



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

sid.inpe.br/mtc-mxx/aaaa/00.00.00.00-XXX

**ANÁLISE DE CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS  
POTENCIALMENTE ASSOCIADAS À OCORRÊNCIA DE  
GRANIZO EM SC.**

Victor André Deitos

Relatório de Iniciação Científica do programa PIBIC, orientada pela Dra. Izabelly Carvalho da Costa e coorientado pelo Dr. Wendell Rondinelli Gomes Farias.

URL do documento original:  
<<http://urlib.net/xx/yy>>

INPE  
São José dos Campos  
2023

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

---

Deitos, Victor André.  
Análise de condições atmosféricas potencialmente associadas à  
ocorrência de granizo em SC. / Victor André Deitos. - São José dos  
Campos: INPE, 2023.

Graduação em Meteorologia - Instituto  
Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2023

Orientador: Izabelly Carvalho da Costa.  
Coorientador: Wendell Rondinelli Gomes Farias

I. Análise de condições atmosféricas potencialmente associadas à  
ocorrência de granizo em SC.



Esta obra foi licenciada sob uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada.  
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License

## RESUMO

Granizo é um tipo de precipitação formado majoritariamente em nuvens frias, quando partículas de água em suspensão ascendem para níveis mais superiores da nuvem ultrapassando a altura de congelamento, gerando gotas congeladas que ganham peso e velocidade em sua queda. De acordo com pesquisas recentes, no Brasil os eventos de granizo são mais comuns na região sul do país e dentre os três estados do sul Santa Catarina é o estado onde há mais registros de ocorrência. Os eventos de granizo estão relacionados a uma série de problemas à população, como a destruição de plantações ou até mesmo de cobertura de casas. Usando dados provenientes de radiossondagem e reanálises do ERA 5, este estudo visa analisar parâmetros meteorológicos como, CAPE (Energia disponível para Convecção), cisalhamento do vento, CINE (Energia de Inibição Convectiva), de forma a entender as características do ambiente atmosférico antes da ocorrência dos eventos de granizo no estado de Santa Catarina. Como primeira etapa do trabalho verificou-se a qualidade dos perfis verticais de temperatura disponíveis nos dados de reanálise, para os casos particulares estudados de janeiro de 2021. As comparações entre os perfis verticais de temperatura, radiossondagem versus reanálise, indicaram um desvio padrão de  $0,66^{\circ}\text{C}$ . Para uma análise preliminar dos resultados foram confeccionados mapas em que foi possível observar que esses eventos apresentaram altura do nível de congelamento entre 3300 a 4000 m, cisalhamento do vento entre 3,1 a 6,4 kt, direção entre Sudeste e Sudoeste, valores de CAPE entre 2400 a 2800 J/kg e de energia de inibição entre 210 a 330 J/kg.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Área de estudo e os eventos de granizo que serão utilizados. Em vermelho os eventos de 2021 e em azul de 2022. Fonte: Autor.....4
- Figura 2: Comparação das linhas de temperatura em laranja a simulada e em azul a obtida por radiossondagem, às 12 horas UTC em 14/02/2021, para o Florianópolis. Fonte: Autor.....8
- Figura 3: Cisalhamento vertical do vento, para os níveis 700 hPa e 925 hPa às 18 horas UTC para o dia 14/02/2021, circulado em preto o município de Florianópolis. Fonte: Autor.....11
- Figura 4: Série temporal da água precipitável no dia do evento de granizo de 6 horas antes do evento até 3 horas depois. Fonte: Autor.....12
- Figura 5: Série temporal do K index no dia do evento de granizo de 6 horas antes do evento até 3 horas depois. Fonte: Autor.....12
- Figura 6: Série temporal do nível de condensação por levantamento no dia do evento de granizo de 6 horas antes do evento até 3 horas depois. Fonte: Autor.....12
- Figura 7: Série temporal do lift index no dia do evento de granizo de 6 horas antes do evento até 3 horas depois. Fonte: Autor.....13
- Figura 8: Série temporal do nível de condensação livre no dia do evento de granizo de 6 horas antes do evento até 3 horas depois. Fonte: Autor.....13
- Figura 9: Série temporal do MUCAPE no dia do evento de granizo de 6 horas antes do evento até 3 horas depois. Fonte: Autor.....13

## Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
2 DESENVOLVIMENTO.....	2
2.1 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.2 MATERIAL.....	3
2.2.1 Relatos de granizo.....	3
2.2.2 Reanálise ECMWF v5 (ERA5).....	5
3 MÉTODOS.....	5
3.1 VARIÁVEIS.....	5
3.2 Pré processamento de dados.....	6
4 RESULTADOS:.....	7
4.1 Parte 1 – Validação dos dados de reanálise do ERA5.....	7
4.3 parte 2 – Tabela e descrição geral dos casos.....	8
4.4 Parte 3 – Estudo de caso Florianópolis 14/02/2021.....	11
5 CONCLUSÃO.....	14
6 REFERÊNCIAS.....	16

## 1 INTRODUÇÃO

Nuvens se formam quando o ar se torna supersaturado, ou seja, a quantidade de vapor de água no ambiente é maior do que a que ele pode conter, o meio mais comum para a formação de nuvens é o resfriamento adiabático de uma parcela de ar ascendente. Nesse meio, as partículas iniciam a condensação que associadas a outras partículas em suspensão, formam nuvens (Wallace e Hobbs,2006).

