

## LINHA DE INSTABILIDADE SOBRE A REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE: ANÁLISE POLARIMÉTRICA COM RADAR METEOROLÓGICO BANDA C

BRUNA ROSSALES PERLEBERG<sup>1</sup>; SAMUEL HOSSER<sup>2</sup>; LEONARDO CALVETTI<sup>3</sup>; MARCO ANTÔNIO FLORES DE MEDEIROS<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas – brunarossales1@gmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas – samuelhosser@hotmail.com*

<sup>3</sup>*Universidade Federal de Pelotas – lcalvetti@ufpel.edu.br*

<sup>4</sup>*Universidade Federal de Pelotas – contatomarcofmedeiros@gmail.com*

### 1. INTRODUÇÃO

A região Sul do Brasil, especialmente o Rio Grande do Sul (RS), é frequentemente afetada por sistemas convectivos intensos, como tempestades severas, linhas de instabilidade (LI) e sistemas convectivos de mesoescala (SCM). (CAMPOS; EICHHOLZ, 2011).

O radar meteorológico de dupla-polarização, como o banda C, permite a análise detalhada desses sistemas, fornecendo informações essenciais como refletividade, velocidade radial entre outros. A interpretação destas variáveis revela estruturas características de tempestades severas, linhas convectivas organizadas, possibilitando a identificação de regiões com elevada intensidade de precipitação e riscos associados. (BRINGI; CHANDRASEKAR, 2001, ZRNIC; RYZHKOV, 1999; ALDANA, et al., 2025)

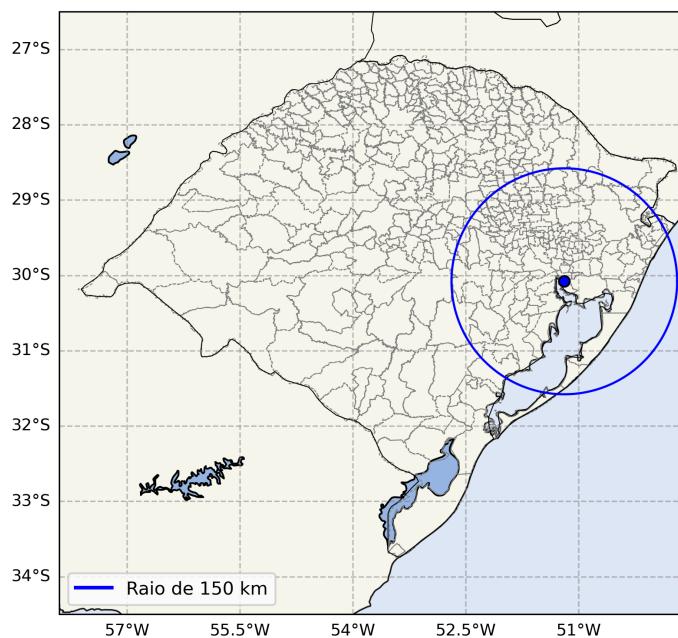
O objetivo deste estudo é analisar, por meio de dados do radar meteorológico de dupla polarização banda C, a evolução da frente fria que resultou na formação de uma linha de instabilidade sobre a Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPOA), caracterizando suas assinaturas e avaliando os impactos em termos de precipitação intensa e ventos fortes.

### 2. METODOLOGIA

A área de estudo corresponde à Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPOA), localizada no estado do Rio Grande do Sul (RS), monitorada pelo radar meteorológico Doppler de dupla polarização instalado em Porto Alegre ( $30^{\circ}04'46.4''$  S,  $51^{\circ}11'14.9''$  W), a 265 m de altitude (Figura 1). O equipamento, de propriedade da Climatempo, com uso compartilhado pela Defesa Civil do Estado, opera na banda C (5,3 cm), com alcance de 150–480 km, cobrindo parte do leste do estado. Realiza varreduras de  $360^{\circ}$  em 10 ângulos de elevação ( $0,2^{\circ}$  a  $13,0^{\circ}$ ), completando um volume em 5 minutos.

Os dados utilizados neste estudo foram analisados em linguagem Python a partir dos dados volumétricos do radar meteorológico. As variáveis polarimétricas utilizadas foram: refletividade horizontal (dBZ), diferencial de fase específica (KDP), velocidade radial (VRAD) e razão de refletividade diferencial (ZDR). Complementarmente, foram usadas as observações de estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Rede de Meteorologia da Aeronáutica (REDEM), além dos registros de precipitação obtidos por pluviômetros do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN).

Figura 1 - Posição geográfica do radar meteorológico de Porto Alegre-RS, com o raio de abrangência de 150 km.



