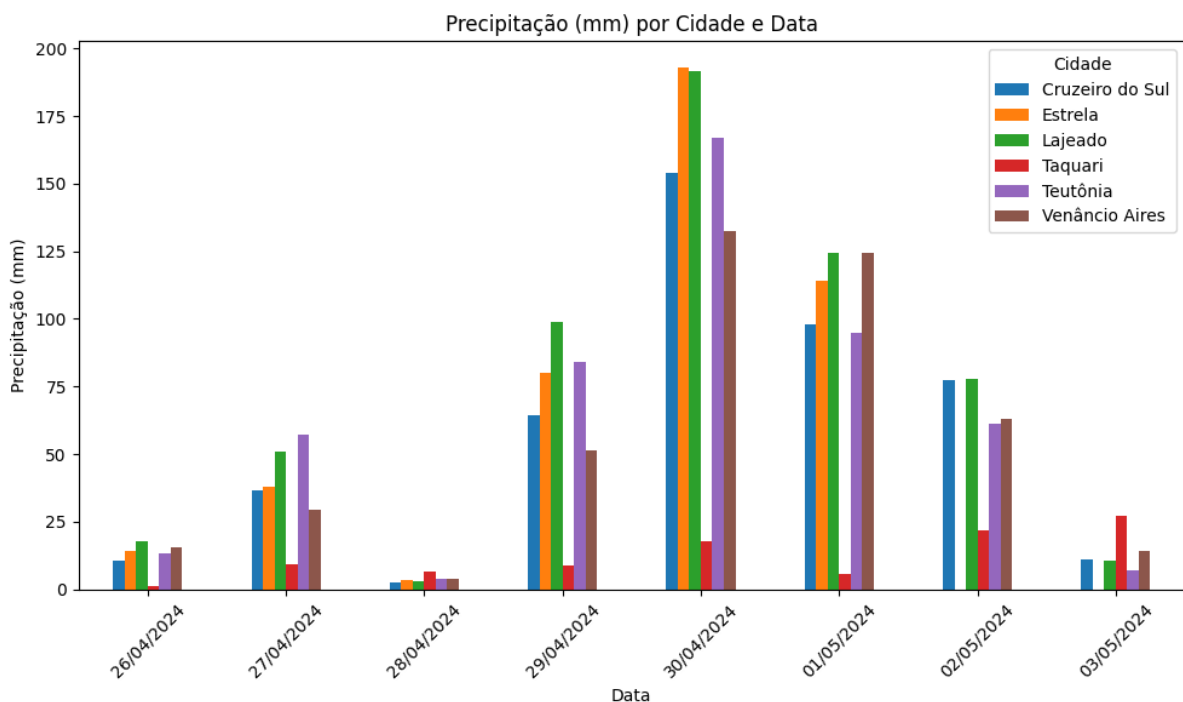


Figura 1. Histograma de precipitação, em milímetros, ocorridos entre os dias 26 de abril à 3 de maio de 2024. Fonte: do autor.

Tabela 1. Ocorrências de flashes entre os dias 26 de Abril e 3 de Maio de 2024 no estado do RS. Fonte: do autor.

Data	Ocorrências de Flashes/km²
26 de abril	119.836
27 de abril	171.480
28 de abril	54.161
29 de abril	249.482
30 de abril	313.587
1 de maio	301.794
2 de maio	248.839
3 de maio	405

3.2. Ocorrência de flashes diários

Sabendo que chuvas intensas são geradas por nuvens convectivas de tempestades com alto conteúdo de gelo e água no estado líquido e que estas são responsáveis pela produção de relâmpagos, como explica Enrique [5], foi analisada a ocorrência de densidade de flashes segundo o sensor GLM.

Assim como no volume de chuva (Figura 1) a densidade aumentou a partir do dia 28/04/2024, conforme demonstrado na Tabela 1, passando de 54 mil para 249 mil flashes no RS, evidenciando que houve um aumento de cinco vezes mais atividades elétricas das nuvens convectivas na atmosfera do estado. Esse padrão elevado de flashes continuou até o dia 02, momento do ápice do impacto no Vale do Taquari. No dia 03 o número de relâmpagos diminuiu para apenas 405 flashes.

3.3. Densidade de Descargas Elétricas no Período

A análise das imagens de densidade diária de raios apresentado na Figura 2, confirma os dados numéricos, evidenciando a variação temporal e espacial da atividade elétrica na região. Em 28/04, a área de maior densidade de relâmpagos concentrou-se principalmente no norte do estado, com intensidade menor no Vale do Taquari, justificando a baixa atividade convectiva e, por consequência, os baixos volumes de precipitação naquele dia.