Ainda de acordo com Wallace e Hobbs (2006), partículas de granizo se formam majoritariamente em nuvens frias, que por definição são aquelas em que seu topo apresenta temperaturas abaixo de 0°C e tem em sua composição partículas de água, partículas de água super resfriada e gelo, e são formadas quando partículas de água em suspensão ascendem devido a correntes de ar quente que fazem as mesmas subir acima da altura de congelamento, gerando gotas congeladas que ganham peso e velocidade através de correntes descendentes frias, completando assim o processo de formação do granizo. Allen et al.(2019), também cita três principais ingredientes para a geração de granizo, uma pequena partícula de gelo que serve como núcleo para um futuro crescimento denominada “embrião”, abundância de água super resfriada, ou seja, água líquida com temperatura abaixo de 0°C, que ao ser coletada pelo embrião provocará o crescimento da partícula e como último ingrediente o tempo para o crescimento do granizo.

No Brasil, os eventos de granizo não são raros, principalmente nos meses de transição entre o inverno e a primavera devido à alta instabilidade baroclínica na América do Sul nesse período (Sinclair, 1995). Marengo (2010) diz que os eventos de granizo nas regiões sul e sudeste do Brasil estão relacionados com a posição e intensidade do jato subtropical e do jato de baixo nível da América do Sul. Só no Brasil, entre 1991 e 2012, foram 1630 eventos (Martins et al. 2016), dos quais 533 (33%) ocorreram em Santa Catarina. Esses

impactam diretamente e indiretamente na vida dos catarinenses, tanto destelhando casas ou destruindo plantações.

## **1.1 OBJETIVOS**

Este estudo tem por objetivos:

- Avaliar e quantificar o grau de influência que algumas variáveis meteorológicas exercem sobre os eventos de granizo no estado de Santa Catarina;
- Analisar e discutir parâmetros meteorológicos específicos para o estado de Santa Catarina, a partir de dados de Reanálise para períodos de 2021 e 2022 com grande número de ocorrência de eventos de granizo, tendo como base os dados coletados e validados pela PREVOTS (Ribeiro et al., 2022).

## **2 DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 REVISÃO DE LITERATURA**

Wallace e Hobbs (2006) caracterizam a formação de uma nuvem com base em uma atmosfera supersaturada, e tendo como método mais comum para formação das mesmas o resfriamento adiabática de uma parcela de ar ascendente, que nesse meio, tem suas partículas se condensando junto de outras partículas em suspensão. Também de acordo com os autores, o granizo é um fenômeno meteorológico que ocorre quando gotículas de água são transportadas verticalmente dentro de uma nuvem fria e congelam acima da isoterma de 0°C. À medida que essas gotículas congeladas são carregadas pela corrente ascendente da nuvem, elas acumulam camadas sucessivas de gelo, em um processo conhecido como acreção, até que se tornam muito pesadas para serem mantidas suspensas pela corrente ascendente e caem em direção ao solo.

Allen et. al (2019), explicam o granizo como uma forma de precipitação sólida que se origina em nuvens de tempestade convectivas, principalmente nuvens cumulonimbus. A formação do granizo ocorre quando gotas de água dentro da nuvem são levadas para cima por correntes ascendentes de ar e

atingem altitudes onde a temperatura é abaixo de 0°C. As gotas de água congelam e se aglutinam, formando núcleos de gelo que podem crescer em tamanho ao coletar mais água congelada. À medida que o granizo cresce, ele é mantido em suspensão pela corrente ascendente de ar até que eventualmente se torne grande demais e caia ao solo confirmando os estudos de Wallace e Hobbs (2006) e de Martins et al (2016) sobre formação dos eventos de granizo e sua intensificação.

A maioria dos eventos de granizo no Brasil estão associados com nuvens do tipo cumulonimbus, estas são nuvens densas e carregadas eletricamente. Além disso, as regiões onde ocorrem eventos frequentes de granizo também são aquelas que apresentam uma alta variabilidade climática, com a ocorrência de mudanças repentinas no tempo, como sistemas frontais e tempestades. Isso sugere que fatores temporais como a temperatura do ar, a umidade e a pressão atmosférica, podem ter um papel importante na ocorrência e intensidade de eventos de granizo (Martins et al., 2016).

Punge e Kunz (2016) aborda a distribuição geográfica do granizo na Europa, observando que eventos mais frequentes ocorrem em áreas onde o clima é caracterizado por uma grande variabilidade sazonal e diária. Regiões montanhosas e de planícies também tendem a experimentar mais eventos de granizo devido às condições topográficas que favorecem a formação de nuvens convectivas, sugerindo que a distribuição geográfica do granizo é influenciada por fatores climáticos e topográficos.

