

# ESTUDO DAS TEMPESTADES DA PRIMAVERA AUSTRAL DE 2014 NA REGIÃO SEAM

Tuanny Steffane Rodrigues<sup>1</sup>, Mário Francisco Leal de Quadro<sup>2</sup>, Camila de Souza Cardoso<sup>1</sup>, Jeferson P. Machado<sup>2</sup>, Gabriel Luan Rodrigues<sup>1</sup>, Lourenço Alves de Paula<sup>2</sup>, Natália Martins Costa<sup>2</sup>

[tuannysr@gmail.com](mailto:tuannysr@gmail.com)

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Catarina

<sup>2</sup>Instituto Federal de Santa Catarina

## RESUMO

A região Sudeste da América do Sul (SEAM) é conhecida pela alta frequência de eventos meteorológicos, tendo os sistemas frontais como os principais causadores de chuva. Este trabalho tem por objetivo identificar a ocorrência de tempestades nessa região, associando-as aos sistemas meteorológicos presentes, através das informações do METAR e dados de precipitação do CPC/NCEP, durante a primavera austral de 2014. Os resultados encontrados mostram que os sistemas frontais estiveram presentes durante o período de estudo e o aquecimento diurno influencia tanto no maior registro de ocorrência de tempestades, bem como no deslocamento característico dos sistemas atmosféricos.

## ABSTRACT

The Southeast region of South America (SEAM) is known for the high frequency of weather events, with the frontal systems as the main cause of rain. This study aims to identify the occurrence of storms in this region, linking them to the present weather systems through information METAR and precipitation data CPC/NCEP, during the austral spring of 2014. The results show that the frontal systems were present during the study period and the daily warming influences both the largest registry of storms as well as the characteristic movement of weather systems.

**Palavras-chave: Metar, fenômenos, trovoadas.**

## 1) INTRODUÇÃO

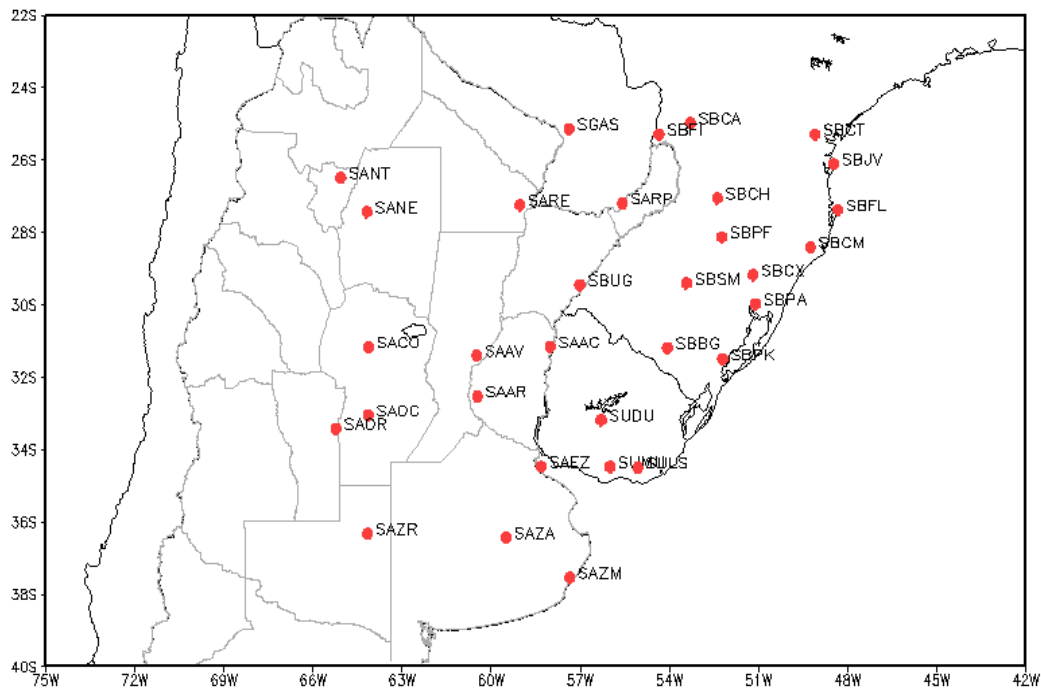
A intensidade e a frequência das tempestades convectivas dependem muito da região geográfica e das condições atmosféricas. Uma região conhecida pela elevada frequência de eventos meteorológicos severos associados com intensa precipitação é o Sudeste da América do Sul (SEAM), que abrange o centro-norte da Argentina, Uruguai, parte do Sul do Brasil e do Paraguai (Brooks et al., 2003; Salio et al., 2007; Teixeira e Satyamurty, 2007). Nesta região a primavera é o período com maior ocorrência de sistemas capazes de provocar severidade.