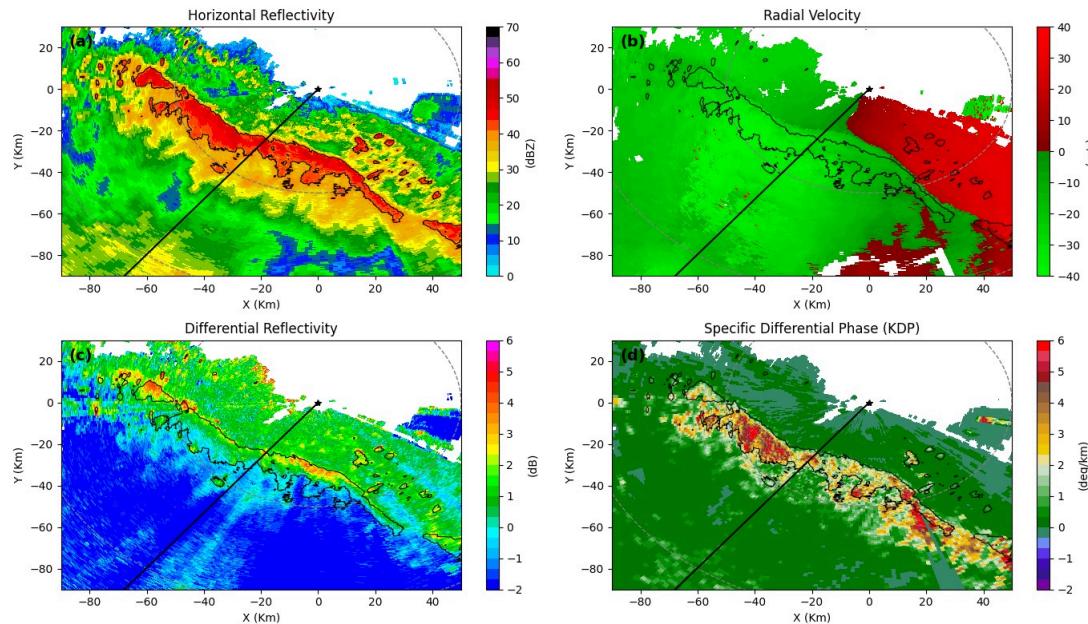
Fonte: Elaborada pela autora (2025).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo do dia 1º de dezembro de 2025, uma frente fria avançou pelo RS, alcançando a RMPOA por volta de 00 UTC do dia 2 de dezembro. A partir desse momento, a atuação do sistema frontal favoreceu a organização de intensa convecção, resultando na formação de uma linha de instabilidade sobre a região.

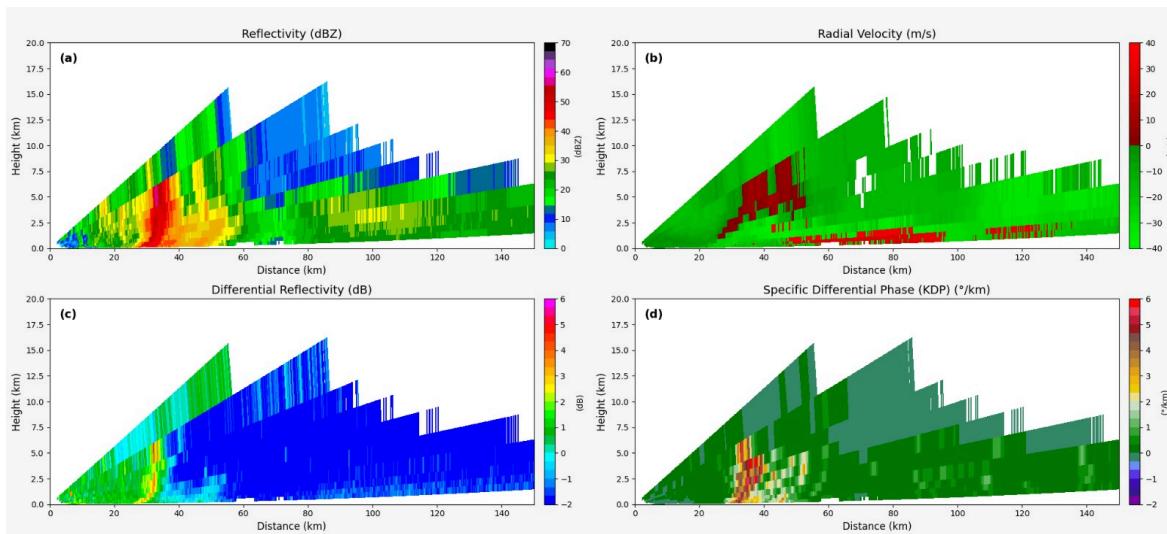
A Figura 2 apresenta a assinatura de um sistema convectivo intenso. O campo dBZ (Figura 2a) evidencia uma extensa região com valores superiores a 40 dBZ (contorno em preto), indicativos de forte precipitação. O campo de VRAD (Figura 2b) mostra um padrão de cisalhamento horizontal intenso do vento com valores próximos a 40 m/s, evidenciado pelo contraste entre regiões se aproximando e se afastando em relação ao radar, sugerindo a presença de correntes ascendentes e descendentes bem definidas. No campo de ZDR (Figura 2c) observa-se valores baixos (0-1 dB) na região convectiva central, compatíveis com gotas quase esféricas ou mistura de gelo e água. Nos flancos do sistema convectivo, valores mais elevados ( $> 3$  dB) indicaram a presença de gotas grandes e oblatas, típicas das regiões estratiformes. O KDP (Figura 2d) mostra máximos superiores a 2 deg/km alinhados à banda convectiva, confirmando a presença de colunas de precipitação líquida intensa, associadas a elevados acumulados pluviométricos.