## **2.2 MATERIAL**

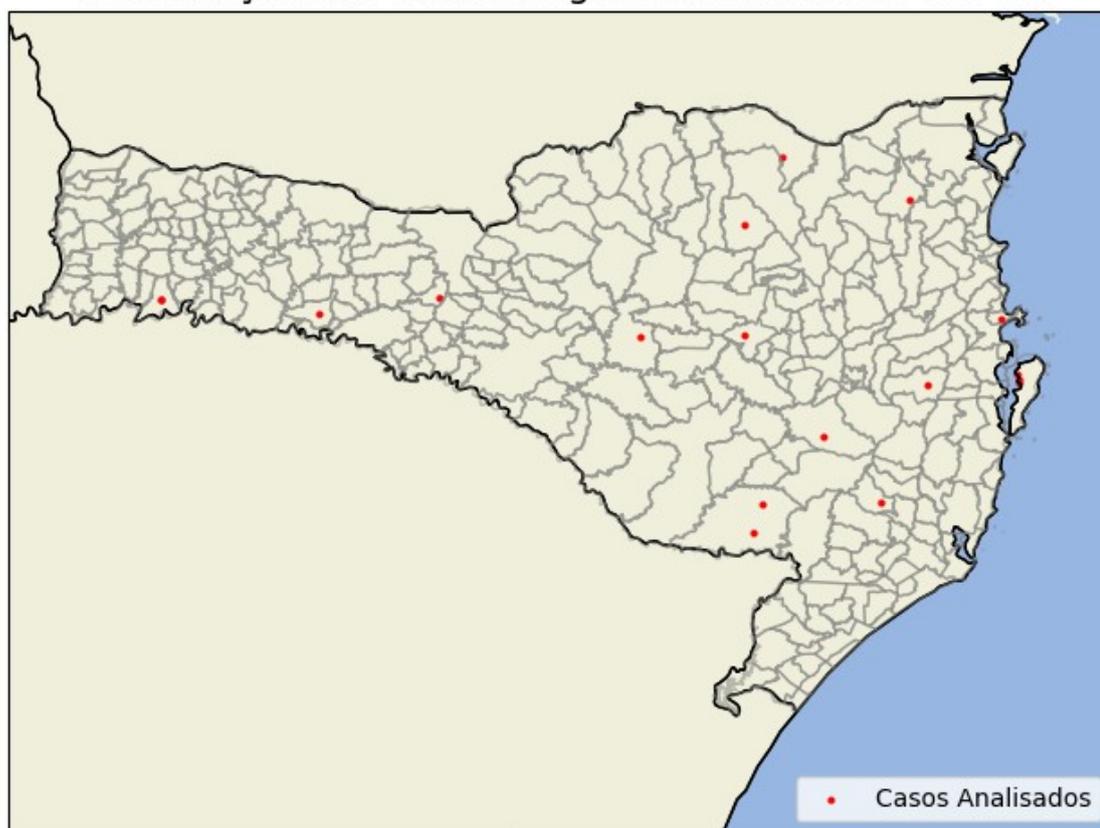
### **2.2.1 Relatos de granizo**

Os dados mais precisos sobre eventos de granizo são os que possuem confirmação visual, pois esses eventos costumam ter pequenas áreas de impacto (Martins et al.2016), portanto analisamos casos onde houve a confirmação visual do granizo através de relatos nos noticiários locais, mídias sociais e observadores voluntários. Esses relatos são coletados e validados pela PREVOTS (Ribeiro et al., 2022). Baseado nesses relatos temos os

horários e locais onde eventos de granizo ocorreram no estado de Santa Catarina, para o período de 2021 a 2022, podendo assim realizar a validação dos dados obtidos por reanálise, e quando possível, comparando-os com dados obtidos por radiossondagens disponíveis no site da Universidade de Wyoming (Universidade de Wyoming, 2023).

Os dados da PREVOTS são dispostos em uma tabela com informações relevantes como localização em coordenadas geográficas dos relatos de granizo, horários aproximados e intensidade, os mesmos foram utilizados para confeccionar a figura 1 que mostra nossa região de estudo, e a distribuição dos eventos registrados nos anos de 2021 e 2022. Nota-se que os eventos estão presentes em todo estado, porém com mais casos nas regiões litorâneas e no oeste do estado.

### Distribuição dos casos de granizo estudados em SC



*Figura 1: Área de estudo e os eventos de granizo que serão utilizados. Em vermelho os eventos de 2021 e em azul de 2022. Fonte: Autor*

### **2.2.2 Reanálise ECMWF v5 (ERA5)**

Os dados de reanálise foram disponibilizados pelo ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) na base de dados ERA5 (quinta geração da reanálise do ECMWF para o clima e tempo global para as últimas 8 décadas) (Hersbach et al.,2023). Os dados do ERA5 possuem resolução temporal horária, espacial de  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$  (~25 km) e vertical de 37 níveis de pressão com cobertura global, obtidos através do portal da Fundação Copernicus (Copernicus Climate Change Service, 2023), responsável por serviços de informação que se baseiam na observação da Terra por satélite e dados não espaciais, além dos dados a fundação também disponibiliza guias de utilização e informações relevantes sobre todas as variáveis disponíveis.

## **3 MÉTODOS**

Santa Catarina está localizado na região sul do Brasil, com bastante influência de instabilidade baroclínica nos meses de inverno que para Sinclair (1995) está relacionado com a ocorrência de tempestades associadas com sistemas frontais e ciclones extratropicais. na região ciclogênica da América do Sul (45-15S e 60-20L).

Para plotagem dos dados utilizou-se a linguagem de programação python e os pacotes, xarray e numpy, para manipular os dados disponibilizados pelo ECMWF e dispo de outros pacotes como matplotlib e cartopy para gerar gráficos e mapas da região de estudo. Buscando padrões na intensidade e geração dos eventos de granizo. Usufruindo também das ferramentas do pacote MetPy para confeccionar gráficos no estilo skew-t para os diferentes horários, partindo de 6 horas antes do evento de granizo, registrado pela tabela do PREVOTS, até 3 horas após o evento.