Os sistemas frontais são os principais causadores de chuva na região SEAM, apresentando um deslocamento de sudoeste para nordeste e, ao cruzar latitudes em torno de 35°S, tendem a ter trajetória meridional (Lemos e Calbete, 1986; Rodrigues et al, 2004). Além desses, os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) são responsáveis por intensificar os volumes pluviométricos durante a estação de maior atividade convectiva dos trópicos e latitudes médias (Silva Dias, et al. 2009). Em geral, os CCMs se formam entre o norte da Argentina, sul da Bolívia e Oeste do Paraguai e migram em direção ao centro-leste Argentino, sul do Paraguai e oeste da região Sul do Brasil (Figueiredo e Scolar, 1996 *apud* Reboita et al., 2010a).

O objetivo geral deste estudo é identificar as ocorrências de tempestades na região SEAM (Sul do Brasil, centro-norte da Argentina, Uruguai e Paraguai) através de dados de mensagens METAR durante a primavera austral de 2014, identificando os sistemas sinóticos causadores destes fenômenos.

## 2) METODOLOGIA

O estudo sazonal ocorreu entre os dias 09 de outubro e 23 de dezembro de 2014, na região SEAM (centro-norte da Argentina, Uruguai, parte do Sul do Brasil e do Paraguai). Foram utilizados os dados horários de mensagens METAR e SPECI de 34 aeroportos da região escolhida (Figura 1), obtidos através do site do NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) (NOAA, 2014). Com o objetivo de identificar as ocorrências de tempestades nas mensagens METAR, foi selecionado o fenômeno “trovoada com precipitação”, através da sigla TSRA (abreviatura padrão adotada pela ICAO - *International Civil Aviation Organization*). Através destes dados, calculou-se a somatória horária (ciclo diurno) e diária do número de registros do fenômeno TSRA para os 34 aeroportos.



