

# RELAÇÃO ENTRE UM EVENTO EXTREMO DE TEMPERATURA MÍNIMA NO MUNICÍPIO DE PINHEIRO MACHADO/RS E MASSAS DE AR FORMADAS NA REGIÃO ANTÁRTICA

DIULIO PATRICK PEREIRA MACHADO<sup>1</sup>; DOUGLAS DA SILVA LINDEMANN<sup>2</sup>;  
ROSE DE FREITAS<sup>3</sup>; ELAINE SANTOS ALVES<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – diuliosigne10@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – douglas.lindemann@ufpel.edu.br

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – rosefreitas78@gmail.com

<sup>4</sup>Universidade do Estado do Rio de Janeiro – elainealves1301@gmail.com

## 1. INTRODUÇÃO

Episódios de frio extremo durante o inverno austral (Junho, Julho e Agosto – JJA) são eventos que impactam na saúde e na economia da sociedade. Na América do Sul, esses episódios produzem condições de congelamento (como episódios de geada intensa e/ou neve) desde o centro Argentino até o Sul do Brasil, portanto, tem motivado estudos numéricos de casos observados (GARREAUD, 1999).

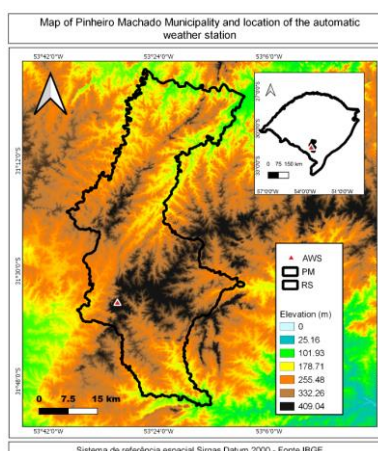
O Rio Grande do Sul (RS) apresenta uma vocação agrícola, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2019 os cereais de inverno tiveram alta em sua produção, chegando a um total de 7 milhões de toneladas no país, obtendo valor de produção de R\$ 4,9 bilhões.

Ter o conhecimento ainda, da origem e do comportamento sinótico dessas massas de ar frio extremo que adentram em território gaúcho tem sido um desafio importante na busca de melhor entender esses eventos.

Portanto, pretende-se com este trabalho analisar um caso extremo de Tmín no município de Pinheiro Machado, ocorrido em 05 de julho de 2019, analisar o comportamento sinótico desta condição e rastrear o caminho percorrido pela massa de ar.

## 2. METODOLOGIA

Foram utilizados dados diários de Tar de uma estação meteorológica particular, pertencente a empresa Sigma Meteorologia, localizada em Pinheiro Machado - PM - (31.58°S e 53.51°O), a 470m acima do nível médio do mar (Figura 1).



**Figura 1:** Mapa de PM e localização da estação meteorológica e o relevo da região.

O modelo HYSPLIT (*Híbrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory*) foi usado neste trabalho para realização da trajetória da massa de ar, que resultou no episódio de frio extremo estudado (SANTOS et al. 2019).

Para realizar o rastreamento de uma massa de ar utilizando o HYSPLIT, é preciso dar entrada com um ponto geográfico e a data de atuação da massa de ar nesse ponto, para que assim, seja realizado seu rastreamento. No presente estudo foi adotado o período de 120h antes de sua incursão e a data de atuação da massa de ar frio extremo, sendo 05 de julho de 2019.

Os dados para realizar a análise sinótica da onda de frio selecionada foram da reanálise ERA5, pertencente ao ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*) (HERSBACH et al. 2020).

As variáveis da análise sinótica serão analisadas em superfície: Tar, pressão atmosférica, vento a 10m, temperatura da superfície do mar (TSM) e cobertura de gelo marinho.

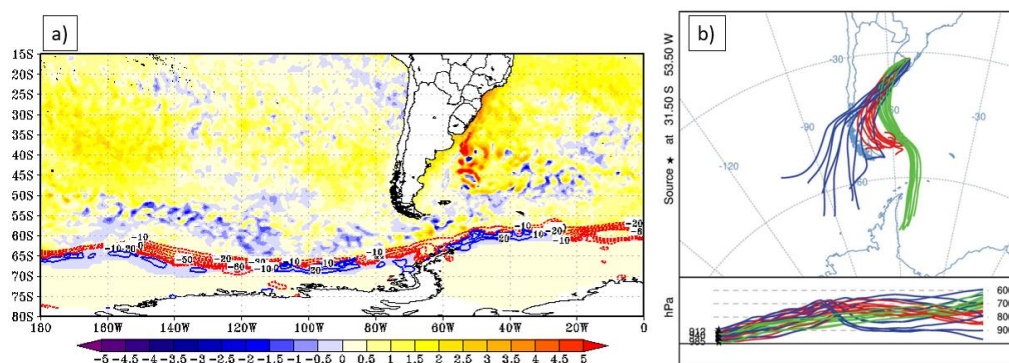
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira semana de julho de 2019 foi marcada por uma sequência de dias muito frios no município de PM (Tabela 1), registrando o valor mais baixo no dia 05/07 com  $-2.2^{\circ}\text{C}$ .

