

**CHUVA PRETA NO RIO GRANDE DO SUL EM 11 DE SETEMBRO DE 2024:
CAUSAS E IMPACTOS METEOROLÓGICOS**
**LARISSA CORRÊA SANTOS¹; MAICON MORAES SANTIAGO²; LEANDRA
MARTINS BRESSAN³; ANDRÉ BECKER NUNES⁴**

¹Universidade Federal de Pelotas – larissacsantos01@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – maiconsantiago.w@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – leandrambressan13@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – beckernunes@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

As queimadas em ambientes florestais e em áreas com vegetação estão diretamente relacionadas ao desmatamento e ao manejo de áreas agrícolas e pecuárias (Fuchs, 2020). Esses eventos podem ser causados por processos antrópicos e/ou naturais, como por exemplo, a ocorrência de períodos de seca extrema, alta velocidade do vento e baixa umidade. Neste contexto, temos a Amazônia, um dos principais biomas brasileiros, composta por distintos ecossistemas, com destaque para a grande floresta tropical Amazônica, que ocupa uma área com mais de 40% do território brasileiro (IBF, 2024). Esse bioma vem sofrendo com o aumento do desmatamento e com taxas de incêndios cada vez mais frequentes (Copertino et al., 2019).

A região Sul do Brasil, onde se localiza o estado do Rio Grande do Sul (RS), é afetada por sistemas atmosféricos que influenciam nos eventos de precipitação da região. Eventos de chuva na coloração preta no estado já foram registrados em outros estudos, como de Santiago et al. (2021), associados ao ar poluído com fuligem transportada das regiões do Pantanal e Amazônia para a região Sul do país. No mês de setembro de 2024 moradores dos municípios de Arroio Grande, Pelotas, São José do Norte e São Lourenço do Sul, localizados na região sul do RSI, registraram a ocorrência do fenômeno da chuva preta. Este fenômeno foi amplamente divulgado nas mídias digitais e visuais, apontando como principal causador deste evento as fumaças compostas por fuligens provenientes das queimadas na Amazônia (G1 RS, 2024; GZH, 2024). Diante o exposto, este estudo tem como objetivo avaliar os principais fatores que influenciaram a ocorrência do fenômeno da chuva preta observado no RS no mês de setembro de 2024.

2. METODOLOGIA

O estudo foi realizado para os municípios de Arroio Grande (AG), Pelotas (PEL), São Lourenço do Sul (SLS) e São José do Norte (SJN), no estado do Rio Grande do Sul. O clima é classificado como “Cfa” para AG, PEL e SLS, caracterizando-se como subtropical, e como “Cfb” para SJN, que é do tipo temperado. Esses climas apresentam um padrão úmido em todas as estações do ano, com precipitação média anual que varia entre 1.300 a 1.450mm, e verões quentes e moderadamente quentes, respectivamente (Wrege, 2012). O estado está situado na região do Bioma Pampa, que possui flora e fauna de grande biodiversidade, composta por paisagens naturais variadas, com predominância de campos nativos (MMA, 2024).

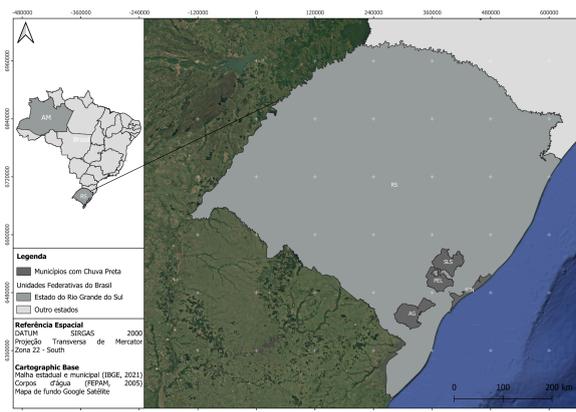


Figura 1 - Mapa de localização dos municípios que registraram chuva preta no RS.

