

## DIFERENTES TIPOS DE LINHAS DE INSTABILIDADE E SUAS ASSINATURAS SUPERFICIAIS.

Jenifer Lorena Corrêa Pereira<sup>1</sup> e Cléo Quaresma Dias Junior<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Pará, IFPA-Bragança

### Resumo

Complexos convectivos associados a situações de convecção profunda, tais como linhas de instabilidade (LI's) originadas ou não no litoral norte da América do Sul, são vistas com frequência sobre a Amazônia e são responsáveis por chuvas intensas nessa região. O presente estudo compara as "assinaturas" superficiais deixadas por duas LI's que se propagaram acima da região amazônica e que foram originadas de maneira diferentes, sendo uma delas oriunda da convecção profunda acima do Atlântico Norte e a outra gerada devido a presença de uma frente fria presente no Sul do Brasil. Os dados de superfície analisados, fazem parte do projeto GoAmazon 2014/15 e foram utilizados na detecção desses sistemas, juntamente com criteriosa análise visual de imagens de satélite e radar. Parâmetros termodinâmicos como temperatura, pressão, velocidade do vento, e umidade relativa, além do ozônio superficial mostraram-se mais influenciados durante a presença da linha de instabilidade induzida pela frente fria que durante a presença da linha gerada no Atlântico Norte.

**Palavras-chave:** Linha de instabilidade; Convecção profunda; Parâmetros termodinâmicos, ozônio

### Abstract

Convective complexes associated with deep convection situations, such as squall lines (SL) originating or not on the north coast of South America, can be seen with certain frequency above the Amazon and are responsible for intense rains in this region. In the present study we compare the superficial "signatures" left by two SL's which are propagated above the Amazon region and from different origins, the first originating from deep convection above the North Atlantic and second are generated due to a cold front present in the South of Brazil. The surface data analyzed are part of the GoAmazon 2014/15 project and are used in system detection along with critical analysis of satellite and radar images. We found that the thermodynamic parameters such temperature, pressure, wind speed, and air relative humidity are more influenced by the presence of cold front-induced squall line.

**Keywords:** Squall line; Deep convection; Thermodynamic parameters, ozone

## 1. Introdução

As linhas de instabilidade (LI's) são sistemas convectivos formados por nuvens cumulonimbus que se propagam em forma de linha, desenvolvem-se frequentemente sobre a costa Norte-Nordeste da América do Sul. Elas apresentam dimensões que facilitam a visualização em imagens de satélite e radar (Cohen *et al.*, 1995). O período chuvoso no nordeste Paraense é marcado por 45% de influência direta das LI's (Cohen *et al.*, 1995). Muitos desses sistemas convectivos movem-se para o interior da Amazônia e também são responsáveis pela precipitação na Amazônia Central, durante a estação seca (Cohen *et al.*, 1989), sendo assim responsáveis também na distribuição de chuvas na Amazônia.

Além das LI's formadas na costa Norte da América do Sul (AS) é sabido que a penetração de sistemas frontais sobre a AS também contribui, em grande parte, para a variabilidade diária de convecção nos trópicos, com possíveis induções na formação de LI's Acima da região Amazônica (Siqueira e Toledo Machado, 2004). Alguns estudos importantes abordaram as influências desses sistemas sinóticos sobre a atividade convectiva em várias regiões do continente. Marengo *et al.*, (1997) e Machado *et al.* (1999) mostraram que as flutuações da nebulosidade de 3 a 6 dias sobre a bacia amazônica estiveram associadas com a penetrações de sistemas frontais. Machado *et al.* (1999) também identificaram eventos de propagação meridional de convecção do Sudeste da AS para a bacia amazônica associada aos sistemas frontais. Os autores consideraram esses eventos como o padrão mais importante da variação diária de convecção observada na AS durante a primavera austral.

O presente trabalho tem como objetivo analisar dados de superfície durante a presença de dois tipos de LI's acima da região Amazônica, uma delas formada na costa norte da AS e a outra induzida por uma frente fria presente no Sul do Brasil. Vale salientar que não se conhece até o presente momento estudos que compararam os efeitos superficiais de diferentes formações desses sistemas.