**Figura 1: Localização dos 34 aeroportos utilizados para coleta dos dados das mensagens METAR e SPECI.**

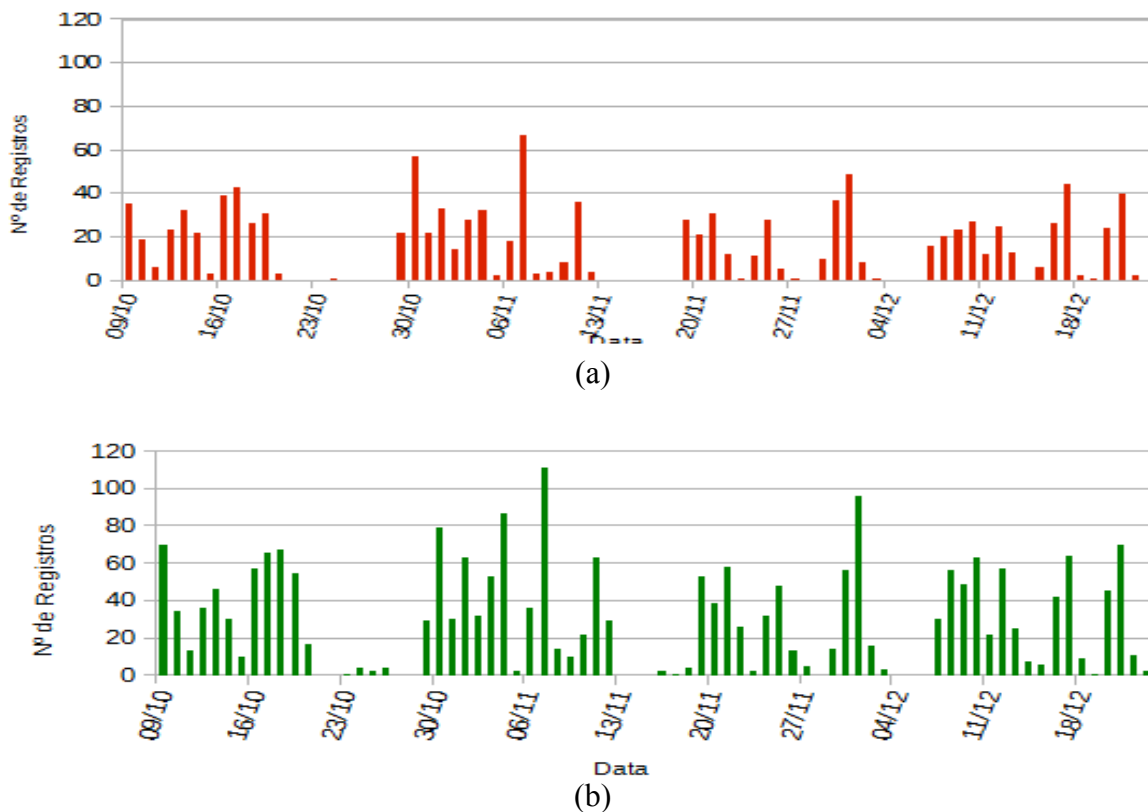
Visando uma verificação dos registros do código METAR, foram utilizados dados diários de precipitação do conjunto de dados do CPC (*Climate Prediction Center*) pertencente ao NCEP (*National Centers for Environmental Prediction*) (CHEN et al 2008). A partir desses dados calculou-se a média diária da precipitação apenas nos pontos com registros igual ou acima de 0,5 mm/dia da região analisada, descartando dessa média os pontos onde não foi registrada precipitação significativa (abaixo de 0,5 mm/dia). O objetivo desta análise é de comparar o volume de precipitação acumulado durante o

período de estudo com os registros do número total do fenômeno reportado nas mensagens METAR e SPECI.

A análise sinótica foi realizada através de campos atmosféricos de pressão e vento em superfície, altura geopotencial em 500 hPa e linhas de corrente e magnitude do vento em 200 hPa, gerados a partir de dados da Reanálise I do NCEP/NCAR (*National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research*) os quais possuem uma resolução espacial de 2,5° de lat/lon (Kalnay et al., 1996) e uma resolução temporal de quatro tempos diários (00, 06, 12 e 18Z), não mostrados neste trabalho em função do extenso número de campos analisados. As análises foram complementadas com a descrição dos casos significativos de cada mês e imagens do satélite GOES 13, no canal infravermelho realçado, disponíveis no site do CPTEC/INPE (CPTEC, 2014).

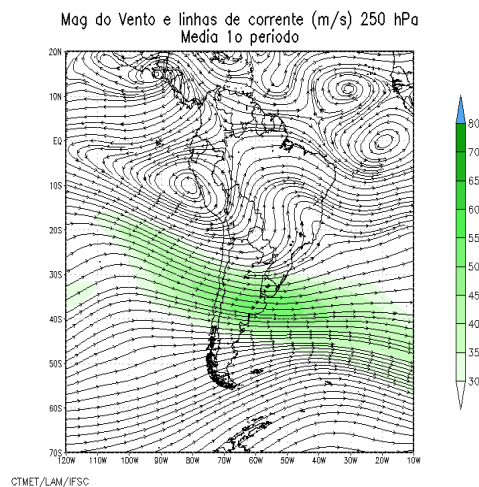
### 3) RESULTADOS

A partir dos dados das mensagens METAR dos aeroportos da SEAM identificou-se quatro períodos com forte atividade convectiva na região, que são apresentados na Figura 2a, a qual mostra a distribuição temporal do número de ocorrências diárias apenas do fenômeno TSRA. Já a figura 2b mostra os registros de todos os eventos de trovoadas: TS, TSRA, TSGR, VCTS e RETS, observa-se que os quatro períodos identificados na figura anterior persistem, porém os registros do total de trovoadas têm um aumento significativo em relação ao registro de trovoadas com precipitação.