### **3.1 VARIÁVEIS**

As variáveis meteorológicas analisadas neste trabalho são:

- MUCAPE (Most Unstable Convective Available Potential Energy) que representa a quantidade de energia potencial disponível para o máximo de temperatura potencial disponível (NOAA, 2023);
- CAPE (Convective Available Potential Energy)
- Altura do nível de congelamento ou altura da isoterma de 0 °C;
- Água precipitável, ou seja, quantidade de água presente num segmento vertical da atmosfera caso todo vapor de água se condensasse e precipitasse;
- Cisalhamento do vento definido como uma diferença dos vetores de vento em níveis de pressão diferentes da atmosfera;
- Taxa vertical de variação da temperatura.

### 3.2 Pré processamento de dados

Para calcular as diferentes variáveis foram usadas as funções pré definidas do MetPy seguindo as seguintes equações:

- Água Precipitável:

$$\frac{-1}{\rho l g} \int_{p_{bottom}}^{p_{top}} r dp \text{ (SALBY, 1996)}$$

- MUCAPE:

Calculado através da energia potencial convectiva disponível (CAPE) de um determinado perfil e o caminho da parcela mais instável. O CAPE está integrado entre o LFC (Level of free convection ou em português nível de condensação livre) e o EL (Equilibrium level ou nível de equilíbrio). Os pontos de interseção entre o perfil da temperatura medida e do perfil da parcela mais instável são interpolados logaritmicamente.

- Taxa vertical de variação da temperatura (tvvt):

Inicialmente calculando a altura diretamente do valor em hectopascal seguindo à equação da NOAA:

$$h(ft) = 145366.451 \left[ 1 - \left( \frac{\text{pressão}}{1013.250} \right)^{0.190284} \right] \times 145366.45$$

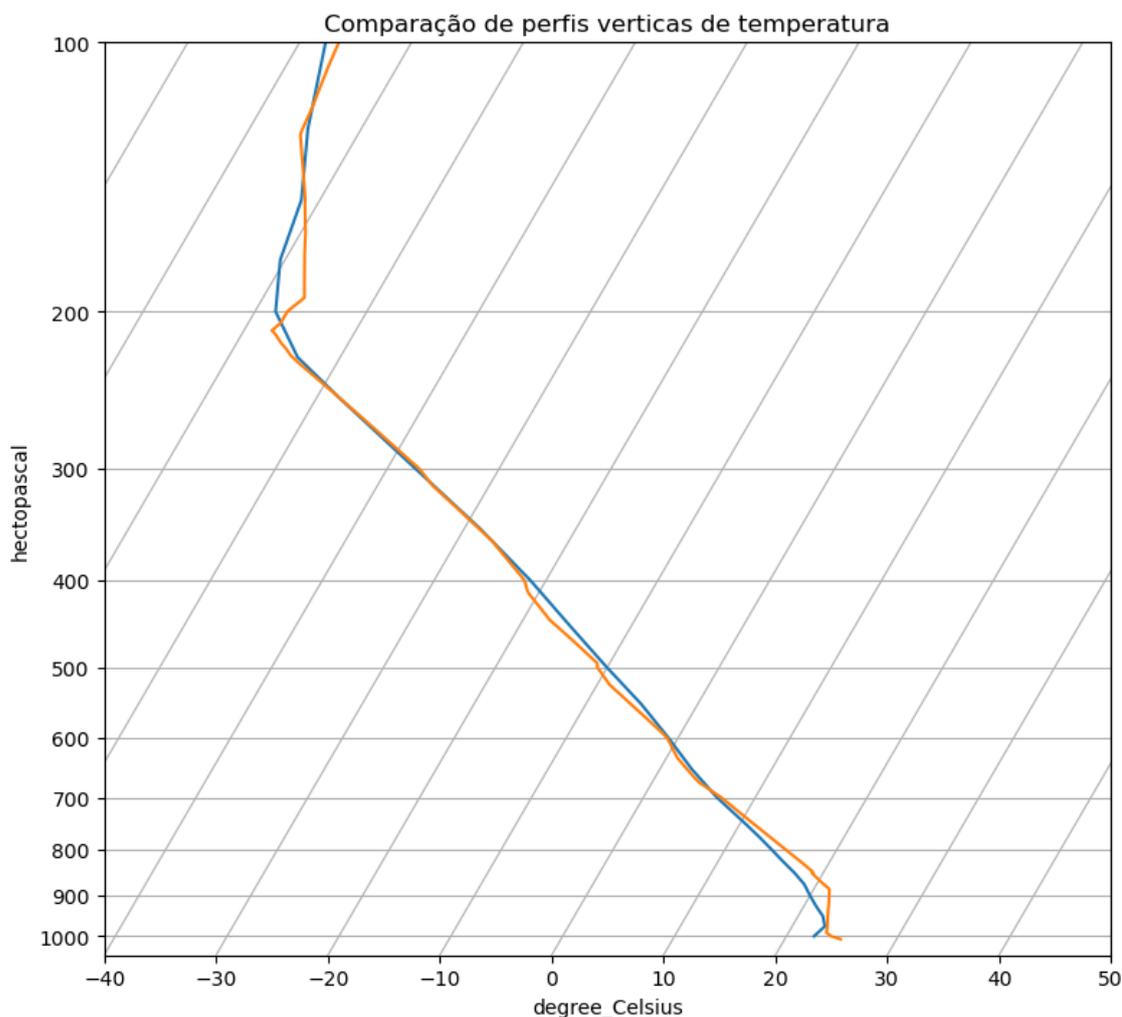
$$h(m) = h(ft) \times 0.3048$$

#### **4 RESULTADOS:**

O item resultados está dividido em três partes: validação dos dados do ERA5, pois antes de propriamente analisar os casos de granizo em Santa Catarina se fez necessária uma validação dos dados do ERA5 devido à deficiência de radiossondagens no estado tendo apenas uma estação localizada em Florianópolis e que faz coleta de dados em apenas 2 momentos do dia, dificultando assim análises mais precisas dos eventos de granizo. Tabela de casos gerais, onde serão descritos os casos gerais e estudo de um caso específico onde será descrito o que foi realizado para destrinchar todos os casos.