**Tabela 1:** Sequência de Tar no início de julho de 2019 em Pinheiro Machado.

| Estação Automática de Pinheiro Machado / Sigma Meteorologia |         |                        |                        |
|---|---------|------------------------|------------------------|
| Data  | Horário | TMín                   | TMax                   |
| 30.06   | -120h   | $9,7^{\circ}\text{C}$  | $16,6^{\circ}\text{C}$ |
| 01.07   | -96h    | $2,8^{\circ}\text{C}$  | $8,5^{\circ}\text{C}$  |
| 02.07   | -72h    | $2,8^{\circ}\text{C}$  | $14,4^{\circ}\text{C}$ |
| 03.07   | -48h    | $1,7^{\circ}\text{C}$  | $8,1^{\circ}\text{C}$  |
| 04.07   | -24h    | $0,2^{\circ}\text{C}$  | $6,9^{\circ}\text{C}$  |
| 05.07   | 0h      | $-2,2^{\circ}\text{C}$ | $4,9^{\circ}\text{C}$  |
| 06.07   | +24h    | $-2,1^{\circ}\text{C}$ | $7,2^{\circ}\text{C}$  |
| 07.07   | +48h    | $0,6^{\circ}\text{C}$  | $10,7^{\circ}\text{C}$ |

Entre o final de junho e início de julho de 2019, quando a massa de ar frio se deslocou das altas para as médias latitudes, a cobertura de gelo marinho se concentrava até  $67^{\circ}\text{S}$  no oceano Pacífico e  $59^{\circ}\text{S}$  no oceano Atlântico.



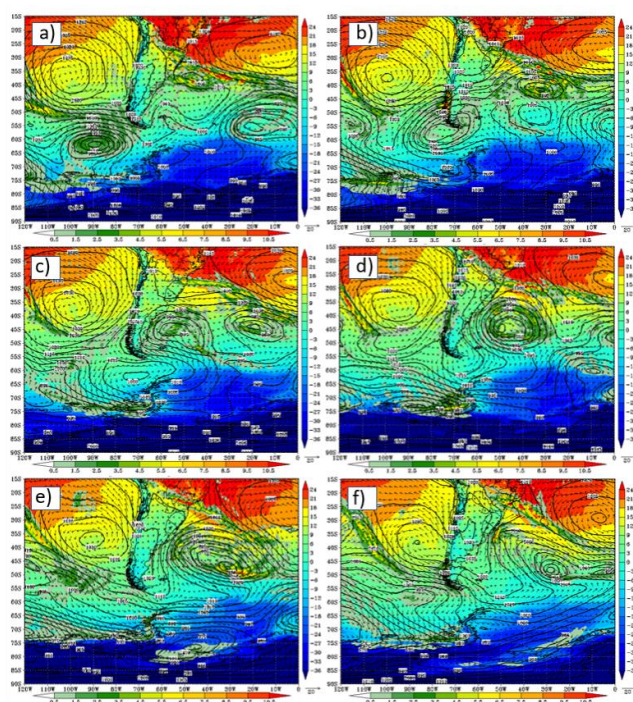
**Figura 2:** (a) Anomalia da cobertura de gelo marinho e TSM; (b) Rastreamento 120h da incursão da massa de ar frio sobre a área de estudo.

Desta forma, é possível analisar um avanço maior da cobertura de gelo marinho no Atlântico (condição climática esperada). Anomalias positivas da TSM ( $4$  a  $5^{\circ}\text{C}$ ) são observadas entre o sul do Brasil e as regiões litorâneas do Uruguai e Argentina, quando comparadas com a climatologia (Figura 2a).

Com o modelo HYSPLIT, obteve-se o rastreamento 120h antes da incursão de massa de ar frio na área de estudo (Figura 2b). É possível destacar o

escoamento meridional de sul para norte entre o mar de Weddell, a leste da Península Antártica e o RS, embora parte da composição dessa massa de ar frio também seja oriunda do mar de Bellingshausen, a oeste desta Península.

A 120h do pico da atuação dessa massa de ar frio (Figura 3a) ocorre entre o Uruguai e o RS (região de anomalia positiva na TSM) uma ciclogênese com valor de 1008hPa, associado ao avanço de uma frente fria no norte do Uruguai, do qual se acopla ao avanço de um outro sistema frontal no Atlântico. Na retaguarda desse sistema (frente fria) há um anticiclone pós-frontal associado de 1016hPa em torno de 43°S; 50°O.