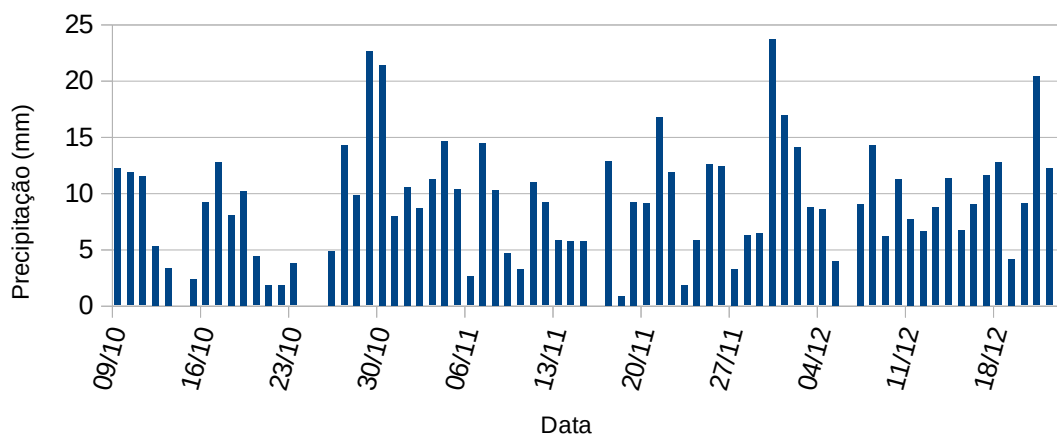
**Figura 2: Número de registros diário do fenômeno TSRA (a) e TS, TSRA, TSGR, RETS e VCTS (b) na região SEAM no período de 09/10/2014 a 23/12/2014**

Entre os dias 09 e 19/10/14, primeiro período, a região ficou sob a atuação frequente de sistemas frontais e cavados em superfície. Além disso, o Jato Subtropical ficou caracterizado com fluxo zonal na SEAM (figura 3), o que configurou a permanência da instabilidade termodinâmica nessa região.



**Figura 3: Campo médio de magnitude do vento e linhas de corrente (m/s) em 250 hPa, para o primeiro período (09 a 19/10/2014)**

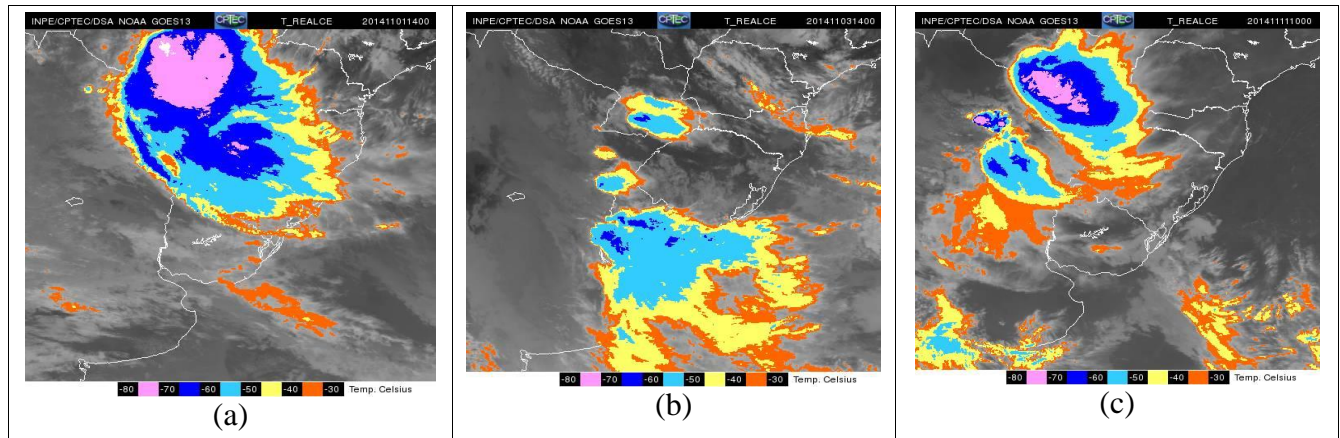
O segundo período com uma nova sequência de registros de TSRA iniciou no final de outubro, associados à formação de uma frente fria na Argentina que avançou em direção ao Sul do Brasil provocando chuva intensa na cidade de Buenos Aires e ventos fortes no Rio Grande do Sul (RS) (CPTEC, 2014). A Figura 4 mostra que, no início do segundo período, a média de precipitação na região foi bastante expressiva, registrando em torno de 22 mm nos dias 29 e 30/10. Este volume torna-se representativo pelo fato de ser uma média de uma ampla área (descrita no item 2).



