

# Distúrbios Ondulatórios de Leste em maio de 2006: análise sinótica de dois eventos

Bruce Francisco Pontes da Silva<sup>1</sup>, Rosmeri Porfírio da Rocha<sup>1</sup> e Bruno Miranda de Brito<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo – IAG/USP

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

brucepontes@model.iag.usp.br

**RESUMO:** Observou-se entre os dias 21 e 25 de maio de 2006 a ocorrência de chuvas fortes em vários pontos do leste do Nordeste brasileiro (LNB), atribuídas à propagação de Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs). Os mecanismos que originaram e mantiveram condições para as chuvas no LNB foram analisados fazendo-se uso de dados de precipitação do *Global Precipitation Climatology Project* (GPCP), dados da reanálise *ERA-Interim* do *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ERA-Interim/ECMWF) e imagens do satélite MET7. O primeiro evento de DOL (D1) foi excitado pela passagem de um sistema frontal alguns dias antes pelo LNB, apresentando cavados entre 1000 e 850 hPa. No caso da segunda onda (D2), observou-se um cavado mais intenso em 700 hPa na maior parte de seu percurso até o LNB.

**ABSTRACT:** Between 21st-25th May 2006 occurred heavy rains in various parts of the eastern Northeast Brazil, arising from the easterly waves (DOLs) propagation. The mechanisms that originated and maintained conditions for the rains in the LNB were analyzed by precipitation data from the *Global Precipitation Climatology Project* (GPCP), ERA-Interim reanalysis data of the *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ERA-Interim/ECMWF) and images from satellite MET7. The first DOL event (D1) was linked to a frontal system passage, a few days before, at the LNB, with troughs between 1000 and 850 hPa. For the second wave (D2), it was observed a more intense trough at 700 hPa.

**Palavras-chave / Key words:** Distúrbios Ondulatórios de Leste, análise sinótica, Easterly Waves, synoptic analysis.

## 1. INTRODUÇÃO

O leste do Nordeste brasileiro (LNB; Figura 1b) inclui os Estados de Alagoas (AL) e Sergipe (SE) como um todo e a porção leste do Rio Grande do Norte (RN), Paraíba (PB), Pernambuco (PE) e Bahia (BA). O período chuvoso do LNB vai de abril a julho, com precipitações mais abundantes e bem distribuídas junto ao litoral. Nessa área, os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs) são um dos sistemas meteorológicos que contribuem para o regime pluviométrico, por vezes, sendo os responsáveis pelo excesso de chuvas, acarretando em danos materiais e mortes. A origem e manutenção dos mecanismos associados à formação dos sistemas meteorológicos que atuam no LNB ainda não estão claros, não existindo padrões para se determinar quando um destes sistemas surgirá e qual seria sua intensidade (PONTES DA SILVA, 2008); uma lacuna, especialmente no que se diz respeito aos DOLs que se propagam sobre o Oceano Atlântico Tropical Sul (ATS). Em relação à gênese, acredita-se que os DOLs se desenvolvem devido **1**) à confluência dos ventos Alísios (entre si ou neles mesmos), oriundos da circulação das altas subtropicais, **2**) pelo aprofundamento para baixos níveis de uma baixa fria na alta troposfera, propagando-se para oeste ou **3**) prolongamento equatorial (para os pólos) de um cavado de latitudes médias (baixas) (YAMAZAKI & RAO, 1977; ESPINOZA, 1996; FEDOROVA, 2008). Entre os dias 21 e 25 de maio de 2006, dois DOLs atingiram o LNB, provocando chuvas intensas entre o RN e nordeste da BA. O primeiro DOL (D1) alcançou o LNB na noite do dia 21, provocando chuvas especialmente entre o leste do RN e PE. Um segundo episódio de DOL (D2), mais intenso que o primeiro, provocou chuvas fortes entre o RN e nordeste da BA, com valores mais intensos registrados entre o litoral sul de PE e o nordeste de SE. Logo, o objetivo deste trabalho é caracterizar a evolução sinótica dos dois eventos.