##### **4.1 Parte 1 – Validação dos dados de reanálise do ERA5**

Nesta etapa foi feita a validação das radiossondagens simuladas usando como objeto de comparação a estação de Florianópolis, estes apresentaram um desvio padrão de 0,66°C entre eles, o que é um resultado satisfatório permitindo assim o uso dos dados de radiossondagem para a próxima parte.



*Figura 2: Comparação das linhas de temperatura em laranja a simulada e em azul a obtida por radiossondagem, às 12 horas UTC em 14/02/2021, para o Florianópolis. Fonte: Autor*

### **4.3 parte 2 – Tabela e descrição geral dos casos**

Na tabela abaixo se encontram os casos estudados e algumas informações como local, data, tamanho da pedra de granizo, MUCAPE, água precipitável presente na atmosfera, tvvt(taxa vertical da variação de temperatura) e altura de isoterma de 0°C em hPa.

Cidade	Data	Tamanho (cm)	MUCAP E (J/kg)	água precipitada (mm)	tvvt (°C/Km)	altura da isoterma de 0°C (hPa)
--------	------	--------------	----------------	-----------------------	--------------	---------------------------------

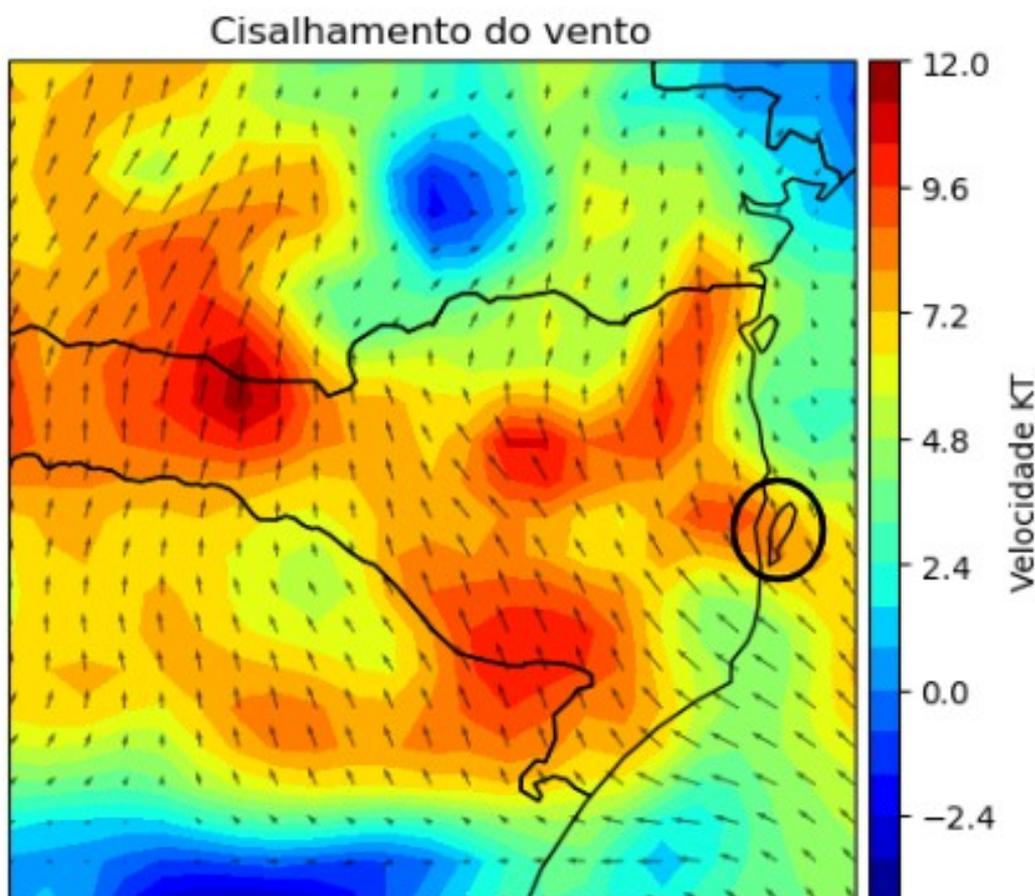
Bom Retiro	02/01/2 021	4	1200	38	6,50	600
Pouso Redondo	02/01/2 021	8	1500	50	6,48	650
Florianópolis	14/02/2 021	6	3000	50	6,12	625
Santa Terezinha	14/02/2 021	6	3000	48	6,00	625
São Joaquim	09/03/2 021	6	750	38	5,73	650
Porto Belo	10/03/2 021	6	550	45	6,90	650
Seara	25/03/2 021	3	3000	52	6,81	600
Mafra	29/05/2 021	4	1750	40	5,85	625
Palmitos	08/06/2 021	3	2000	40	5,86	650
São Joaquim	18/08/2 021	3	2750	45	6,54	625
Curitibanos	19/09/2 021	4	3000	60	6,33	600
Catanduvas	29/10/2 021	6,4	1750	40	6,71	625
Jaraguá do Sul	26/12/2 021	6	1000	58	5,91	625
Grão-Pará	13/01/2 022	3	1200	50	6,29	600