## 2. Materiais e Métodos

Os dados usados nesse estudo fazem parte do projeto GoAmazon (*Green Ocean Amazon*) que tinha como objetivo entender melhor as interações complexas entre vegetação, química atmosférica e produção de aerossóis, por um lado, e suas conexões com aerossóis, nuvens e precipitação, por outro. Sua realização ocorreu no período de 2014-15, com a implantação do Programa de Medição de Radiação Atmosférica do Departamento de Energia (ARM, <http://www.arm.go/measurements>) *Climate Research Facility* do *Department of Energy* (DOE) dos EUA, em Manacapuru (3,2 ° S, 60,6 ° W, 34 m acima do nível do mar, também conhecido como T3), localizado a aproximadamente 70 km da cidade de Manaus, no Amazonas (Martin *et al.*, 2015).

As medidas dos dados de ozônio foram feitas por meio de um analisador de gás absorvedor de radiação ultravioleta (modelo 49i, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA).

Parâmetros como temperatura, umidade relativa e precipitação foram determinados a partir de medições de radiômetro de microondas (MWRP). As análises das variáveis pressão, velocidade e direção do vento foram possibilitadas por meio do instrumento “Doppler Lidar vertical velocity and cloud statistics (DLWSTATS)” (Dias-Junior *et al.*, 2017).

Para identificação da presença da LI acima de Manacapuru recorreu-se as imagens de radar (não mostradas aqui) e satélite obtidas no site CPTEC (<http://satelite.cptec.inpe.br>). Também, através das imagens de satélite foi possível identificar a “gêneses” das LI's: formada na costa norte da AS ou induzidas por frentes frias presentes no sul do Brasil. Dois estudos de caso serão mostrados aqui: uma LI de 01 de abril de 2014 que se formou na costa norte (LICN - linha de instabilidade com formação na costa norte), e outra LI de 10 de outubro de 2014 que teve formação induzida por uma frente fria (LIFF - linha de instabilidade com formação por frente fria) (Figura1).

Após a identificação das LI's passou-se a análise dos dados de superfície, tais como: precipitação, temperatura, umidade relativa, velocidade e direção do vento, pressão e ozônio. Tal análise teve como objetivo identificar possíveis diferenças entre as “assinaturas” deixadas por ambas as LI's.

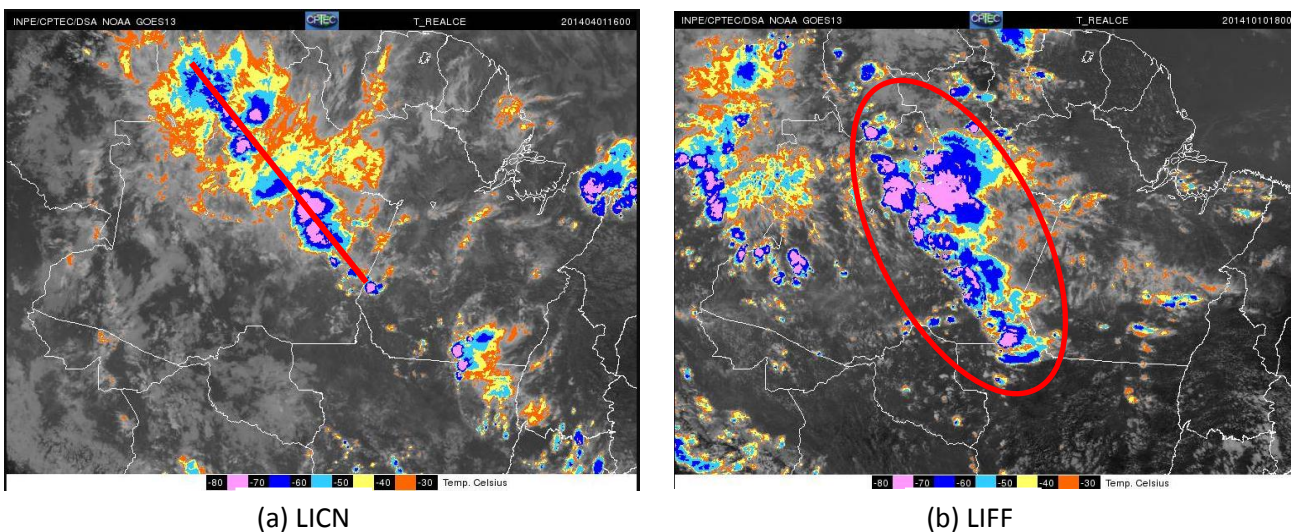


Figura1 – Imagens do satélite GOES-13 no canal Infra sobre o local de estudo: (a) LICN (linha de instabilidade com formação na costa norte) 01 de abril de 2014; (b) LIFF (linha de instabilidade com formação por frente fria) 10 de outubro de 2014.

