

## FLUXO DE ROL ASCENDENTE NO TOPO DA ATMOSFERA SOBRE UM CASO DE CICLONE EXTRATROPICAL NO ATLANTICO SUL

LUIZ GABRIEL CASSOL MACHADO<sup>1</sup>; LAIZ CRISTINA RODRIGUES MELLO<sup>2</sup>;  
ANDRÉ BECKER NUNES<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Meteorologia/UFPEL – gabrielcassol09@gmail.com

<sup>2</sup>Faculdade de Meteorologia/UFPEL – laiz.cristina.96@gmail.com

<sup>3</sup>Faculdade de Meteorologia/UFPEL – beckernunes@gmail.com

### 1. INTRODUÇÃO

É comum observar um rápido desenvolvimento de ciclones extratropicais na costa leste do cone-sul da América do Sul, são sistemas de baixa pressão caracterizados por grandes regiões de circulação ciclônica, cujo período de formação é designado por ciclogênese. O primeiro modelo conceitual sobre ciclones foi apresentado em 1922 por Bjerknes e Solberg (1922), que através de observações à superfície verificaram a presença de sistemas de baixa pressão (depressões), sob a forma de perturbações ondulatórias que se propagam ao longo de um sistema frontal. A partir desse estudo, pesquisadores utilizaram métodos variados para a identificação dessas depressões. Sutcliffe, em 1947, através da análise diferencial da divergência do vento horizontal em dois níveis distintos da atmosfera, conseguiu identificar na atmosfera os padrões associados às depressões. Petterssen (1956), dando continuidade às pesquisas de Sutcliffe (1947) e reforçando o papel da advecção de vorticidade ciclônica na formação das depressões, ressaltou a importância da região baroclínica à superfície no desenvolvimento de novos sistemas ciclogênicos (MENDES et al., 2009).

O ciclone extratropical é formado por ventos que sopram no sentido horário, no hemisfério Sul e, em volta de um centro de baixa pressão. Em geral, as regiões de baixa pressão estão associadas ao mau tempo, com nebulosidade e bastante precipitação. Um dos métodos de formação atestam que ao longo de um sistema frontal associado a uma baixa despreendida em altos níveis forma-se um ciclone extratropical. No estágio maduro, os ciclones apresentam uma banda espiral de nebulosidade em torno do centro de baixa pressão, que podem ser facilmente identificados nas imagens de satélite meteorológico (FERREIRA, 2006).

Poucos estudos têm sido feitos com relação aos fluxos de radiação de onda longa associadas a eventos de ciclones extratropicais, em especial os fluxos emitidos pelas nuvens no topo da atmosfera.

O estudo desses fluxos pode ajudar a entender melhor o comportamento desses sistemas, e até mesmo criar mais um critério para identificação dos mesmos baseado na anomalia do fluxo de radiação de onda longa (ROL). A emissão da Terra para atmosfera, dada pela lei de Stefan-Boltzmann, está compreendida nos comprimentos de onda do infravermelho termal e essa radiação pode ser transmitida para o espaço sideral ou absorvida por gases do efeito estufa, como Dióxido de Carbono e pelo Vapor d'água que é o maior absorvedor. Assim as nuvens são grandes absorvedoras desta radiação terrestre e posteriormente emitem isotropicamente, sendo um fluxo descendente de volta pra superfície contribuindo para o efeito estufa e o outro fluxo ascendente para o topo da atmosfera. Se há pouca nebulosidade, uma maior quantidade de radiação consegue ser transmitida para o espaço (MATOS et al., 2016). Assim, o objetivo

desse trabalho é analisar a radiação de onda longa no topo da atmosfera causado por um ciclone extratropical ocorrido no dia 13 de setembro de 2016.

## 2. METODOLOGIA

Para identificação do ciclone extratropical foram utilizadas imagens do satélite Geoestacionário GOES 16 (Geostationary Operational Environmental 16) no canal infravermelho termal obtidas através do banco de dados do DSA/INPE (Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais / Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), com temperatura dos topos realçadas. Foram utilizados dados do modelo MERRA 2 (Modern Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2), 3d, com espaçamento de grade de  $2/3^\circ$  de longitude e  $1/2^\circ$  de latitude, resolução temporal de 1 horas e 42 níveis verticais (da superfície até 0,001 hpa) (GELARO et al., 2017), visualizados via software Grid Analysis and Display System (GrADS), do Center for Ocean-Land-Atmosphere Interactions (COLA).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como mostrado na figura 1, as imagens de satélite mostram valores baixos de temperatura porque detectam valores baixos de Radiação de Onda Longa (ROL). De acordo com a lei de Planck, a emissão radiativa em um determinado comprimento de onda é proporcional à temperatura do corpo. A emissão é o processo pelo qual uma parte da energia interna do material é convertida em energia radiante, essa energia pode ser re-absorvida em outro local da atmosfera, ou também escapar para o espaço.