Já em 29 e 30/04, observou-se um alargamento e intensificação das áreas de alta densidade (cerca de 150 a 200 flashes/5 km²), abarcando grande parte do Rio Grande do Sul; nesse período, o Vale do Taquari apresentou valores expressivos de flashes, em sincronia com o pico de chuvas em Lajeado, Estrela e Teutônia.

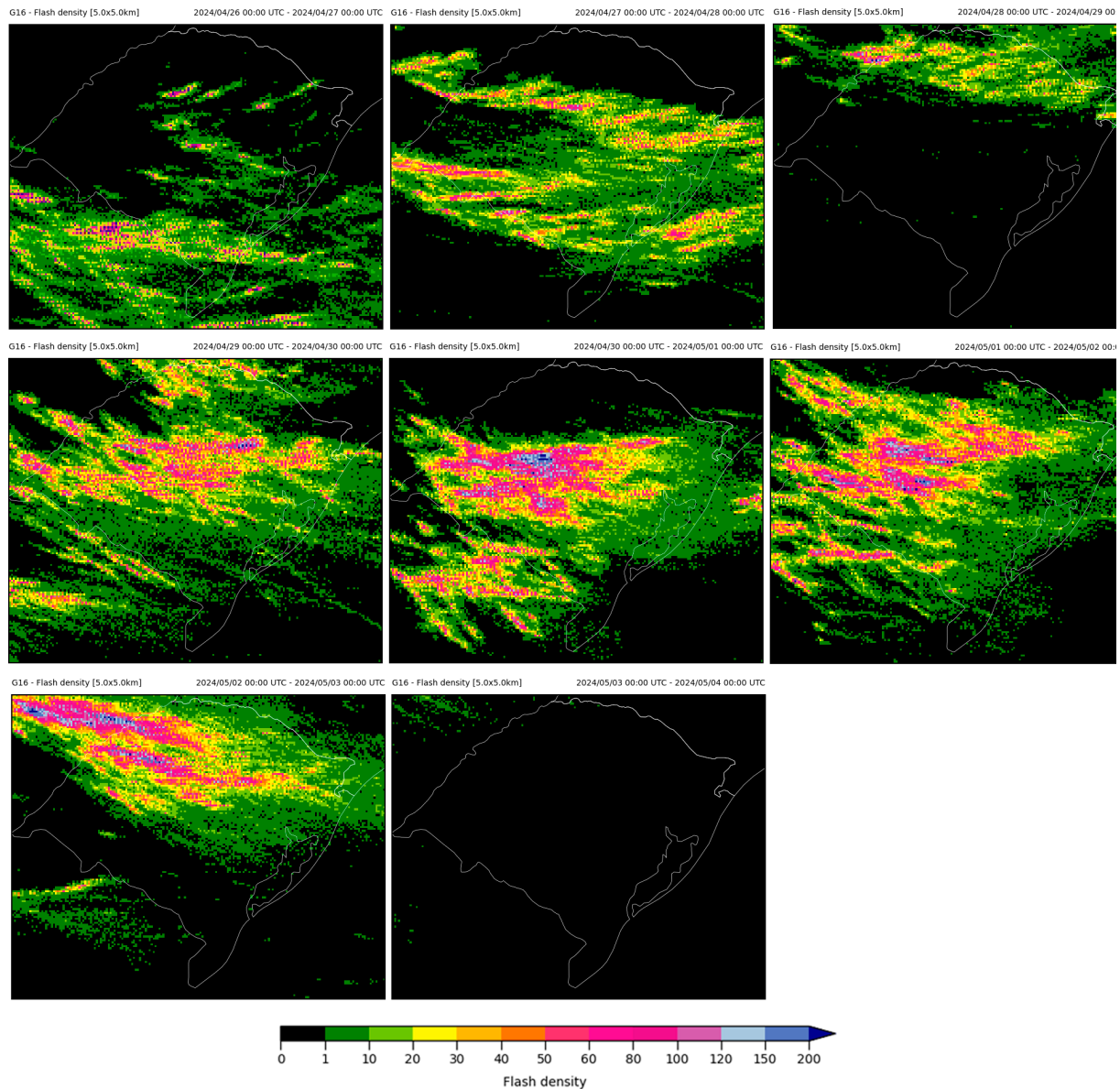


Figura 2. Mapas de densidade de flashes ocorridos entre os dias 26 de abril à 3 de maio de 2024. Fonte: do autor.