### 3. Resultados

Através das Figuras 2 e 3 é possível notar que para ambas as LI's estudadas aqui houve: precipitação (Figura 2a-b); queda da umidade relativa (Figura 2c-d) e da temperatura (Figura 2e-f); aumentos na variância de pressão (Figura 3a-b) e da velocidade do vento (Figura 3e-f) e mudança brusca na direção do vento médio (Figura 3c-d). Além disso, foi possível observar aumentos súbitos nos níveis de ozônio nos mesmos horários em que as LI's estiveram acima do sítio experimental (Figura 4a-b).

Em relação a precipitação (Figuras 2a-b) nota-se que no dia 01 de abril de 2014, dia de

ocorrência da LICN, houve forte precipitação (aproximadamente 60 mm/h) por volta das 15:30 h UTC, provavelmente foi esse o horário em que a LICN esteve exatamente acima de Manacapuru (Figura 2a). Para o dia 10 de outubro de 2014, dia de ocorrência da LIFF, aparentemente o instrumento responsável pelas medidas de precipitação não apresentou bom funcionamento, conforme pode ser visto na Figura 2b.

É possível notar que a umidade relativa apresentou uma queda de aproximadamente 12% e 21% algumas horas antes da presença das LICN e LIFF, respectivamente (Figura 2c-d). Uma diminuição também pode ser observada nos valores de temperatura para os dois casos: LICN 4°C, LIFF 6°C (Figura 2e-f, respectivamente). A queda da umidade relativa e da temperatura

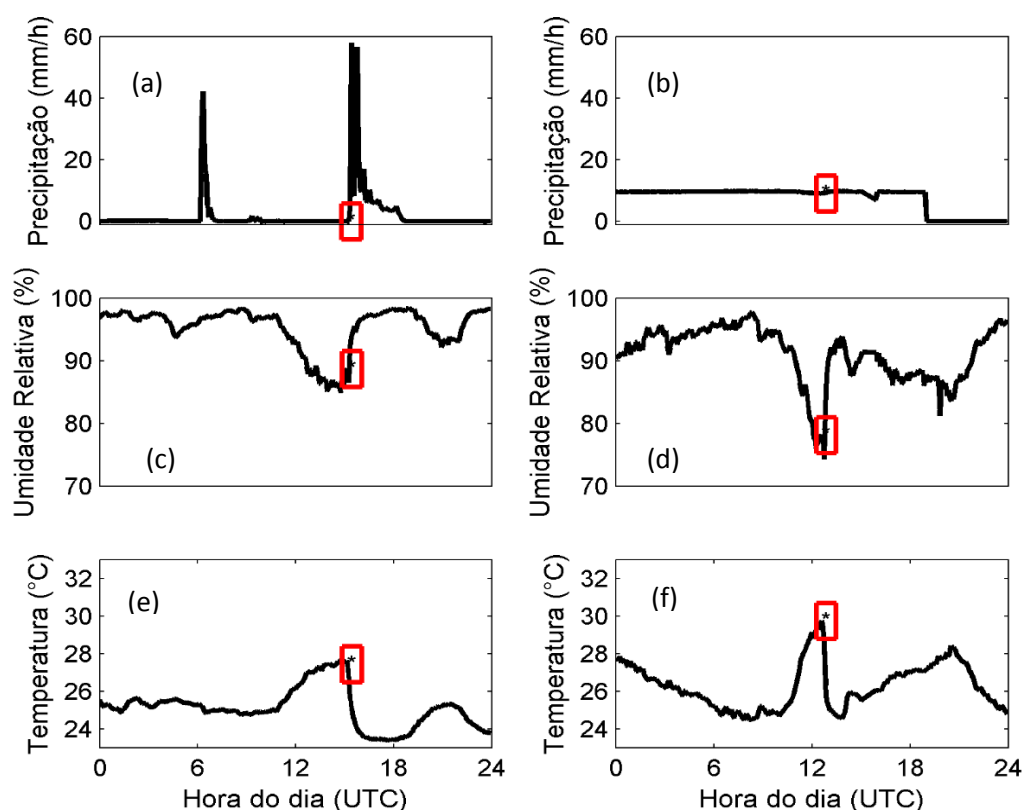


Figura 2– a); c) e e) mostram a precipitação, umidade relativa e temperatura, respectivamente para o dia de ocorrência da LICN. b); d) e f) mostram a precipitação, umidade relativa e temperatura, respectivamente para o dia de ocorrência da LIFF. Os retângulos vermelhos indicam o horário aproximado em que as LI's estiveram acima do sítio experimental.

podem estar associadas a presenças de downdrafts de parcelas de ar frio e seco, oriundas da alta troposfera, conforme já observado por Betts et al (2002).