**Figura 3:** Evolução do avanço da massa de ar frio sobre a região de estudo, os valores preenchidos é a Tar, preenchidos sobrepostos é a precipitação, vetores é o vento em superfície e as linhas é a pressão atmosférica ao nível médio do mar, onde (a) 30.06; (b) 01.07; (c) 02.07; (d) 03.07; (e) 04.07; (f) 05.07.

No dia seguinte, a 96h do pico da atuação dessa massa de ar frio (Figura 3b) o anticiclone associado ao sistema frontal avança e ganha intensidade, atingindo a região central da Argentina com 1024hPa. Entre o Pacífico e o Estreito de Drake um outro sistema frontal se organiza em torno de 50°S.

Faltando 3 dias da incursão da massa fria (Figura 3c) uma frente fria secundária, associada a um ciclone em oclusão de 988hPa avança e atinge a altura de 37° S sobre a Argentina.

A 48h do evento (Figura 3d), a frente fria secundária associada a um ciclone de 980hPa na altura de 46°S; 49°O avança e se encontra entre a Província de Santa Fé na Argentina, norte do Uruguai e sul do RS. O profundo ciclone de 980hPa na altura de 46°S; 49°O impulsiona um ar mais frio vindo sobretudo do extremo sul do oceano Atlântico, área anteriormente mencionada da qual possui maior cobertura de gelo marinho, estendendo-se até 59° S.

No dia do registro das menores temperaturas (Figura 3f), mínima e máxima, -2,2°C e 4,9°C, respectivamente, a alta pós-frontal se concentra sobre a Argentina

resultante de um pulso que avançou do oceano Pacífico e tem valor de 1028hPa, a crista associada avança em direção ao sul da Bolívia até o sul do Brasil.

Ventoso e nublado, este dia foi caracterizado por geadas advectivas entre a madrugada e primeiras horas do dia (de grande risco às culturas) e a nebulosidade presente favoreceu que as temperaturas não se elevassem muito.

Em estudos realizados por Aquino et al. (2006) constataram que padrões de circulação meridional entre o mar de Weddell e o RS estão diretamente ligados, com anomalias de até  $-3^{\circ}\text{C}$  de Tar no RS podendo perdurar entre 5 e 10 dias.

#### 4. CONCLUSÕES

Neste estudo analisou-se uma massa de ar frio de forte intensidade no município de Pinheiro Machado/RS. Na análise sinótica do caso, observou-se o avanço de duas frentes frias sobre a área de estudo e um ciclone profundo atingindo núcleo de 976hPa sobre o Atlântico Sul, do qual permitiu um fluxo meridional de ar frio desde o mar de Weddell até o RS, fluxo bastante visível na trajetória percorrida por essa massa de ar frio (Figura2b).

Este caso retratou semelhanças com o observado na literatura, com elementos considerados chaves na atuação, com o anticiclone de núcleo frio de superfície que se move no oceano Pacífico Sudeste, assim como o ciclone que se aprofunda sobre o oceano Atlântico Sudoeste, associado com anomalias negativas na cobertura de gelo marinho no Mar de Bellingshausen. As águas quentes, com anomalias de até  $5^{\circ}\text{C}$  na região de ciclogênese da América do Sul (Figura 2a) podem ter um papel importante no aprofundamento do ciclone que permitiu com seu giro horário esse fluxo de ar frio vindo de altas latitudes.

Estudos mais complexos e com um maior número de casos são necessários para melhores conclusões.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO, Francisco Eliseu Luciano et al. Conexões climáticas entre o Rio Grande do Sul e o mar de Weddell. **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2006. Disponível em: <[http://antartica.cptec.inpe.br/~rantar/publicacoes/200611\\_aquino\\_setzer\\_simoes\\_14sbm\\_et\\_3112.pdf](http://antartica.cptec.inpe.br/~rantar/publicacoes/200611_aquino_setzer_simoes_14sbm_et_3112.pdf)>. Acesso em: 09 fev. 2021.

DOS SANTOS, Elaine Alves et al. Associação entre poeira mineral e clima. **Terrae Didática**, v. 14, n. 1, p. 69-79, 2019.

GARREAU, R. D. **Cold air incursions over subtropical and tropical South America: A numerical case study**. Monthly Weather Review, v. 127, n. 12, p. 2823-2853, 1999.

HERSBACH, Hans et al. The ERA5 global reanalysis. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 146, n. 730, p. 1999-2049, 2020.

HYSPLIT, (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model). Disponível em: <<https://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>>. Acesso em: 24 set. 2020.

IBGE, Valor da produção agrícola nacional cresceu 5,1% e atingiu o recorde de R\$ 361 bilhões em 2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/valor-da-producao-agricola-nacional-cresceu-5-1-e-atingiu-o-recorde-de-r-361-bilhoes-em-2019>>. Acesso em: 19 out 2020.