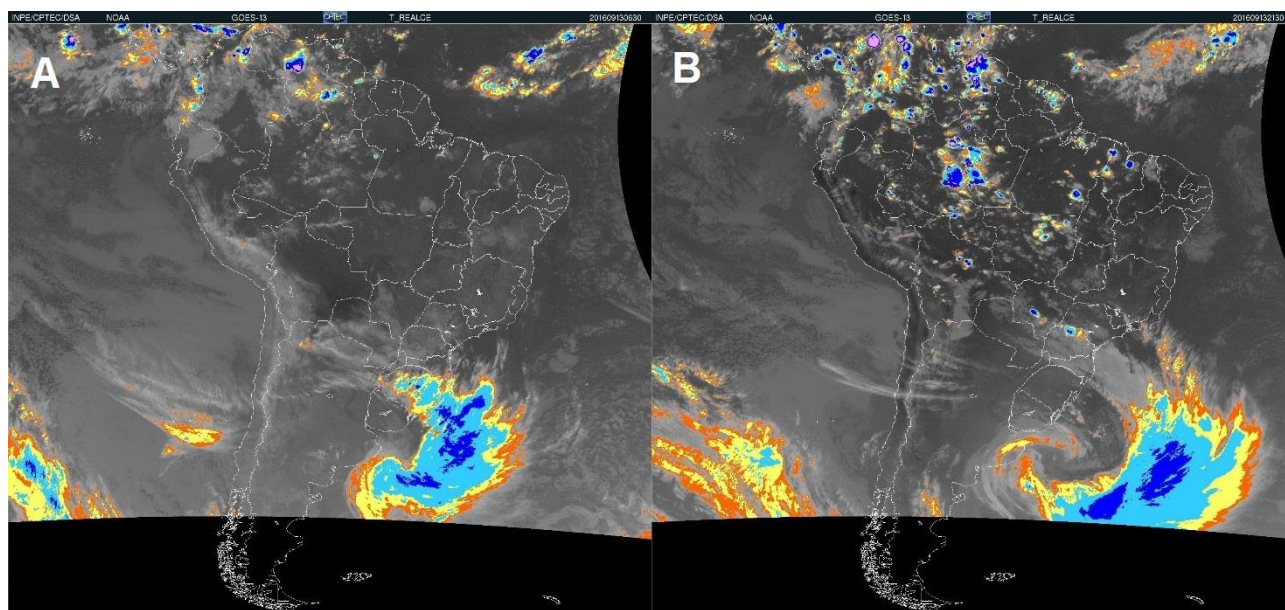


Figura 1 - 1A) Imagem de satélite às 6:30 UTC do dia 13/09/2016. 1B) Imagem de satélite às 21:30 UTC do dia 13/09/2016.

É possível identificar através da figura 1 tons de cinza mais claros no ramo frio do ciclone extratropical, onde observa-se ausência de nuvens por conta do ar frio e seco. Logo, comparado com as regiões de céu limpo no setor norte do continente sul americano, nota-se tons de cinza mais escuros, isso se dá por conta que os valores de temperatura na superfície são superiores aos observados na retaguarda da frente fria. O ciclone extratropical possui nuvens frias, que apresentam baixa emissão de infravermelho termal. Logo é possível observar uma quantidade baixa no fluxo de radiação de onda longa no topo da atmosfera acima dessas nuvens frias. Como esse ciclone extratropical foi bem intenso, a ponto de formar fortes áreas de instabilidades na madrugada no dia 13, é esperado que apresente uma quantidade baixa no fluxo de radiação de onda longa. Na manhã do dia 14 (figura não apresentada no texto), apesar de não haver nuvens de topos altos (nuvens frias) sobre áreas da costa leste da Argentina e parte do Uruguai, é possível observar uma grande cobertura de nuvens baixas (stratus) associadas ao ciclone. Tal suposição é confirmada na figura 2, que mostra o fluxo radiação de onda longa causado em diferentes estágios de desenvolvimento do ciclone extratropical.

