

IDENTIFICAÇÃO DE ATIVIDADE ELÉTRICA ATMOSFÉRICA UTILIZANDO INFORMAÇÕES DAS PARAMETRIZAÇÕES DE MICROFÍSICA DE NUVEM E CONVECÇÃO NO MODELO ETA

José Davi Oliveira de Moura¹; Sin Chan Chou¹
Autor para correspondência: moura.jdo@gmail.com

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi desenvolver um índice que possibilite a identificação de nuvens com atividade elétrica no modelo de previsão de tempo e clima Eta. O cálculo do índice se baseou em informações da parametrização de microfísica de nuvem, do índice CAPE (Convective Available Potential Energy) na região de fase mista em nuvens de convecção profunda e da parametrização de convecção. O índice foi comparado com dados de precipitação estimados por satélite e com dados de descargas elétricas. Um estudo de caso de intensa atividade convectiva foi selecionado para avaliar o desempenho do método proposto. Os resultados mostraram que o índice está relacionado com locais onde há nuvens de topo frio, intensa precipitação e descargas elétricas atmosféricas.

PALAVRAS-CHAVE: Microfísica de Nuvens; Descargas Elétricas; Modelo Eta

IDENTIFICATION OF ATMOSPHERIC ELECTRICAL ACTIVITY USING INFORMATION OF PARAMETRIZATIONS OF CLOUD MICROFISICS AND CONVECTION IN THE ETA MODEL

ABSTRACT

The objective of the present work was to develop an index that allows the identification of clouds with electrical activity in the weather and climate prediction model Eta. The calculation of the index was based on information on the parameterization of cloud microphysics, the CAPE (Convective Available Potential Energy) index in the mixed phase region in deep convection clouds and the convection parameterization. The index was compared with estimated precipitation data by satellite and with data of electric discharges. A case study of intense convective activity was selected to evaluate the performance of the proposed method. The results showed that the index is related to places where there are cold top clouds, intense precipitation and atmospheric electrical discharges.

KEY-WORDS: Cloud Microphysics; Electric Discharge; Eta Model

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

Fazer o prognóstico ou estimativa de descargas elétricas através de modelos numéricos de tempo e clima é uma tarefa extremamente complexa. A atividade elétrica em nuvens de tempestade ainda não é completamente compreendida, porém, apesar dos desafios, muitos trabalhos têm mostrado esforço para produzir uma metodologia capaz de prever uma descarga

elétrica em modelos numéricos da atmosfera (MACGORMAN et al., 2001; MCCAUL JR., et al., 2009).

No Brasil, a grande maioria dos modelos de tempo e clima não possuem alguma parametrização ou estimativa estatística de relâmpagos. Uma solução para este problema pode estar dentro dos próprios modelos.

De acordo com a teoria não indutiva de eletrificação de nuvens de tempestade, para que uma nuvem se torne eletricamente carregada é indispensável a presença de partículas de gelo (Reynolds et al, 1953). Em certas condições, a colisão entre cristais de gelo e o granizo (*graupel*) geram separação de cargas e tornam a nuvem polarizada. Ao passo que a separação das cargas se intensifica, uma descarga elétrica atmosférica é produzida para diminuir ou neutralizar o campo elétrico da nuvem.

Visto que as atuais parametrizações de microfísica de nuvens são capazes de diagnosticar diferentes tipos de hidrometeoros e as parametrizações de convecção podem diferenciar a convecção rasa da profunda, é possível identificar nuvens com atividade elétrica nos modelos numéricos de tempo e clima.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Este é um trabalho inicial, onde o principal objetivo é desenvolver uma metodologia capaz de identificar nuvens com atividade elétrica, independentemente se houve ou não descarga elétrica, no modelo regional Eta.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

O índice proposto foi denominado “Energia Disponível para Relâmpagos” (EDR) e se baseou nas informações da microfísica de nuvens, convecção e o índice Convective Available Potetial Energy (CAPE) na região de fase mista da nuvem (região da nuvem entre as isotermas de 0°C e -40°C que possui água líquida e gelo). As etapas que levam ao cálculo do índice proposto estão detalhadas abaixo:

- Parametrização de Microfísica de Nuvens: foi utilizado a razão de mistura da água líquida superesfriada, cristais de gelo e granizo do esquema de microfísica de Ferrier (Ferrier, 1994).
- Parametrização de Convecção: foi utilizado informações dos pontos de grade no domínio do modelo em que o esquema Betts-Miller-Janjic (Janjic, 1994) produziu convecção profunda em cada passo de tempo.
- CAPE da Fase Mista: foi calculado o índice CAPE na região de fase mista em nuvens de convecção profunda. A fase mista da nuvem é a principal região de separação de cargas elétricas e, por este motivo, o CAPE foi calculado especificamente para esta área.

