

EVOLUÇÃO DA DENSIDADE DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EM 31 DE MARÇO DE 2025 NA REGIÃO METROPOLITANA: ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE RELÂMPAGOS E PRECIPITAÇÃO

CLARISSA FELIX TAVARES¹; WAGNER LOCH²; LEONARDO CALVETTI³

¹*Universidade Federal de Pelotas – clarissaftavares@hotmail.com*

² *Universidade Federal de Pelotas – wloch@inf.utfpel.edu.br*

³ *Universidade Federal de Pelotas – lcalvetti@gmail.com*

Resumo

Este estudo analisou a evolução da densidade de descargas atmosféricas na Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) durante o evento convectivo ocorrido em 31 de março de 2025. Utilizaram-se dados do sensor Geostationary Lightning Mapper (GLM), a bordo do satélite GOES-16, para quantificar e espacializar os flashes de relâmpagos, em conjunto com dados de precipitação obtidos por estações automáticas do CEMADEN. Os resultados indicaram uma intensa atividade elétrica entre 19h00 e 22h00 UTC, com pico de densidade de raios entre 20h00 e 20h40 UTC, coincidindo com os maiores volumes de precipitação registrados, como em Porto Alegre (Cristal), onde o acumulado atingiu 63,8 mm. A análise integrada evidenciou a associação entre os picos de descarga elétrica e precipitação intensa, característica de sistemas convectivos organizados. A utilização combinada de dados orbitais e de superfície demonstrou ser eficiente para caracterizar eventos severos de curta duração. O estudo destaca a importância do monitoramento conjunto de raios e chuva para melhorar a vigilância meteorológica e os sistemas de alerta precoce em áreas urbanas vulneráveis.

Palavras-Chave:

Convecção Profunda; Sensor GLM; Relâmpagos; Sensoriamento Remoto.

Abstract

This study analyzed the evolution of lightning flash density over the Metropolitan Region of Porto Alegre (RMPA) during a convective event that occurred on March 31, 2025. Data from the Geostationary Lightning Mapper (GLM) sensor aboard the GOES-16 satellite were used to quantify and spatially distribute lightning flashes, combined with precipitation data from CEMADEN automatic weather stations. The results indicated intense electrical activity between 19:00 and 22:00 UTC, with peak flash density occurring between 20:00 and 20:40 UTC, coinciding with the highest recorded rainfall amounts, such as in Porto Alegre (Cristal), which reached 63.8 mm. The integrated analysis highlighted a strong association between lightning activity peaks and intense precipitation, typical of organized convective systems. The combined use of satellite and ground-based data proved effective in characterizing short-duration severe weather events. This study emphasizes the importance of integrated lightning and rainfall monitoring to improve weather surveillance and early warning systems in vulnerable urban areas.

Key-Words:

Deep Convection; GLM Sensor; Lightning; Remote Sensing.

1. INTRODUÇÃO

Eventos meteorológicos severos têm se tornado cada vez mais frequentes e intensos nas últimas décadas, impactando significativamente a infraestrutura urbana, a segurança da população e os serviços essenciais nas grandes cidades brasileiras (MATTOS, 2009). Entre esses eventos, tempestades acompanhadas por relâmpagos representam um risco direto à vida humana, além de poderem causar interrupções no fornecimento de energia elétrica, danos estruturais e incêndios (ABREU, 2023). A ocorrência de descargas atmosféricas está intimamente associada à convecção profunda, fenômeno que também é responsável por precipitações intensas em curtos intervalos de tempo (SILVA, 2023).

No contexto da Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), episódios de chuvas extremas associados a elevada atividade elétrica têm sido registrados com maior frequência nos últimos anos. O monitoramento integrado entre precipitação e relâmpagos é fundamental para identificar e antecipar eventos convectivos severos com maior precisão e rapidez (TAVARES, 2024). A análise da densidade de descargas atmosféricas ao longo do tempo permite compreender a evolução e a organização dos sistemas convectivos, além de fornecer subsídios importantes para a mitigação de riscos hidrometeorológicos (RAKOV, 2016).

Em 31 de março de 2025, um sistema convectivo impactou a região, resultando em elevado número de relâmpagos em diversos municípios da RMPA, acompanhado por volumes expressivos de precipitação em localidades específicas. Embora pontual, esse evento é representativo da dinâmica atmosférica regional e dos desafios enfrentados na previsão de eventos severos de curta duração.