Para a visualização da fumaça das queimadas, foram utilizadas imagens do canal infravermelho do satélite da série GOES-16 (*Geostationary Operational Environmental Satellites*), obtida por meio do banco de imagens do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e de previsão de aerossóis fornecidas pelo sistema CAMS (Copernicus Atmosphere Monitoring Service) de monitoramento atmosférico global. Para complementação foram utilizados dados históricos dos focos ativos de queimadas no Brasil do Programa de Queimadas do INPE. Para a análise meteorológica, foram utilizados campos meteorológicos de vento obtidos de dados de reanálise do ERA5, com resolução espacial de 0.25° e resolução temporal de 137 níveis verticais em intervalos de 1h (Hersbach et al., 2020), disponibilizados pela Copernicus, do ECMWF (Centro Europeu de Previsão do Tempo a Médio Prazo). Para a criação dos campos de anomalia foram considerados os dados do dia 11 de setembro de 1994 a 2024, às 00h e a média dos dados para o mesmo período (1994-2024).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O histórico de focos de queimadas ativos no Brasil em setembro variou ao longo dos anos (Figura 2), com picos expressivos em 2004, 2007 e 2010, atingindo 121.395, 141.220 e 109.030 focos ativos, respectivamente, sendo o maior registro no ano de 2007. Em 2024, observa-se que o número de focos de queimadas tende a aumentar consideravelmente, superando os registros dos anos anteriores a partir de 2020. Isso indica um aumento nas queimadas em relação aos últimos anos, o que pode ser atribuído a maior seca histórica do país, a baixa umidade e as temperaturas elevadas. Além do desmatamento acelerado, manejo de áreas agrícolas e pecuárias (Fuchs, 2020; Santiago et al., 2021). Também se destaca a flexibilização das políticas ambientais (Alencar et al., 2022).

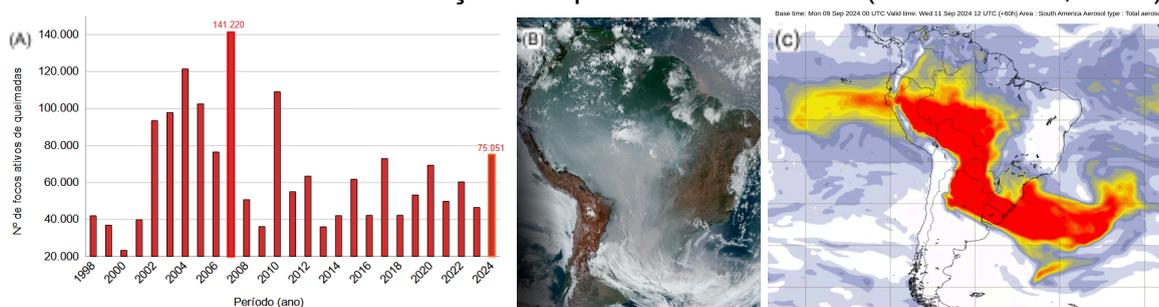


Figura 2 - (A) Histórico de queimadas em setembro no Brasil pelo Programa Queimadas do INPE; (B) Imagem de satélite do GOES-16 canal 13 da América do Sul em 11/09/2024; (C) Projeção do Modelo de aerossóis CAMS do Sistema Copernicus para 11/09/2024 às 12 UTC.

Neste ano, as queimadas iniciadas no final de agosto e início de setembro foram intensificadas pelas condições climáticas, como ventos e secas prolongadas. A Figura 2B mostra o intenso deslocamento de fuligem das regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil para o Sul, com uma densa camada de fumaça sobre o estado do RS, indicando a presença de partículas contaminantes na atmosfera. O RS é um dos estados mais afetados pela grande quantidade de fumaça, conforme apresentado na Figura 2C, que mostra uma densa camada de aerossóis se deslocando da Amazônia e do Centro-Oeste, passando pelo Paraguai e chegando ao Sul do Brasil, reforçando a presença de partículas contaminantes, que afetam a qualidade do ar e podem gerar impactos à saúde humana, à atmosfera e à biodiversidade.