O índice EDR (J/m²) é calculado pela equação abaixo:

$$EDR = CAPE_{FM} \cdot \int_{BsFM}^{TopFM} \rho \cdot (q_G + q_C + q_{ALR}) dz \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde, CAPE_{FM} (J/kg) se refere a Energia Disponível para Convecção na Fase Mista da nuvem, TopFM é o nível do topo da fase mista (isoterma de -40°C), BsFM é o nível da base da fase mista (isoterma de 0°C), ρ (kg/m³) é a densidade do ar, q_G (kg/kg) é a razão de mistura

do granizo, q_c (kg/kg) é a razão de mistura do cristal de gelo, q_{ALR} (kg/kg) é a razão de mistura da água líquida da fase mista da nuvem. O $CAPE_{FM}$ é calculado por:

$$CAPE_{FM} = g \cdot \int_{BsFM}^{TopFM} \frac{T - \bar{T}}{\bar{T}} dz \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde g é a gravidade, T temperatura da parcela, T com a barra (-) denota a temperatura do ambiente e dz é a altura em que a parcela de ar se encontra.

O modelo Eta foi configurado com 10km de resolução horizontal, 50 níveis verticais, foi iniciado no dia 08/01/2017 às 12 UTC e gerou uma simulação de 36 horas. As condições iniciais e de contorno foram do Global Forecast System (GFS) e a temperatura da superfície do mar foram dados de reanálise do Era-Interim.

O estudo de caso escolhido ocorreu no dia 09/01/2017, onde várias células convectivas atuaram sobre os estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina e causaram enxurradas, ventanias e descargas elétricas atmosféricas. No início da madrugada, um complexo convectivo de mesoescala se deslocou sobre os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. No fim do dia, múltiplas células convectivas que restaram se posicionaram sobre o estado de São Paulo (Figura 1).

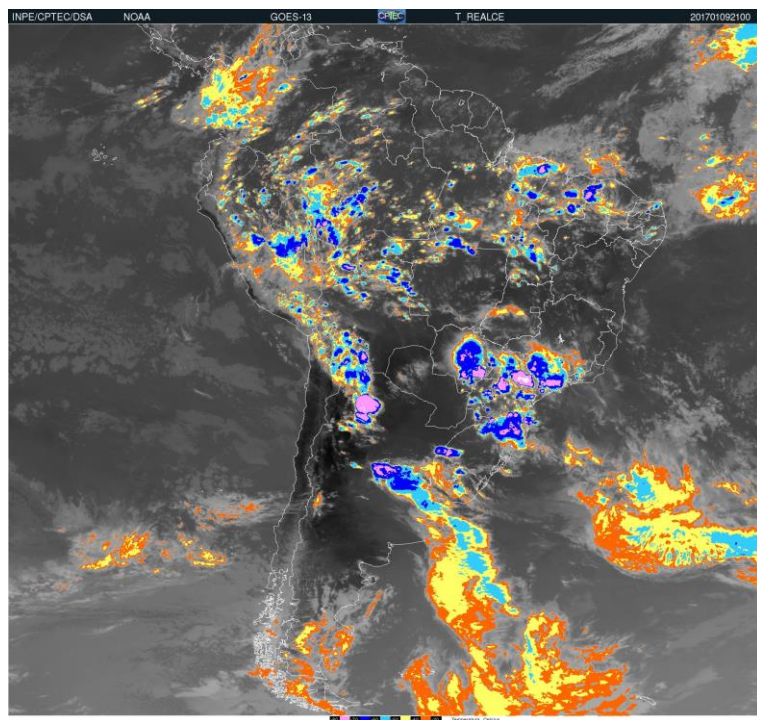


Figura 1. Imagem infravermelha com temperatura realçada do satélite do GOES-13 para a data 09/01/2017 às 21 UTC.