Apesar do deslocamento para setores centrais do estado em 01/05, a região ainda manteve densidade de raios elevada, coerente com as fortes precipitações registradas em Lajeado (124,2 mm) e Venâncio Aires (124,6 mm). Por fim, em 02/05, a atividade convectiva enfraqueceu e se deslocou ao norte, resultando na redução do número total de flashes (248.839) e em menores acumulados na maioria das localidades, embora municípios como Lajeado, Venâncio Aires e Teutônia ainda tenham registrado mais de 60 mm.

4. CONCLUSÕES

Este estudo analisou a ocorrência de relâmpagos associados a chuvas intensas no Vale do Taquari, Rio Grande do Sul, ao longo do período de 26 de abril a 3 de maio de 2024.

A queda da ponte de ferro entre Arroio do Meio e Lajeado, em 2 de maio, exemplifica o impacto de eventos meteorológicos severos quando altos índices de precipitação ocorrem simultaneamente a uma elevada atividade elétrica.

Os resultados, obtidos por meio da análise de precipitação diária e dos dados de raios (número total e densidade de flashes fornecidos pelo GLM/GOES-16), evidenciam que a região enfrentou chuvas intensas, com valores diários acima de 100 mm em diversas localidades, acompanhadas por grande quantidade de descargas atmosféricas. Esse cenário confirma a relação entre convecção profunda, que gera elevado número de raios, e a ocorrência de eventos pluviométricos extremos.

Observou-se ainda que, após 2 de maio de 2024, o núcleo de tempestades se deslocou para o norte do estado, acarretando uma diminuição nos volumes de chuva e no total de raios, embora algumas cidades ainda tenham registrado valores moderados de precipitação. Essa evolução temporal realça a importância de um monitoramento meteorológico integrado que contemple tanto a precipitação quanto a incidência de descargas elétricas, favorecendo alertas precoces e a mitigação de danos.

A partir dos resultados obtidos neste trabalho, considera-se a possibilidade de ampliar os estudos para outras regiões do estado. Embora haja disponibilidade de dados em boa parte do Rio Grande do Sul, a rede de estações automáticas é limitada em algumas localidades, o que pode afetar a robustez das análises. Ainda assim, o potencial de comparar diferentes áreas e períodos é promissor para verificar se os padrões identificados no Vale do Taquari se repetem ou divergem de outras localidades, aprofundando a compreensão dos processos convectivos associados às chuvas intensas e aos relâmpagos.

Recomenda-se, por fim, o fortalecimento da análise estatística entre precipitação e raios, além de integrar dados de radar meteorológico e modelagem numérica em estudos futuros. Essa abordagem poderá subsidiar uma melhor compreensão dos mecanismos atmosféricos responsáveis por tempestades severas e aprimorar estratégias de prevenção em regiões suscetíveis a eventos críticos em todo o Rio Grande do Sul.

REFERÊNCIAS

- [1] L. P. d. Abreu, “Caracterização dos relâmpagos ocorridos na região Nordeste do Brasil, por meio de sensoriamento remoto”, 2023.
- [2] CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, *Portal do CEMADEN*, <https://www.cemaden.gov.br>, [Acessado em 24 de março de 2025], 2025.
- [3] Correio do Povo. “Ponte de ferro de Arroio do Meio é destruída por enchente, diz prefeito”. [Acesso em 26 mar. 2025]. (2 de mai. de 2024), endereço: <https://www.correiodopovo.com.br/not%C3%ADcias/cidades/ponte-de-ferro-de-arroio-do-meio-%C3%A9-destru%C3%ADda-por-enchente-diz-prefeito-1.1489799> (acesso em 26/03/2025).

- [4] J. Huamán, *GOES: Pacote Python para baixar e manipular dados dos satélites GOES-16/17/18*, Acesso em: 29 mar. 2025, 2024. endereço: <https://github.com/joaohenry23/GOES>.
- [5] E. V. Mattos, “Relações das propriedades físicas das nuvens convectivas com as descargas elétricas”, *Mestrado em meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos*, 2009.
- [6] I. N. de Meteorologia (INMET), *Normais Climatológicas do Brasil*, Acesso em: 27 mar. 2025, 2025. endereço: <https://portal.inmet.gov.br/normais>.
- [7] V. A. Rakov, *Fundamentals of Lightning*. Cambridge, United Kingdom; New York, NY: Cambridge University Press, 2016, Includes bibliographical references and index, ISBN: 9781107072237.
- [8] S. Visacro Filho, *Descargas atmosféricas: uma abordagem de engenharia*. São Paulo: Artliber Editora, 2005, Inclui bibliografia.