Diante desse cenário, o presente estudo tem como objetivo analisar a evolução da densidade de descargas atmosféricas durante o dia 31 de março de 2025 na Região Metropolitana de Porto Alegre, avaliando sua correlação com os registros de precipitação. A análise é baseada em dados orbitais obtidos pelo sensor GLM (Geostationary Lightning Mapper), a bordo do satélite GOES-16, e em informações pluviométricas provenientes de estações meteorológicas automáticas operadas pelo CEMADEN, com foco na identificação de padrões temporais e espaciais da atividade elétrica associada ao evento convectivo.

2. METODOLOGIA

Foram utilizados dados do sensor Geostationary Lightning Mapper (GLM), a bordo do satélite GOES-16, para quantificar os flashes e calcular a densidade de descargas atmosféricas (flashes/5km²) ao longo do dia 31 de março de 2025 na Região Metropolitana de Porto Alegre. Os registros foram organizados em intervalos de 10 minutos para análise temporal e espacial da atividade elétrica.

Os dados de precipitação foram obtidos do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), por meio de estações automáticas situadas nos municípios da região de estudo. Os volumes horários permitiram a correlação entre picos de chuva e maior densidade de relâmpagos.

A análise foi realizada com ferramentas de geoprocessamento e scripts em Python para processamento e visualização dos dados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados do sensor GLM/GOES-16 revelou intensa atividade elétrica ao longo do dia 31 de março de 2025 na Região Metropolitana de Porto Alegre. A sequência de mapas (Figura 1) mostra a evolução espacial da densidade de descargas atmosféricas entre 19h00 e 21h00 UTC, destacando-se a formação e o deslocamento de um núcleo convectivo que atinge seu pico sobre a região entre 20h00 e 20h40 UTC. Nessa faixa horária, observam-se áreas com densidades superiores a 50 flashes/5km², especialmente sobre os municípios de Canoas, Sapucaia do Sul e Porto Alegre.

A Figura 2 apresenta a quantidade total de flashes registrados em intervalos de 10 minutos. Os dados indicam um aumento progressivo da atividade elétrica a partir das 19h00 UTC, atingindo o valor máximo de 2.471 flashes entre 20h10 e 20h20 UTC. Após esse período, observa-se uma redução acentuada no número de ocorrências, com estabilização em patamares inferiores a 1.000 flashes após as 21h00 UTC. Esse comportamento sugere o enfraquecimento do sistema convectivo e o deslocamento das células de maior intensidade para o norte do estado.

A Figura 3 mostra os valores acumulados de precipitação registrados por estações automáticas do CEMADEN nos municípios da RMPA. Observa-se que o maior volume ocorreu em Porto Alegre (Cristal), com 63,8 mm, seguido por Nova Santa Rita (20,1 mm) e Porto Alegre (Centro), com 20,3 mm. Esses registros coincidem, em termos espaciais e temporais, com o período de maior densidade de raios, evidenciando a associação entre convecção profunda, relâmpagos e chuva intensa.