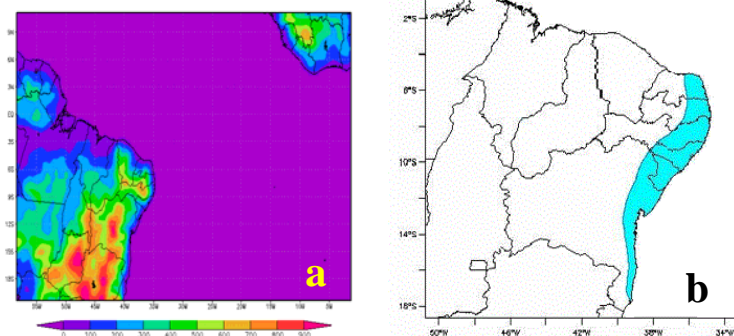


Figura 1: (a) Área de análise e topografia (m) e (b) Setor leste do Nordeste brasileiro (marcado em azul). Fonte: Adaptado do relatório da IV reunião de análise e previsão climática para o leste da região nordeste do Brasil.

## 2. METODOLOGIA

A estrutura dos DOLs foi estudada por meio de campos meteorológicos da reanálise *ERA-Interim* (ERA-Interim) do *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF), cuja resolução horizontal é de  $1,5^{\circ} \times 1,5^{\circ}$  de latitude por longitude, com 23 níveis verticais (BERRISFORD et al., 2009). A área de análise se restringiu àquela apresentada na figura 1a. Também foram utilizados dados de precipitação do *Global Precipitation Climatology Project* (GPCP), com resolução de  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  de latitude por longitude e, imagens do satélite MET7 no canal infravermelho, disponibilizadas pela *Dundee Satellite Receiving Station* (DSRS) da *Dundee University*.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 2 mostra o acumulado de precipitação no período de 22 a 24 de maio de 2006 de acordo com a análise do GPCP.

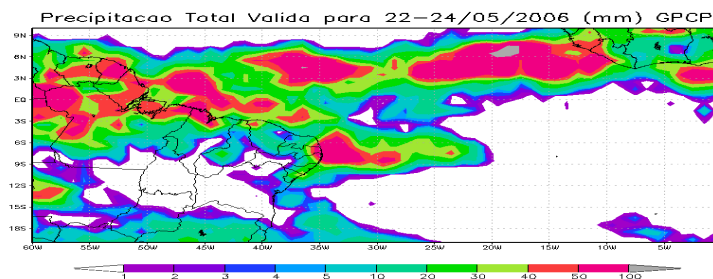


Figura 2: Precipitação acumulada (mm) válida para o período entre os dias 22 e 24 de maio de 2006 de acordo com a análise do GPCP. Fonte: GPCP.

Os valores mais altos de precipitação observados na análise do GPCP (figura 2) encontram-se na região de atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e no leste do nordeste, entre o litoral sul do RN e o litoral de PE, com valores de até 100 mm acumulados em três dias. O padrão espacial do campo de precipitação ainda evidenciou o deslocamento dos dois DOLs, algo que pode ser confirmado através das imagens de satélite (figuras 3 e 5).

A imagem do satélite MET-7 (canal infravermelho) do dia 22 de maio de 2006 as 00 UTC (figura 3a) mostra o aparecimento de nebulosidade convectiva (nuvens do tipo cumulonimbus, Cb) no ATS a leste/nordeste do LNB. Essa atividade convectiva se intensificou, atingindo o LNB nas horas seguintes (figura 3b). Esse foi o primeiro dos dois eventos de DOLs (D1), e se propagou pelo norte do Nordeste, somando sua nebulosidade à da ZCIT e àquela presente no norte da Amazônia no dia 24 (figuras 5). Nas imagens de satélite do dia 22, já é possível observar a existência de nuvens baixas e médias (além de pequenos núcleos de Cb) decorrentes da propagação de um outro DOL (D2) centrado em  $\sim 7^{\circ}\text{S}/18^{\circ}\text{W}$  no ATS.

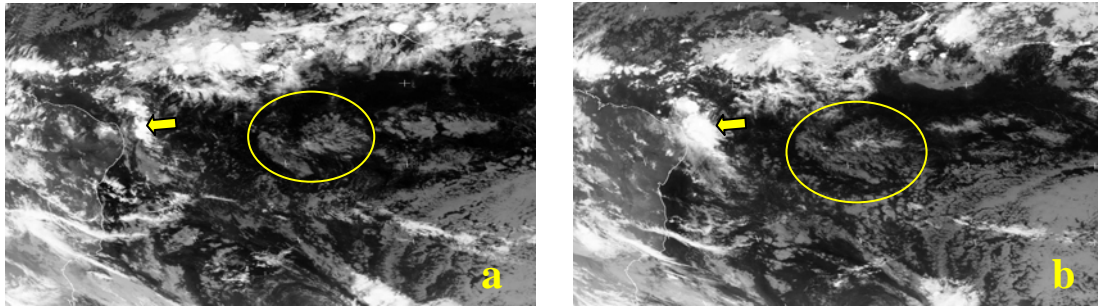


Figura 3: Recortes das imagens do satélite MET7 do dia 22 de maio de 2006 as 00 (a) e as 06 UTC (b) no canal infravermelho. As setas (elipses) indicam a nebulosidade associada ao D1(D2). Fonte: DSRS.