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

A EDR pode ser vista na Figura 2. O índice indicou a presença de nuvens eletricamente carregadas em vários pontos do estado de São Paulo, Paraná e Santa Catarina. Pela imagem de satélite (Figura 1) é possível observar nuvens de topo frio (temperaturas de -80°C) sobre esses estados. Isto caracteriza a presença de convecção profunda e, portanto, uma grande

possibilidade de atividade elétrica na atmosfera. Consequentemente, o índice EDR parece estar condizente com a observação.

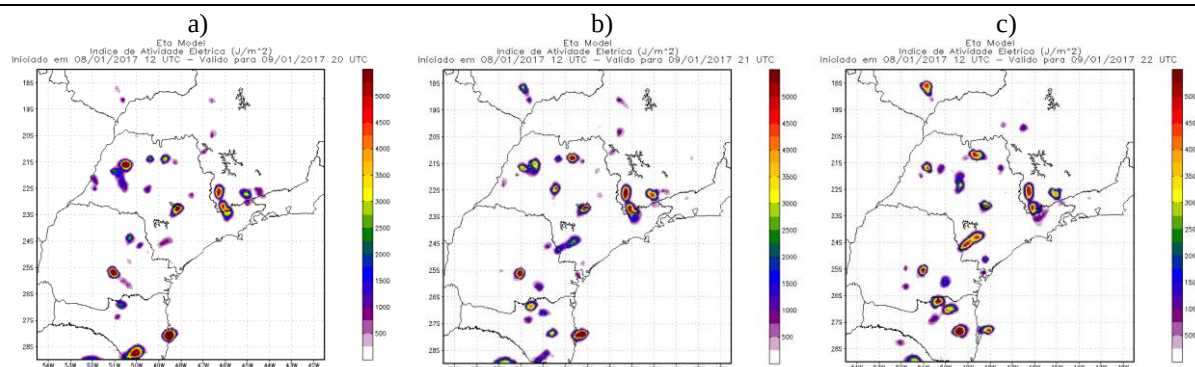


Figura 2. Energia Disponível para Relâmpago (J/m^2) na data 09/01/2017 às a) 20UTC, b) 21UTC, c) 22UTC.

A Figura 3 se refere a precipitação estimada por satélite do CMORPH às 21h (mm/3h). Nota-se um núcleo de precipitação intensa na região central do estado de São Paulo e uma faixa diagonal de chuva a leste. Outros núcleos de precipitação intensa são vistos nos estados do Paraná e Santa Catarina. Mais uma vez, estas informações caracterizam a presença de nuvens de tempestade nestes estados.

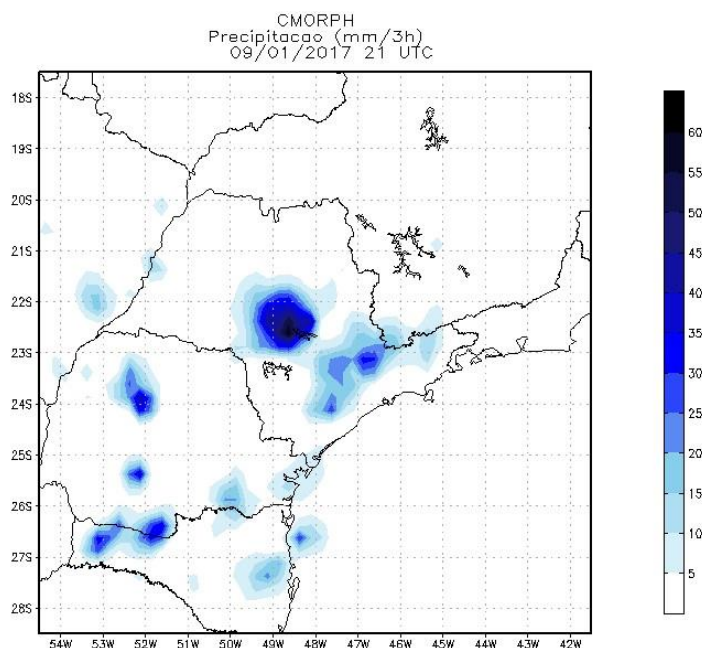


Figura 3. Precipitação Estimada por Satélite CMORPH (mm/3h) para a data 09/01/2017 às 21 UTC.