**Figura 2** – Campos de (a) refletividade (dBZ), (b) velocidade radial (m/s), (c) diferencial de refletividade (ZDR, dB) e (d) fase diferencial específica (KDP, deg/km), obtidos na varredura com ângulo de elevação de 0,8°. Destaca-se o contorno de 40 dBZ (em preto) e a seção vertical ao longo do azimute de -143°. Os dados referem-se ao radar meteorológico de Porto Alegre/RS, em 2 de dezembro de 2025 às 00:45 UTC. As distâncias nos eixos X e Y estão em quilômetros (km), em relação à posição do radar.



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

**Figura 3** – Seção vertical ao longo do azimute de -143° dos campos de (a) refletividade (dBZ), (b) velocidade radial (m/s), (c) diferencial de refletividade (ZDR, dB) e (d) fase diferencial específica (deg/km), obtidos pelo radar meteorológico de Porto Alegre/RS em 2 de dezembro de 2025 às 00:45 UTC.



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Ao analisar a seção vertical no azimute -143° (Figura 3) evidencia-se uma célula com núcleos bem estruturados, com refletividade entre 45–55 dBZ, estendendo-se até cerca de 6 km de altura (Figura 3a). Essa assinatura

caracteriza um núcleo convectivo intenso, associado a precipitação intensa. A velocidade radial (Figura 3b) indica uma estrutura inclinada com a altura, típica de ambientes com forte cisalhamento vertical do vento. Observa-se também a presença de contrastes entre áreas de vento se aproximando e se afastando próximos à superfície (20-40 km de distância), compatíveis com correntes descendentes relacionadas a rajadas de vento, bem como com a presença de inflow em baixos níveis alimentando a célula. O ZDR (Figura 3c) apresenta valores próximos de 0 dB até cerca de 6 km de altura, mostrando a mistura de gelo e chuva. Valores mais altos nas bordas (> 3 dB) sugerem gotas oblitas associadas a chuva intensa. Já a KDP (Figura 3d) exibiu máximos superiores a 3 deg/km restritos aos baixos níveis (até 6 km), especialmente entre 20 e 40 km de distância, confirmando colunas de precipitação intensa, com taxas muito elevadas.

Como resultado, durante a passagem desse sistema sobre a RMPOA, foram registradas rajadas intensas de vento, com valores de 85,2 km/h no Aeroporto de Canoas (REDEMET) e 80,3 km/h na estação do INMET em Porto Alegre. Associada a esse evento, houve precipitação horária expressiva, com acumulados de 55 mm/h em Viamão (CEMADEN), 40 mm/h em Porto Alegre (INMET), 36,2 mm/h também em Porto Alegre (CEMADEN), 30,3 mm/h em Eldorado do Sul (CEMADEN) e 27,3 mm/h em Canoas (CEMADEN).

#### 4. CONCLUSÕES

As análises integradas das variáveis polarimétricas, apontam para a presença de uma linha de instabilidade de grande porte, bem organizada. O sistema apresentou características típicas de convecção profunda, com células intensas capazes de produzir chuva intensa e ventos fortes. Os dados observados corroboram para tal análise, onde foi observado ventos superiores a 80 km/h e chuva acima de 30 mm/h. Os resultados em conjunto as observações reforçam o potencial de ocorrência de fenômenos meteorológicos severos associados à estrutura do sistema estudado.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDANA, Miguel et al. Benchmarking KDP in rainfall: a quantitative assessment of estimation algorithms using C-band weather radar observations. **Atmospheric Measurement Techniques**, v. 18, n. 3, p. 793-816, 2025.

BRINGI, V. N.; CHANDRASEKAR, V. Polarimetric Doppler weather radar: principles and applications. **Cambridge university press**, 2001.

CAMPOS, Cláudia Rejane Jacondino de; EICHHOLZ, Cristiano Wickboldt. Características físicas dos Sistemas Convectivos de Mesoescala que afetaram o Rio Grande do Sul no período de 2004 a 2008. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 29, p. 331-345, 2011.

ZRNIC, Dusan S.; RYZHKOV, Alexander V. Polarimetry for weather surveillance radars. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 80, n. 3, p. 389-406, 1999.