As linhas de corrente e magnitude do vento (LC; m/s), vorticidade relativa negativa (VR;  $\times 10^{-5} s^{-1}$ ) e seção vertical de Omega (SO; Pa/s) permitiram discutir os mecanismos associados aos DOLs. Neste artigo, são apresentados apenas os campos de VR (níveis de 850 e 700 hPa) e SO (corte vertical entre 1000 e 200 hPa), mas o campo de LC (níveis de 1000, 500 e 200 hPa) também é comentado. Os campos de VR e SO do horário das 06 UTC do dia 22 de maio de 2006 estão na figura 4.

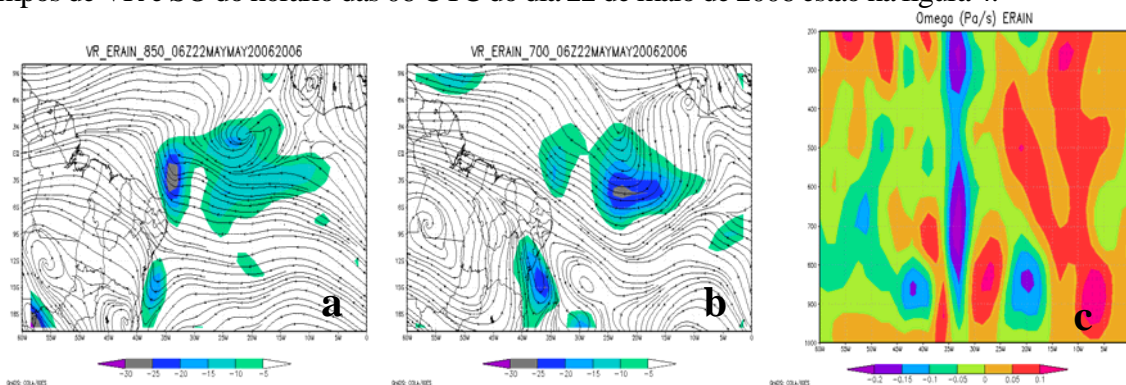


Figura 4: Vorticidade relativa negativa ( $\times 10^{-5} s^{-1}$ ) e linhas de corrente em 850 (a) e 700 hPa (b) e seção vertical omega (Pa/s) na latitude de 6°S (c) para as 06 UTC do dia 22 de maio de 2006. Fonte: ERAIN.

No nível de 1000 hPa, um escoamento ciclônico atua a leste do LNB (cavado com orientação N-S) nas LC, com uma área de confluência dos ventos entre o litoral de PE e o RN, o que sugere convergência naquele local. Em 850 hPa, o campo de VR mostra uma área com vorticidade relativa negativa na região do cavado que se estendia meridionalmente, entre 1°N e 6°S, a leste do LNB, apresentando o sinal mais forte do D1 (figura 4a). Em 700 hPa, esse mesmo campo ainda mostra tal núcleo de vorticidade e cavado, só que menos intensos e deslocados para norte (figura 4b). Mais acima, em 500 hPa, o campo de LC expôs uma circulação ciclônica numa região entre duas cristas, onde o DOL estava atuando, conforme imagem de satélite daquele horário. As LC em altos níveis (200 hPa) também mostram um cavado se deslocando para leste com uma área de confluência dos ventos em sua vanguarda, fator que pode ter contribuído na desintensificação da propagação mais continental do D1, uma vez que esta geraria movimentos descendentes ali.

Nos níveis baixos e médios também é possível identificar perturbações associadas ao D2, como o cavado e confluência dos ventos na sua retaguarda em 700 hPa (figura 4b). É possível que o D2 ainda não estivesse intenso nas figuras 4 por conta da confluência do vento observada em altos níveis, que pode ter inibido uma maior atividade convectiva.