**Figura 4: Precipitação média diária (mm) nos pontos de grade onde houve registro de precipitação acima de 0,5 mm, na região SEAM, no período de 09/10/2014 a 23/12/2014**

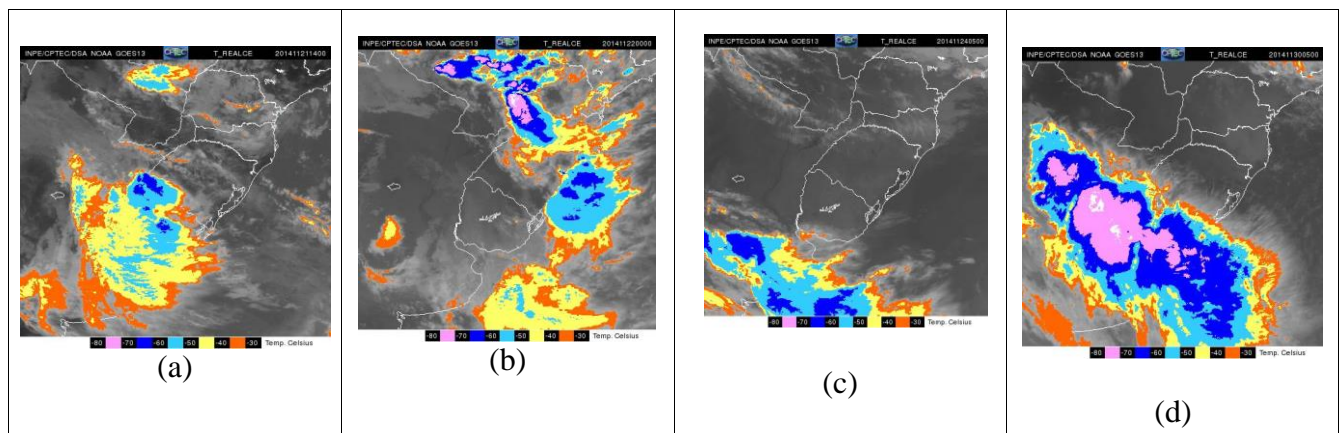
No dia 01/11 um CCM atuou entre nordeste da Argentina, sul do Paraguai e oeste do Sul do Brasil, que se dissipou no dia posterior (figura 5a). Entre os dias 03 e 04/11 um processo de ciclogênese (formação e deslocamento) entre a Argentina e Uruguai, ilustrados na figura 5b, instabilizou a atmosfera favorecendo o registro TSRA nos aeroportos da região até o dia 05/11. Após a passagem da banda

frontal fria pelo Sul do Brasil, um cavado no noroeste do RS, norte da Argentina e Sul do Paraguai aprofundou formando áreas de baixa pressão que favoreceram a formação de nuvens convectivas com alto registro de TSRA, conforme sinalizado Figura 2. Posteriormente no dia 11/11 áreas de baixa pressão no Sul do Paraguai e nordeste da Argentina (figura 5c), intensificadas pelo Jato de Baixos Níveis (JBN), provocaram a formação de nuvens com precipitação associada (registro de TSRA nas mensagens METAR). Portanto o segundo período iniciou no final de outubro e finalizou no dia 11/11.



**Figura 5: Sequência de imagens do satélite GOES 13 no canal infravermelho realçado para o dia (a) 01/11/2014 as 04:00Z, (b) 03/11/2014 as 14:00Z, (c) 11/11/2014 as 10:00Z.**