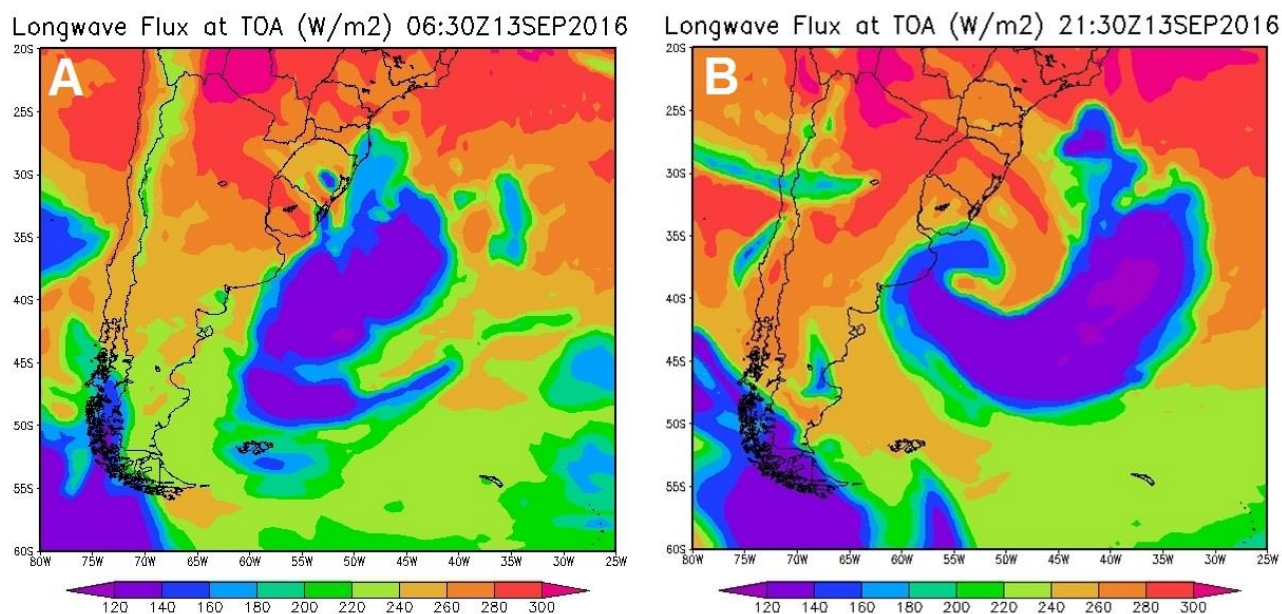


Figura 2 – Fluxo de ROL no topo da atmosfera em w/m². A figura 2A mostra o fluxo de ROL causado pelo ciclone extratropical em 13/09/2016 às 6:30 UTC. A figura 2B mostra o fluxo de ROL em 13/09/2016 às 21:30 UTC.

#### 4. CONCLUSÕES

Os ciclones extratropicais em média provocam mais impactos quando atuam com maior intensidade próximo da costa do continente, onde é possível observar fortes rajadas de vento, e em algumas ocasiões nuvens de maior desenvolvimento vertical. Como pode ser identificado através dos baixos valores de radiação de onda longa (ROL) no topo da atmosfera (figura 2), as quais são condizentes as baixíssimas temperaturas de brilho no topo das nuvens convectivas (figura 1).



## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BJERKNES, J.; SOLBERG, H. Life Cycle of Cyclones and the Polar Front Theory of Atmospheric Circulation. **Geofysiske Publikationer**, Kristiania, v.3, n.1, 325p., 1922.

BOLETIM TÉCNICO - CPTEC/INPE. Disponível em:  
<<http://tempo.cptec.inpe.br/boletimtecnico/pt>>. Acesso em: 21 jul. 2018.

DSA – CPTEC/INPE. Disponível em:  
<[http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes.formulario.logic](http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes/formulario.logic)>. Acesso em: 16 jul. 2018.

FERREIRA, Arthur Gonçalves. **Meteorologia Prática**. São Paulo: Oficina de Texto, 2009.

GAN, M. A.; SELUCHI, M. E. Ciclones e Ciclogênese. In: CAVALCANTI, I.F.A. et al. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Texto, 2009.

GELARO, et al. MERRA-2: NASA's Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA-2). **Journal of Climate - American Meteorological Society**, v.30, pp. 5419 – 5454, 2017.

MATOS, A. P. C.; LARA, K. S.; NUNES, A.B. Comparação entre o fluxo de radiação de onda longa no topo da atmosfera emitida por sistemas convectivos de mesoescala: estudo de caso. **XXV Congresso de Iniciação Científica**, Pelotas, anais CIC 2016, p1-4, 2016.

MENDES, D.; MOURA, R. G. M.; MENDES, M. C. D. Estudo de caso de ciclone extratropical sobre a América do Sul: sensibilidade das análises. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, vol.24, n.4, pp.399-406, 2009.

PETTERSEN, S. **Weather analysis and forecasting**. Vol. I: Motion and motion systems. New York, McGraw Hill Book Co. Inc., 428p, 1956.

SUTCLIFFE, R. C. A Contribution to the problem of development. **Quart. J. Roy. Meteor. Soc.**, v. 73, n. 5, p. 370–383. 1947.