A passagem de um sistema frontal no ATS alguns dias antes, cuja extremidade atingiu o LNB, perturbou os ventos Alísios de sudeste de tal maneira que estes acabaram por confluir com os ventos de sul da alta pós-frontal que acompanhava aquele sistema, sendo que ambos estavam intensos nas horas precedentes à intensificação do D1 (figuras não mostradas), fortalecendo o transporte de umidade do oceano para o LNB. Esses fatores contribuíram na formação e intensificação do D1, que avançou pelo

continente, provocando chuvas no norte do Nordeste e região Norte, mas com sua nebulosidade já acoplada à da ZCIT e da convecção Amazônica.

A seção de omega na latitude de 6°S (figura 4c), para 06 UTC do dia 22 de maio de 2006, mostra movimentos predominantemente ascendentes, entre 35 e 31°W, na região de maior atividade convectiva do D1. Os núcleos de omega mais intensos são observados nas camadas 800-600 hPa e 350-200 hPa, o que significa que os baixos e altos níveis foram as camadas de maior atividade do D1. Também nota-se um núcleo de omega negativo nas proximidades de 20°W, entre 900 e 800 hPa, possivelmente associado ao D2. Movimentos descendentes intensos podem ser vistos entre 5 e 10°W, área mais próxima à Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS).

A imagem do satélite MET-7 do dia 23 de maio de 2006 as 06 UTC (figura 5a), mostra a intensificação do D2 no ATS, a leste do LNB, mas este já era visível nas imagens do dia 20 (não mostradas), ainda que constituído de nuvens com fraco desenvolvimento. O D1 continua se deslocando mais próximo à ZCIT, influenciando o tempo no norte do Nordeste (figuras 5, indicado pelas setas). O segundo distúrbio (D2) finalmente alcança o LNB, conforme pode ser visto na imagem do dia 24 de maio de 2006 às 00 UTC (figura 5b). Diferente do D1, esse distúrbio não adentrou muito no continente, se dissipando entre a noite do dia 24 e início do dia 25 (figuras não apresentadas). Essa diferença pode ser explicada pela falta de associação do D2 com a ZCIT e também por sua trajetória ter sido unicamente continental após sua entrada no LNB, o que não aconteceu com o D1, uma vez que este se propagou (em parte) ainda sobre o ATS, a norte do Nordeste, tendo então um suprimento de umidade, não observado no D2. Em ambas as imagens de satélite é notada a presença da ZCIT e a persistente nebulosidade baixa, decorrente da circulação da ASAS.

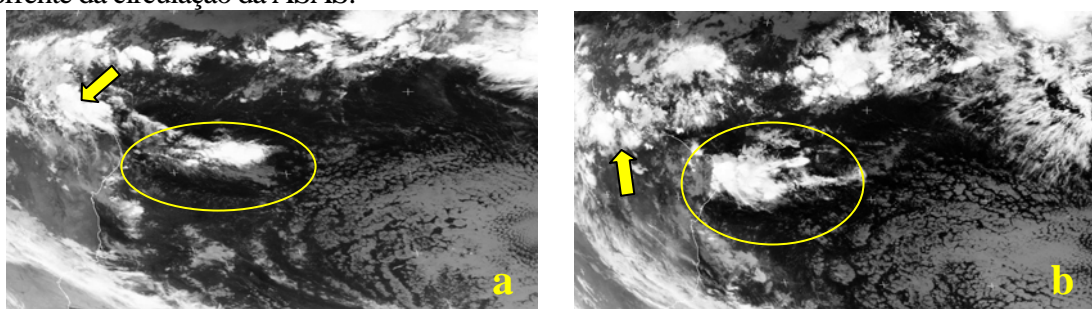


Figura 5: Recortes das imagens do satélite MET7 das 06 UTC do dia 23 (a) e as 00 UTC do dia 24 (b) de maio de 2006 no canal infravermelho. As setas (elipses) indicam a nebulosidade associada ao D1(D2). Fonte: DSRS.

Analisando a circulação referente às 00 UTC do dia 24 de maio de 2006, nota-se no nível de 1000 hPa (LC) um cavado sobre o LNB, estando os ventos Alísios de sudeste um tanto intensos no Oceano Atlântico, fator que contribuiu no transporte de umidade em direção ao LNB. No nível de 850 hPa, o campo de VR mostra o sinal do D2 mais intenso do que em 1000 hPa (figura 6a), tanto que é possível seguir a propagação do cavado associado ao D2 pelo menos desde o dia 23, quando ocorreu sua intensificação. O núcleo de VR associado ao D2 já era evidente antes mesmo da onda ser identificada, de maneira mais direta, por imagens de satélite. Em 700 hPa, também é possível identificar esse núcleo de VR negativa e o cavado, só que menos intensos e deslocados para norte (figura 6b), como ocorrera no D1. Em níveis médios (500 hPa), as LC mostram confluência do vento na área de atuação do D2 e uma ampla área de circulação predominantemente anticiclônica (crista) a sul desta. A reanálise indica, portanto, condições para a geração de movimentos ascendentes em médios níveis. Em 200 hPa, a circulação nas LC é anticiclônica no nordeste do Nordeste, lançando um ramo difluente dos ventos na região de atuação do D2, algo que ajuda a reforçar os movimentos verticais naquela área, uma vez que havia confluência nos níveis inferiores. A dissipação do D2 ocorreu, sobretudo, devido à desintensificação dos cavados em baixos níveis.