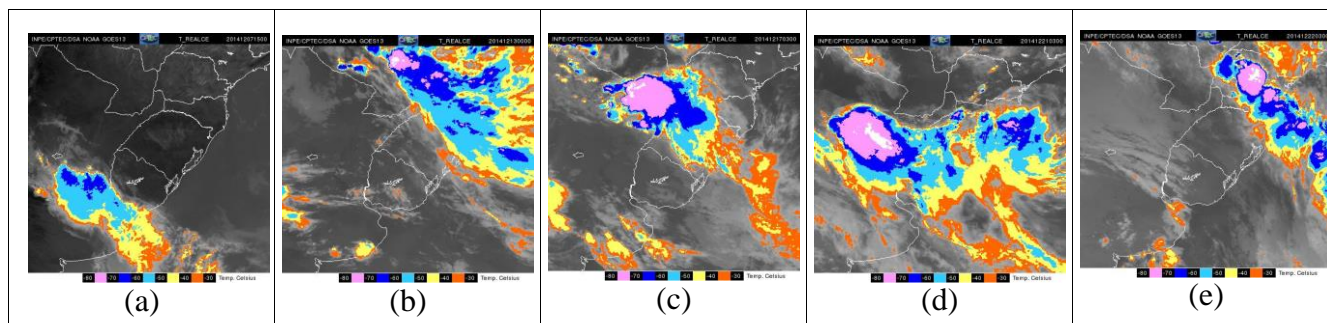
O terceiro período de tempo instável teve início no dia 19/11 e término no dia 02/12. Nestes dias, houve a passagem de três frentes frias pela região ocasionando TSRA nos aeroportos, intercalando com períodos de 1 a 2 dias sem trovoadas. A primeira frente fria, ilustrada na figura 6a, avançou desde a Província de Buenos Aires e Córdoba em direção ao Uruguai e Sul do Brasil. O sistema apresentou deslocamento lento, ficando semi-estacionário no RS, com posterior formação de um ciclone extratropical no litoral sul do RS no dia 22/11 (figura 6b). Nos dias 24 e 25/11 (figura 6c) e, posteriormente nos dias 30/11 e 02/12 (figura 6d), duas frentes frias se deslocaram desde a Argentina até o Sul do Brasil ocasionando chuvas e descargas elétricas na região de atuação.



**Figura 6: Sequência de imagens do satélite GOES 13 no canal infravermelho realçado para o dia (a) 21/11/2014 as 14:00Z, (b) 22/11/2014 as 00:00Z, (c) 24/11/2014 as 05:00Z, (d) 30/11/2014 as 05:00Z.**

O quarto período teve início no dia 07/12 e cessou no dia 23/12 e esteve basicamente sob a atuação de sistemas frontais que se deslocaram desde a Argentina em direção ao Sul do Brasil (figuras 7a, b, c, d e e). Ressalta-se que estes sistemas apresentaram uma alta frequência para esta época do ano. Estudos

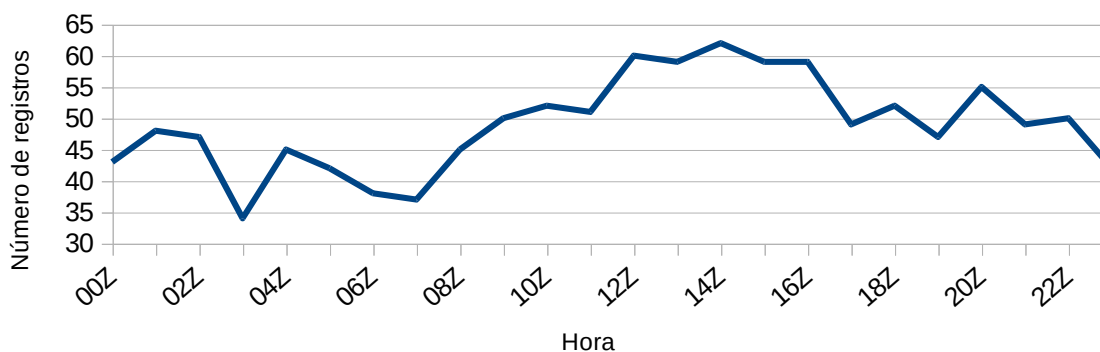
apontam que os sistemas frontais são mais frequentes no inverno diminuindo em direção ao verão (Lemos e Calbete, 1986; Justi da Silva & Silva Dias, 2000; Rodrigues et al, 2004).