*Tabela 1: valores de tamanho da pedra de granizo, MUCAPE, tvvt, água precipitável e altura da isoterma de 0°C para alguns dos casos analisados.*

Observa-se que para os casos analisados, os valores de MUCAPE foram superiores a 1000 J/Kg, a altura da isoterma de 0°C variou de 650 hPa até 600 hPa observa-se também que a menor curva de pressão relacionada com um evento de granizo foi em 650 hpa aproximadamente 3500 metros, valores de taxa de variação vertical da temperatura considerados os de uma adiabática úmida.

#### 4.4 Parte 3 – Estudo de caso Florianópolis 14/02/2021

Em 14/02/2021 aproximadamente às 18:00 UTC ocorreu um evento de granizo em Florianópolis. O caso foi registrado e catalogado pela PREVOTS, com tamanho das pedras de granizo registrado de até 6 cm. O ambiente para formação desse fenômeno será analisado a partir dos mapas e gráficos abaixo.



*Figura 3: Cisalhamento vertical do vento, para os níveis 700 hPa e 925 hPa às 18 horas UTC para o dia 14/02/2021, circulado em preto o município de Florianópolis. Fonte: Autor*

Na imagem acima se observa que na região do caso a intensidade era maior que 7,2KT e de direção sudeste.

As seguintes figuras 4, 5, 6, 7, 8 e 9 apresentam séries temporais da água precipitável, índices K, Lifted, LCL(Lifted Condensation Level ou em português nível de condensação por levantamento), LFC e MUCAPE. Observando-as pode-se notar valores de índice K acima de 30 que representa potencial para tempestades severas e o valores de lift baixos chegando até -8 que representa uma atmosfera muito instável. nota-se também que o índice que sinalizam a base da nuvem, o LCL está baixo, cerca de 900 hPa, aproximadamente 1000m. MUCAPE com valores que chegam a 3000J/Kg considerado um valor alto que representa uma atmosfera muito volátil que pode produzir tempestades severas.

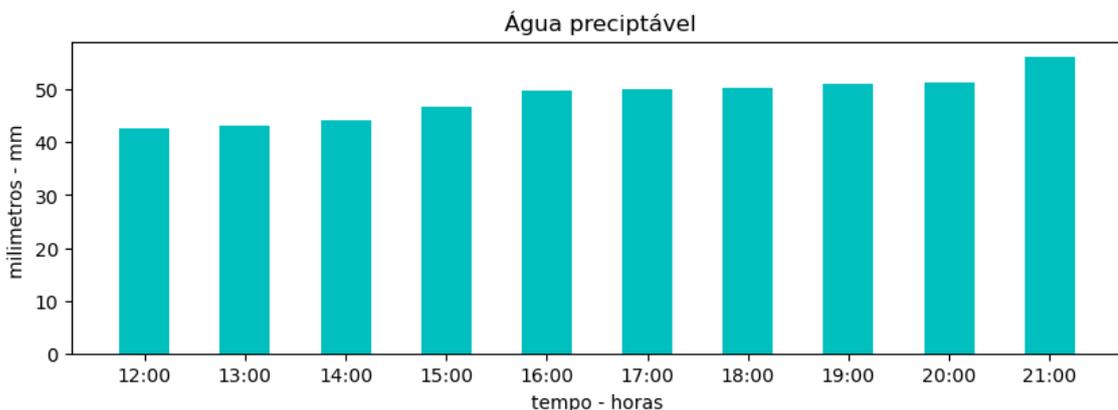


Figura 4: Série temporal da água precipitável no dia do evento de granizo de 6 horas antes do evento até 3 horas depois. Fonte: Autor

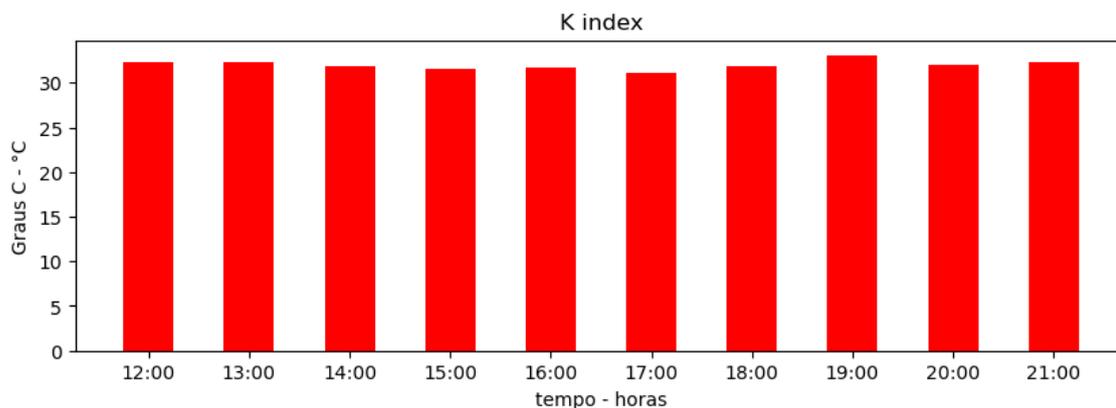


Figura 5: Série temporal do K index no dia do evento de granizo de 6 horas antes do evento até 3 horas depois. Fonte: Autor