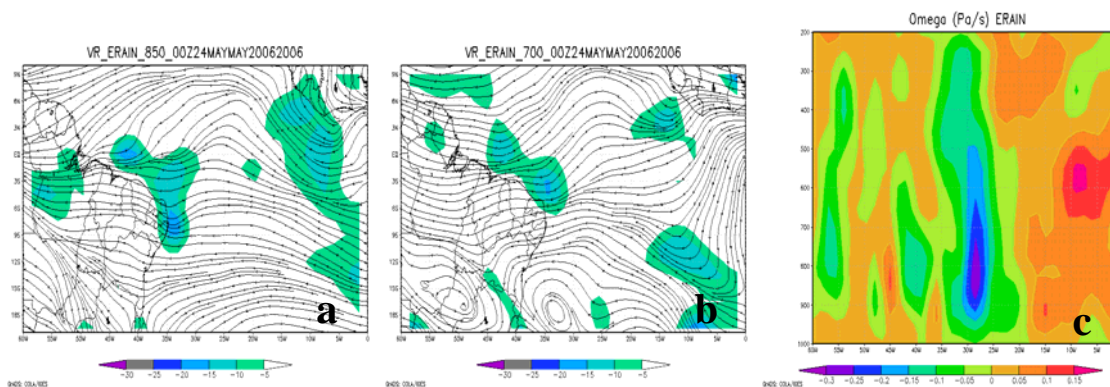


Figura 6: Como na figura 4, mas para as 00 UTC do dia 24 de maio de 2006, com corte da seção omega em 8°S. Fonte: ERAIN.

A seção vertical omega na latitude de 8°S no horário das 00 UTC do dia 24 de maio de 2006 (figura 6c), mostra movimentos ascendentes na área afetada pelo D2 (entre 35 e 25°W). O núcleo de omega negativo mais intenso situa-se na camada 900-700 hPa, o que indica que os processos mais importantes para a intensificação do D2 ocorreram em baixos níveis, como no evento D1.

#### 4. CONCLUSÃO

A análise sinótica mostrou que os dois DOLs estudados apresentaram sinal maior de sua atuação em baixos níveis, especialmente entre 850 e 700 hPa. O evento D1 esteve associado à passagem de um sistema frontal alguns dias antes pelo LNB, o qual perturbou os ventos Alísios de sudeste que, aliados aos ventos da alta pós-frontal, atuaram na advecção de umidade em direção ao Nordeste brasileiro. O D1 cruzou o norte do Nordeste, se acoplando à ZCIT e à convecção sobre o continente. O segundo evento (D2) já era observado no centro do ATS no dia 20 de maio de 2006. Este DOL se propagou para oeste, atingindo o LNB quatro dias depois. O cavado ligado a esta onda foi mais intenso em 700 hPa, se deslocando para níveis mais baixos à medida que se aproximava do LNB.

**AGRADECIMENTOS:** À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e o primeiro autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de mestrado.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERRISFORD, P.; D. DEE; K. FIELDING; M. FUENTES; P. KALLBERG; S. KOBAYASHI and S. UPPALA: The ERA-Interim archive, 2009.

ESPINOZA, E. S. **Distúrbios nos Ventos de Leste no Atlântico Tropical**. 1996, 149f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1996.

FEDOROVA, N. Sinótica IV: Sistemas e Processos Sinóticos Atuantes na América do Sul. In: **Ondas de Leste**. Maceió. 2008. 194 p.

PONTES DA SILVA, B. F. **Sistemas sinóticos associados às precipitações intensas no estado de Alagoas**. Maceió, 149 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Meteorologia, Universidade Federal de Alagoas, 2008.

YAMAZAKI, Y. & RAO, V.B. 1977: Tropical cloudiness over the South Atlantic Ocean. **J. Met. Soc. Jap.**, 55(2), 205-207.