**Figura 7: Sequência de imagens do satélite GOES 13 no canal infravermelho realçado para o dia (a) 07/12/2014 as 15:00Z, (b) 13/12/2014 as 00:00Z, (c) 17/12/2014 as 03:00Z, (d) 21/12/2014 as 03:00Z, (e) 22/12/2014 as 03:00Z.**

Os quatro períodos de atividade convectiva foram bem distribuídos. Foi observado que os primeiros 10 dias do estudo obteve a menor média de precipitação, 126,6 mm com 286 registros de TSRA na região, como pode ser observado nas figuras 2 e 3. Já no segundo período, identificou-se um maior registro de TSRA totalizando 352 e de média de precipitação 192,8 mm, num intervalo de 13 dias. O terceiro e quarto período foram semelhantes, com chuva de aproximadamente 174 mm cada e 246 (terceiro) e 291 (quarto) registros de trovoada com chuva.

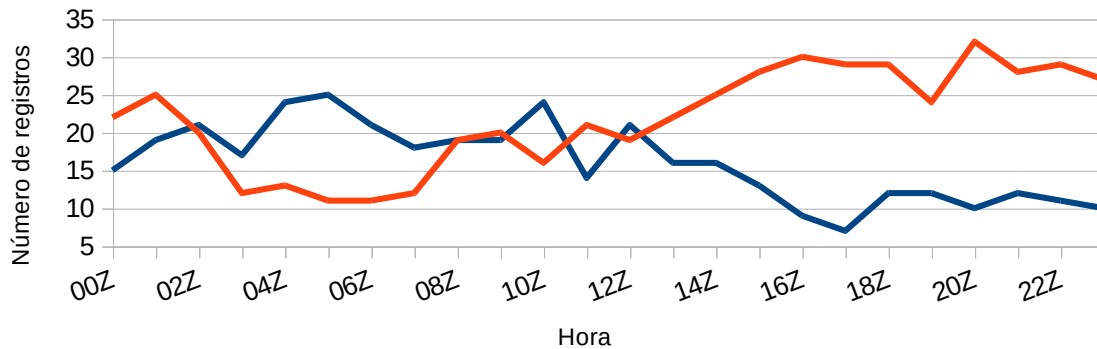
O comportamento diurno das tempestades é apresentado na Figura 8. A análise da figura apresenta um pico de ocorrência do fenômeno entre as 10Z e 17Z, sendo este o período do dia em que a temperatura do ar se eleva devido ao maior aquecimento radiativo e, conseqüentemente, maior liberação de calor sensível e latente. Essa condição meteorológica leva a formação das nuvens de tempestades (*cumulunimbus* – Cb), que são responsáveis por gerar trovoadas e chuvas torrenciais. Ferreira (2006) demonstra que estas nuvens necessitam de um ambiente atmosférico suficientemente instável para sua formação, que podem ser em função do aquecimento à superfície ou por outro mecanismo atmosférico, como por exemplo, uma passagem frontal.



**Figura 8: Ciclo diurno de registros de TSRA na Região SEAM**

A figura 9 apresenta o ciclo diurno de tempestades registrado no centro-leste da Argentina e Sul do Brasil (aeropostos sinalizados na Figura 1). A figura mostra que o comportamento do fenômeno TSRA tende a ocorrer com maior frequência no período entre 04 e 05Z e posteriormente por volta de 10Z. No Sul do Brasil o fenômeno é registrado em maior numero entre 15 e 18Z e, posteriormente, entre 20 e 22Z. Esta diferença pode ser associada ao comportamento característico dos sistemas atmosféricos para

região estudada que, em geral, avançam desde o centro-leste Argentina cruzando pelo Uruguai e posteriormente pelo Sul do Brasil.



**Figura 9: Ciclo diurno de registros de TSRA nas regiões centro-leste da Argentina (linha azul) e Sul do Brasil (linha vermelha)**

#### 4) CONCLUSÃO

A partir da extensa série de dados horários de mensagens METAR foi possível identificar quatro períodos com tempestades frequentes na SEAM. Os sistemas frontais estiveram presentes em todos os períodos, sendo este o principal causador do fenômeno, em especial no terceiro e quarto períodos. O segundo período teve um padrão mais convectivo com atuação de complexos convectivos e cavados que aprofundaram formando sistemas de baixa pressão na região do oeste da região Sul do Brasil, sul do Paraguai e norte da Argentina, evidenciados pelas imagens de satélite apresentadas. O ciclo diurno de tempestades deve ser investigado com maior detalhamento em trabalhos futuros, no entanto, os resultados prévios apresentados mostram que o aquecimento diurno influencia no maior número de ocorrência de tempestades, bem como o deslocamento característico dos sistemas atmosféricos.