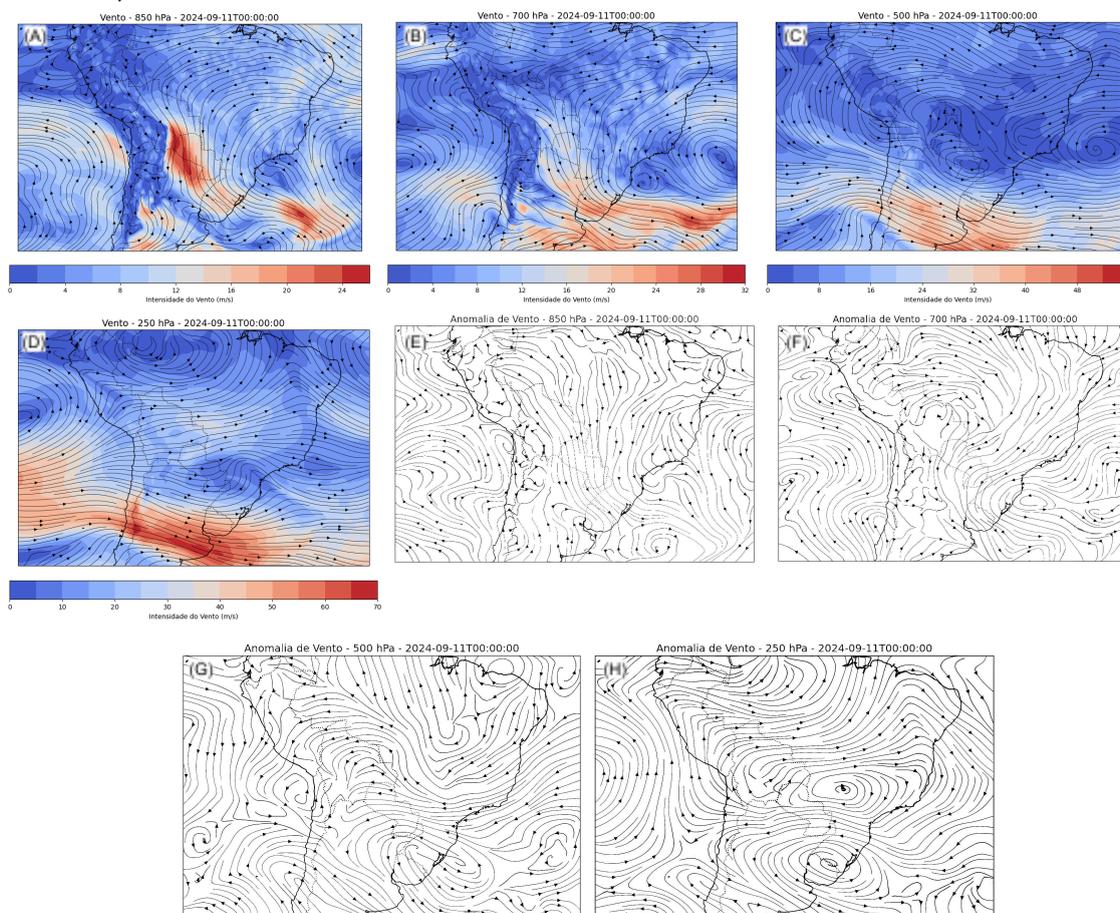


Figura 3 - Campos meteorológicos, nos níveis de pressão de 850, 500, 700 e 850hPa: (A-D) intensidade vento (sombreado) e direção do vento (linhas de corrente) em 11/09/2024 às 00h: (E-H) anomalia de direção do vento do dia 11 de setembro no intervalo de 1994 a 2024.