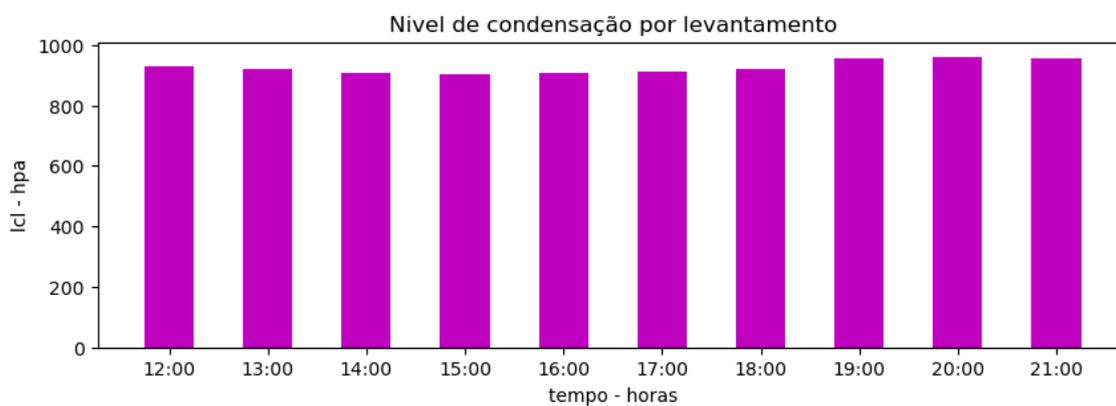


Figura 6: Série temporal do nível de condensação por levantamento no dia do evento de granizo de 6 horas antes do evento até 3 horas depois. Fonte: Autor

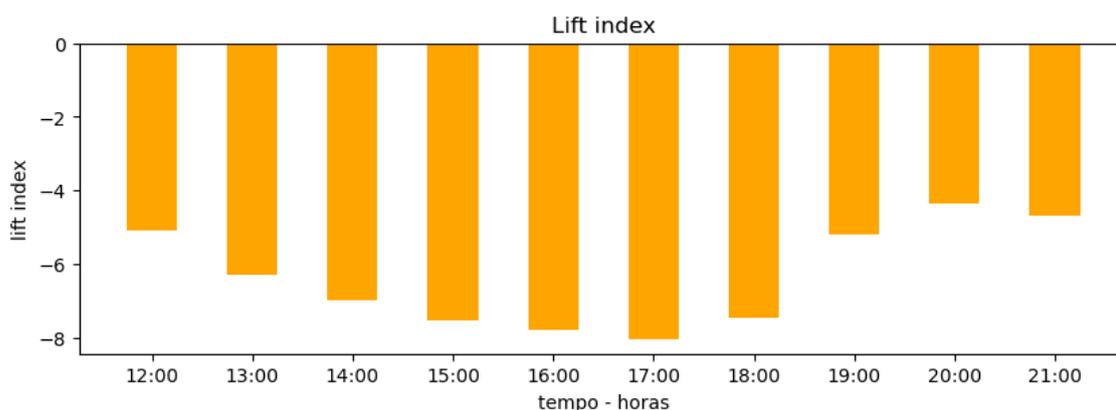


Figura 7: Série temporal do lift index no dia do evento de granizo de 6 horas antes do evento até 3 horas depois. Fonte: Autor

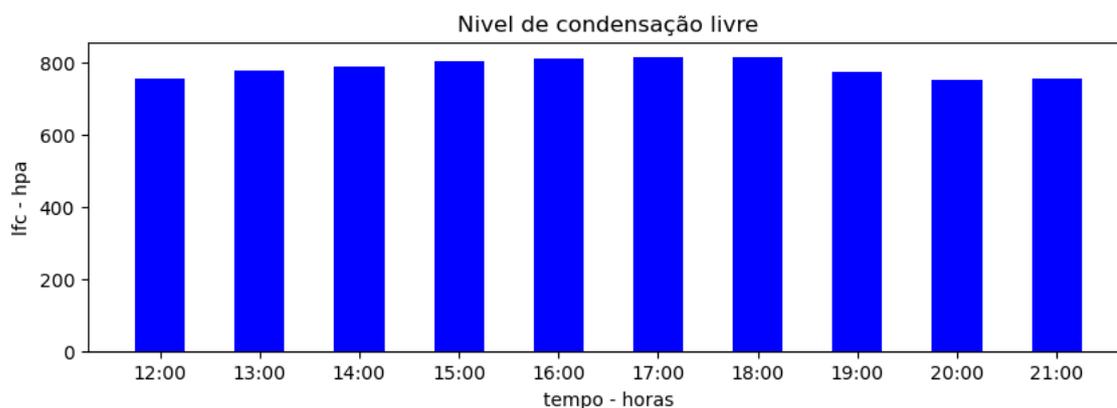


Figura 8: Série temporal do nível de condensação livre no dia do evento de granizo de 6 horas antes do evento até 3 horas depois. Fonte: Autor