**AGRADECIMENTOS:** Agradecemos a Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP, através do Projeto CT-INFRA (processo 04.12.0270.00) pelo suporte financeiro para aquisição de computadores e bolsas de pesquisa.

#### REFERÊNCIAS

**Brooks, H. E.; Lee, J. W.; Craven, J. P., 2003.** The spatial distribution of severe thunderstorm and tornado environments from global reanalysis data. *Atmospheric Research*, v. 67-68, p. 73-94.

**CHEN, M. et al. 2008.** Assessing objective techniques for gauge-based analyses of global daily precipitation. *Journal of Geophysical Research*, v. 113, n. D4, p. D04110, 2008.

**CPTEC** – Disponível em: [http://www.cptec.inpe.br/~rupload/arquivo/caso\\_sig\\_outubro\\_2014.pdf](http://www.cptec.inpe.br/~rupload/arquivo/caso_sig_outubro_2014.pdf)  
Acesso em: 10/02/2014.

**Ferreira, A.G. 2006.** *Meteorologia Prática*. São Paulo, Oficina de Textos, 188p.

**Figueiredo, J. C.; Scola, J. 1996.** *O Tempo de Vida Médio dos Sistemas Convectivos de Mesoescala*

na América do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 9, 1996, Anais ...Campos de Jordão, SP, p. 984-986

**Justi da Silva, M. G. A.; Silva Dias, M. A. F. 2002.** A frequência de fenômenos meteorológicos na América do Sul: uma climatologia. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2002. Anais... Foz do Iguaçu: SBMET, 2002.

**Kalnay, E.; Kanamitsu, M.; Kistler, R.; Collins, W.; Deaven, D.; Gandin, L.; Iredell, M.; Saha, S.; White, G.; Woolen, J.; Zhu, Y.; Chellian, M.; Ebisuzaki, W.; Higgins, W.; Janowiak, J.; Mo, K. C.; Ropelewski, C.; Wang, J.; Leetma, A. Reynolds, R.; Janne, R.; Joseph, D., 1996:** The NCEP/NCAR 40-year Reanalysis project. Bulletin of the American Meteorological Society, v.77, p. 437-470.

**Lemos, C.F; Calbete, N. O. 1996.** Sistemas frontais que atuaram no litoral de 1987-1995. Climanálise, Edição comemorativa 10 anos, 1996. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/14.html> Acesso em: 10/02/ 2015.

**NOOA, National Oceanic and Atmospheric Administration. 2014.** Disponível em: <http://weather.noaa.gov/pub/data/observations/metar/cycles/?C=M;O=A>. Acesso em: 12/12/2014

**Reboita M.S., Gan M. A., da Rocha R. P., Ambrizzi T. 2010a.** Regimes de Precipitação na América do Sul: Uma Revisão Bibliográfica. Revista Brasileira de Meteorologia, 25 (2):185-204.

**Rodrigues, M. L. G.; Franco, D.; Sughara, S.2004.** Climatologia de Frentes Frias no Litoral de Santa Catarina. Revista Brasileira de Geofísica, v.22, n. 2, p.135-151, 2004.

**Salio, P.; Nicolini, M.; Zipser, E. J., 2007.** Mesoscale convective systems over southeastern South America and their relationship with the South American low-level jet. Monthly Weather Review, vol. 135, n. 4, p. 1290–1309.

**Silva Dias, M. A. F.; Rozante, J. R.; Machado, L. A. T. 2009.** Parte I - Sistemas meteorológicos que afetam o tempo na América do Sul: Complexos convectivos de mesoescala na América do Sul. In: CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque; FERREIRA, Nelson Jesus; SILVA, Maria Gertrudes Alvarez Justi da; SILVA DIAS, Maria Assunção Faus da (Ed.). Para entender tempo e clima. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 181-194. ISBN 978-85-86238-92-5.

**Teixeira, M. S.; Satyamurty, P., 2007.** Dynamical and synoptic characteristics of heavy rainfall episodes in southern Brazil. Monthly Weather Review, v. 135, p. 598-617.