Os dados de descarga elétrica estavam disponíveis somente para o estado de São Paulo (Figura 4). Observa-se que as descargas elétricas tem uma correlação com os locais de precipitação intensa. Esta relação entre relâmpago e picos de precipitação já é conhecida desde a década de 60. De acordo com Moore et al (1962), entre 60 e 180 segundos após uma descarga elétrica picos de precipitação são observados no local. A utilização do índice EDR pode, no futuro, auxiliar previsões de enxurradas.

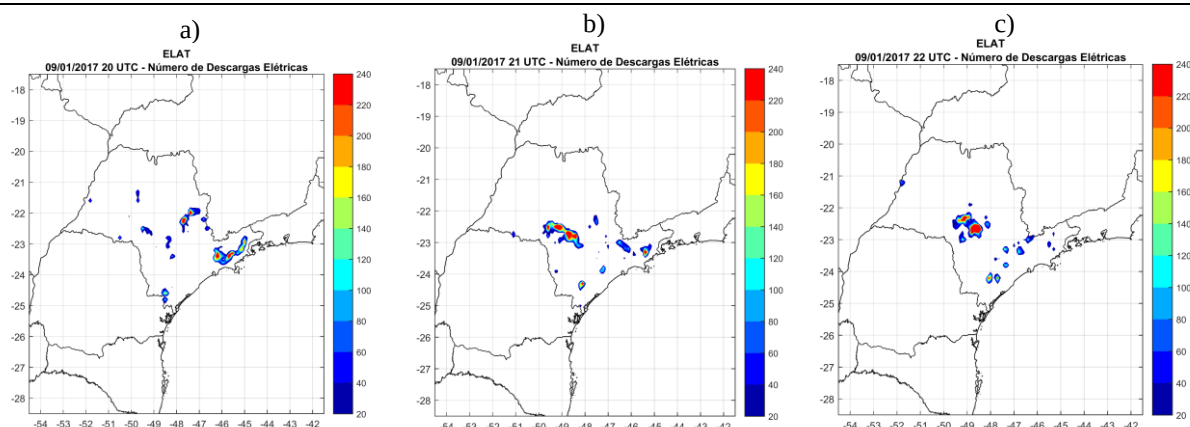


Figura 4. Número de descargas elétricas (Nº/h) na data 09/01/2017 às a) 20UTC, b) 21UTC, c) 22UTC.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O índice proposto indicou nuvens com atividade elétrica em regiões com nuvens de topo frio, precipitação intensa e descargas elétricas. Portanto, a EDR pode ser um meio viável de, no futuro, gerar previsões de descarga elétrica e incluir os efeitos destas descargas nos pontos de grade dos modelos de previsão de tempo e clima.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ELAT. **Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT)**. Disponível em: <<http://www.inpe.br/webelat/homepage/>>. Acesso em: 28 outubro 2017.

FERRIER, B. S. A Double-Moment Multiple-Phase Four-Class Bulk Ice Scheme. Part I: Description. **Journal of the Atmospheric Science**, v. 51, n. 2, p. 249-280, 1994.

JANJIC, Z. I. The step-mountain Eta coordinate model: Further developments of the convection, viscous sublayer, and turbulence closure schemes. **Mon. Wea. Rev.**, v. 122, n. 5, p. 927-945, 1994.

MACGORMAN, D. R.; STRAKA, J. M.; ZIEGLER, C. L. A Lightning Parameterization for Numerical Cloud Models. **Journal of Applied Meteorology**, v. 40, p. 459-478, 2001.

MCCAUL JR., E. W. et al. Forecasting Lightning Threat Using Cloud-Resolving Model Simulations. **Weather and Forecasting**, v. 24, p. 709-729, 2009.

MOORE, C. B. et al. Radar Observations of Rain Gushes Following Overhead Lightning Strokes. **Journal of Geophysical Research**, v. 67, n. 1, p. 207-220, 1962.

REYNOLDS, S. E.; BROOK, M.; GOURLEY, M. F. Thunderstorm Charge Separation. **Journal of Meteorology**, v. 14, p. 426-436, 1957.