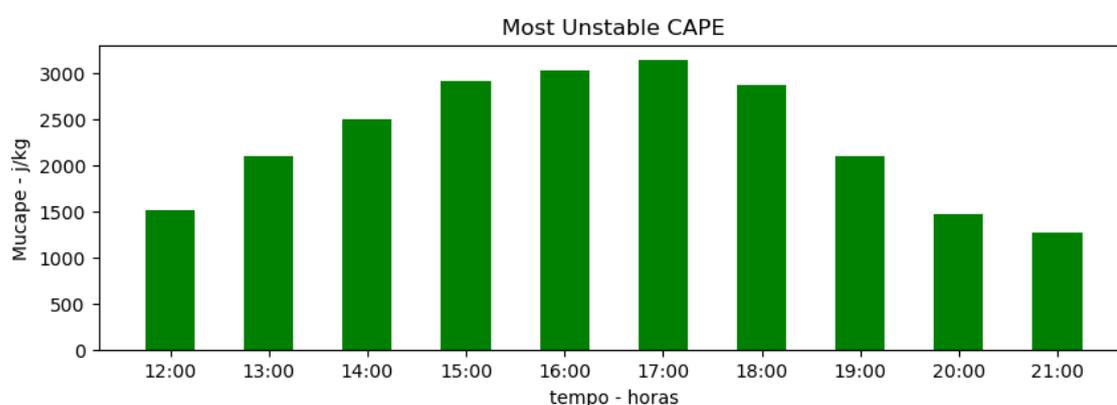


Figura 9: Série temporal do MUCAPE no dia do evento de granizo de 6 horas antes do evento até 3 horas depois. Fonte: Autor

## 5 CONCLUSÃO

Por meio dos testes e análises realizados podemos concluir que as tempestades severas com ocorrência de granizo em Santa Catarina analisadas possuem majoritariamente valores de MUCAPE maiores que 1000 J/Kg, uma atmosfera geralmente instável e alto cisalhamento. Se observa também que a altura da isoterma de 0°C variou de 650 hPa até 600 hPa e que a menor curva de pressão relacionada com um evento de granizo foi em 650 hPa

aproximadamente 3500 metros, valores de taxa de variação vertical da temperatura considerados os de uma adiabática úmida..

## 6 REFERÊNCIAS

ALLEN, John T. *et al.* **Understanding Hail in the Earth System**. Online: Reviews of Geophysics, 2019.

Bruno Ribeiro, SUNY Albany, Albany, NY; and G. Schild, L. Santos, E. L. Nascimento, M. Lopes, V. Goede, L. D. O. dos Santos, I. Costa, V. Ferreira, M. Oliveira, J. Telles, and L. Furlan. **30SLS The Brazilian severe storm reports database: methodology and a preliminary climatology**, 2022. Disponível em: <https://ams.confex.com/ams/30SLS/meetingapp.cgi/Paper/407158>. Acesso em: Abril de 2023.

Climatology. Published online in Wiley Online Library ([wileyonlinelibrary.com](http://wileyonlinelibrary.com))  
DOI: 10.1002/joc.2254

Copernicus Climate Change Service, Climate Data Store. **ERA5 hourly data on pressure levels from 1940 to present**, 2023. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS), DOI: [10.24381/cds.bd0915c6](https://doi.org/10.24381/cds.bd0915c6) (Accessed on december 2022)

Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Biavati, G., Horányi, A., Muñoz Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Rozum, I., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Dee, D., Thépaut, J-N. (2023): ERA5 hourly data on pressure levels from 1940 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS), DOI: [10.24381/cds.bd0915c6](https://doi.org/10.24381/cds.bd0915c6) (Accessed on december 2022)

MARENGO, J. A.; Liebmann, B.; Grimm, A.M.; Misra, V.; Silva Dias, P. L.; Cavalcanti, I. F. A.; Carvalho, L. M. V.; Berbery, E. H.; Ambrizzi, T.; Vera, C. S.; Saulo, A. C.; Nogues-Paegle, J.; Zipser, E.; Sethk, A.; Alves, L. M., 2010.

**Review Recent developments on the South American monsoon system.**

International Journal of

MARTINS, Jorge A. **Climatology of destructive hailstorms in Brazil.**

Atmospheric Research, cidade, v. 184, n. 1, p. 126-138, Fevereiro, 2017.

NOAA(NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION). **Help-MUCAPE/LPL Height**, 2023. Descrição das variáveis atmosféricas MUCAPE e

LPL. Disponível em:

[www.spc.noaa.gov/exper/mesoanalysis/help/help\\_mucp.html](http://www.spc.noaa.gov/exper/mesoanalysis/help/help_mucp.html). Acesso em:

Janeiro de 2023.

NOAA(NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION).

**Pressure Altitude**, 2023. Disponível em:

<<https://www.weather.gov/media/epz/wxcalc/pressureAltitude.pdf>>.

PUNGE, H.J, KUNZ, M. **Hail observations and hailstorm characteristics in**

**Europe: A review.** Online: Atmospheric Research, 2016.

SALBY, M. L. **Fundamentals of Atmospheric Physics.** [s.l.] Elsevier, 1996.

SINCLAIR, Mark R. **A climatology of cyclogenesis for the south america.**

Wellington, New Zealand: Instituto Nacional de Água e Pesquisa Atmosférica, 1995.

UNIVERSIDADE DE WYOMING. **Department of Atmospheric Science**, 2023.

Repositório de dados de radiossondagem. Disponível em:

<https://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>. Acesso em: Janeiro de 2023.

WALLACE, Jhon M. **Atmospheric science an introductory survey.** 2.ed.

Washington: Elsever,2006.