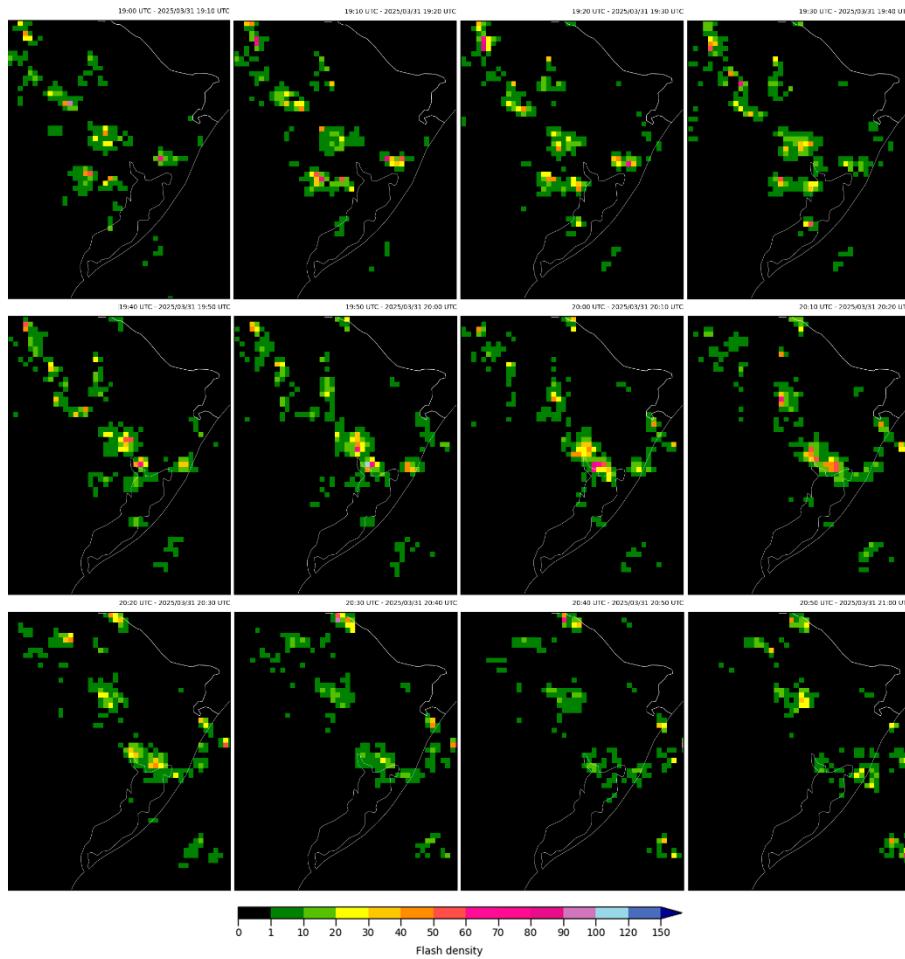


Figura 1. Sequência temporal da densidade de descargas atmosféricas (flashes/5km²) registrada pelo sensor GLM a bordo do satélite GOES-16 entre 19h00 e 21h00 UTC do dia 31/03/2025, na Região Sul do Brasil.

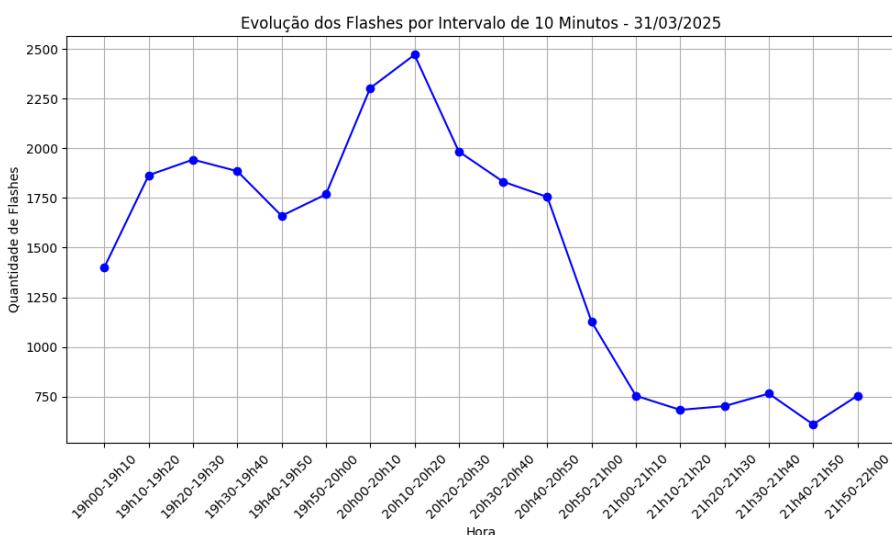


Figura 2. Número de descargas atmosféricas a cada 10 minutos em 31/03/2025 na Região Metropolitana – Dados GLM/GOES-16.