A partir da Figura 3A, é possível observar que os ventos em baixos níveis (850 e 700hPa) (Figura 3A e 3B) deslocam-se da região norte do Brasil, passando pelo Paraguai e pela Argentina, onde tornam-se mais intensos e seguem em direção ao RS, com velocidades que variam entre 24 e 40m/s, contribuindo para a densa presença de fumaça. Nas altitudes médias, em 500hPa (Figura 3C), nota-se um enfraquecimento da intensidade dos ventos sobre o estado comparado às condições observadas em 850 e 700hPa. Em 500hPa e 250hPa é observada a divergência dos ventos (Figura 3D e 3E), indicando instabilidade na superfície.

Por fim, são apresentadas as anomalias de direção do vento (Figura 3E-H). Observam-se ventos de norte em 850hPa que deslocam-se sobre o Paraguai, Argentina e as regiões central, noroeste e sul do RS, no Brasil, indicando convergência sobre o estado (Figura 3E). Em 700hPa, o deslocamento dos ventos sobre a Bolívia indicam uma circulação ciclônica, sem influência significativa no RS (Figura 3F). Em 500 e 250hPa (Figura 3G e 3H) não se verificou escoamento anômalo de norte para sul, como observado em alguns casos mostrados em Santiago et al. (2021), mas observou-se uma circulação anticiclônica, indicando uma camada mais inchada devido a nebulosidade que acarretou na precipitação (Figura 2B).

4. CONCLUSÕES

Conclui-se que a ocorrência da chuva preta no estado do Rio Grande do Sul, em setembro de 2024, foi causada pelo transporte de fuligem (resultante das queimadas) da região Norte para o Sul do Brasil, associado às anomalias de direção do vento em baixos níveis. Esse fenômeno foi confirmado pelas imagens de satélite, que registraram a pluma de fumaça da Amazônia deslocando-se para o Sul do Brasil.

5. AGRADECIMENTO

Os três primeiros autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelas bolsas de doutorado fornecidas. O quarto autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa recebida.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCAR, A.; SILVESTRINI, R.; GOMES, J.; SAVIAN, G. **Amazônia em chamas: O novo e alarmante patamar do desmatamento na Amazônia**. Brasília: IPAM Amazônia, 2022.
- COPERTINO, M.; PIEDADE, M. T. F.; VIEIRA, I. C. G.; BUSTAMANTE, M. Desmatamento, fogo e clima estão intimamente conectados na Amazônia. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 71, n. 4, 2019.
- FUCHS, V. B. Chinese-driven frontier expansion in the Amazon: four axes of pressure caused by the growing demand for soy trade. **Civitas-Revista de Ciências Sociais**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 16-31, 2020.
- G1 RS. **Moradores registram 'chuva preta' no Sul do RS; universidade diz que fenômeno é provocado por fumaça de incêndios**. G1 RS, Porto Alegre, 11 set. 2024. Acessado em 17 set. 2024. Online. Disponível em: <https://encurtador.com.br/Z9lQi>.
- GZH. **Chuva preta: moradores do sul do RS registram fenômeno provocado por fumaça de incêndios**. GZH, Porto Alegre, 11 set. 2024. Acessado em 17 set. 2024. Online. Disponível em: <https://encurtador.com.br/sJznb>.
- IBF. **Bioma Amazônico**. Instituto Brasileiro de Florestas, Paraná, 2024. Acesso em 17 set. 2024. Online. Disponível em: <https://www.ibflorestas.org.br/bioma-amazonico>.
- MMA. **Pampa**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 18 set. 2024. Acessado em 18 set. 2024. Online. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/biomas/pampa.html>.
- SANTIAGO, M. M.; DOS SANTOS, G. B.; CARDOSO, I. P.; NUNES, A. B. Preliminary study on the case of black rain in Rio Grande do Sul, Brazil: A synoptic point of view. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 3, p. 1268–1281, 2021.
- WREGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JUNIOR, C.; ALMEIDA, I. R. 2012. Cartas Climáticas Mensais, Estacionais E Anuais. In: **Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Brasília: Embrapa, 2012. 2ed.