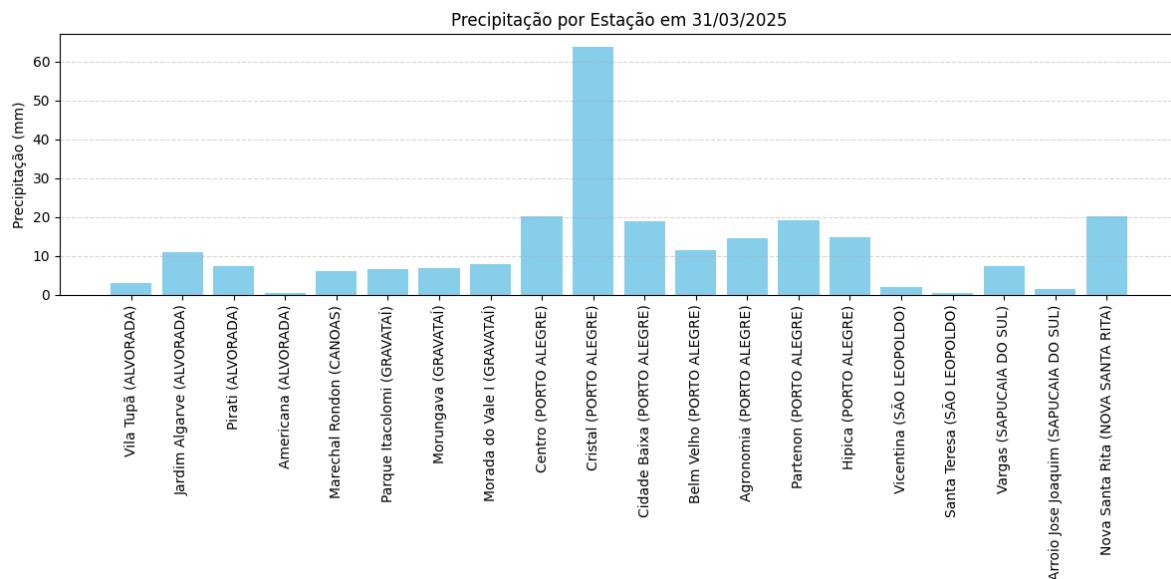


Figura 3. Quantidade de precipitação ocorrida na região metropolitana no dia 31 de março de 2025, obtido no CEMADEN

A comparação entre os mapas de densidade, o gráfico de flashes e os acumulados pluviométricos reforça a existência de um sistema convectivo organizado, cuja evolução esteve concentrada entre 19h50 e 21h00 UTC. A simultaneidade dos picos de precipitação e descargas sugere forte instabilidade atmosférica na região, com potencial para alagamentos e outros impactos hidrometeorológicos.

4. CONCLUSÕES

A análise realizada neste estudo evidenciou a forte relação entre a densidade de descargas atmosféricas e os volumes de precipitação registrados na Região Metropolitana de Porto Alegre durante o evento convectivo do dia 31 de março de 2025. A partir dos dados do sensor GLM/GOES-16, foi possível observar a evolução temporal e espacial da atividade elétrica, com um pico de intensidade entre 20h00 e 20h40 UTC, coincidindo com os maiores acumulados de chuva registrados por estações automáticas do CEMADEN.

A convergência dos dados mostrou que os núcleos de maior densidade de raios estiveram associados às áreas onde foram observados os volumes mais expressivos de precipitação, especialmente nos municípios de Porto Alegre, Sapucaia do Sul e Nova Santa Rita. Essa associação reforça o papel da convecção profunda como elemento central na geração simultânea de relâmpagos e chuvas intensas em eventos de curta duração.

Os resultados obtidos ressaltam a importância da integração entre monitoramento de descargas atmosféricas e dados pluviométricos para fins de

vigilância meteorológica, prevenção de desastres e aperfeiçoamento de sistemas de alerta precoce. A utilização de dados orbitais em conjunto com medições in situ demonstrou ser uma ferramenta eficaz na caracterização detalhada de episódios convectivos severos.

Como continuidade deste trabalho, recomenda-se a ampliação da base de eventos analisados e o uso de modelos de previsão numérica com assimilação de dados de raios, a fim de melhorar a compreensão dos mecanismos dinâmicos associados a esses fenômenos na escala local e regional.

5. AGRADECIMENTOS

A autora agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro à pesquisa por meio da concessão de bolsa de pós-graduação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, L. P. de. **Caracterização dos relâmpagos ocorridos na região Nordeste do Brasil, por meio de sensoriamento remoto.** 183f. Tese (Doutorado em Ciências Climáticas) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2023.

CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, Portal do CEMADEN, <https://www.cemaden.gov.br>. Acesso 24/03/2025.

MATTOS, E. V. **Relações das propriedades físicas das nuvens convectivas com as descargas elétricas.** 2009. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos.

RAKOV, V. A. Introduction to Lightning Phenomena. In: RAKOV, V. A. (Ed.). **Fundamentals of Lightning.** Cambridge: Cambridge University Press, 2016. Cap. 1, p. 1–34.

SILVA, S. A. **Avaliação dos Relâmpagos Totais na Bacia do Rio São Francisco com o Uso do Sensoriamento Remoto.** 2023. Dissertação (Mestrado em Ciências Atmosféricas) – Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

TAVARES, C.F.; LOCH, W.; CALVETTI, L. Ocorrência de Relâmpagos Associados à Picos de Chuvas Acima de 30 mm/h Durante a Enchente de Maio De 2024 no RS. In: **Anais da 10ª Conferência Sul em Modelagem Computacional (10º MCSul).** Anais...Rio Grande (RS) Universidade Federal do Rio Grande (FURG), 2024. Acesso em 13/04/2025.