Nota-se também que a variância de pressão não sofre fortes alterações durante a presença da LICN (Figura 3a), diferentemente do ocorre na presença da LIFF (Figura 3b), que apresenta aumentos de aproximadamente  $0.77 \times 10^{-3}$  hPa. Além do que, observa-se que a direção do vento dominante no dia de ocorrência da LICN e da LIFF é  $200^\circ$  e  $360^\circ$ , respectivamente. Contudo, durante a passagem das LI's esses valores mudaram para  $50^\circ$ - $100^\circ$  para ambos os casos, como pode ser visto na Figura 3c-d.

Verifica-se ainda, através da Figura 3e que a velocidade do vento sofre aumentos significativos, atingindo valores de aproximadamente 7.5 e 10 m/s durante a passagem da LICN e LIFF, respectivamente.

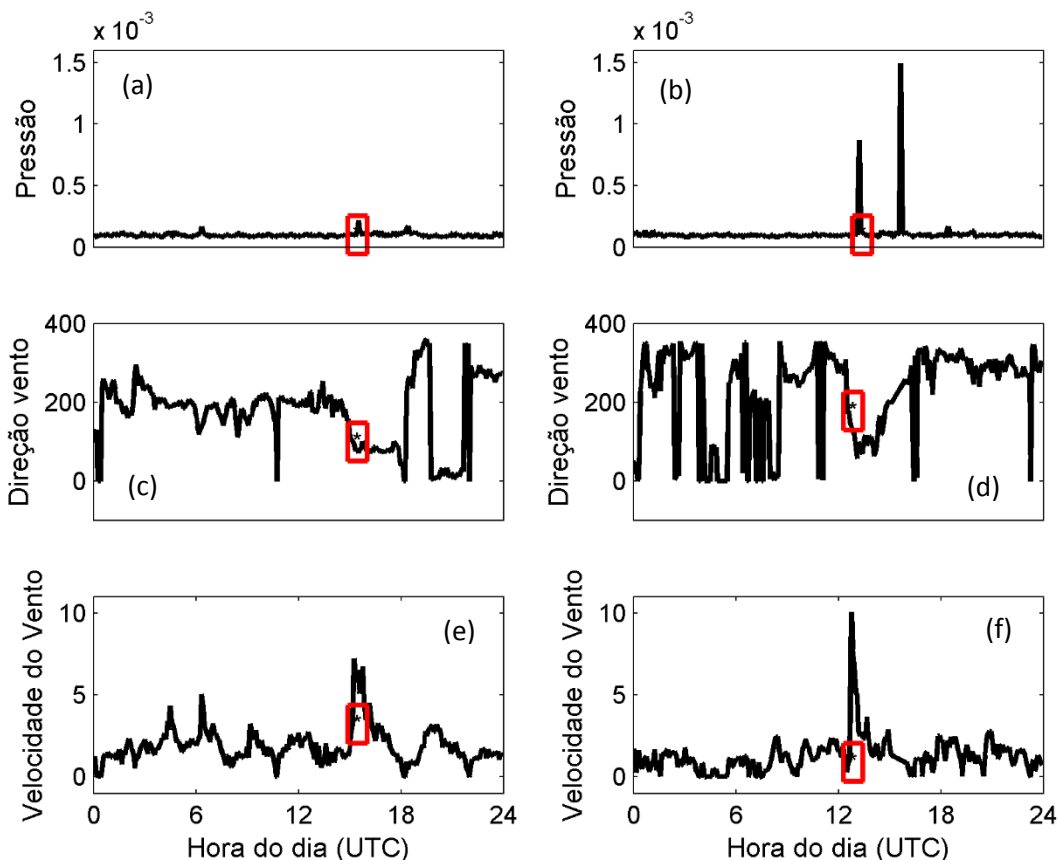


Figura 3- a); c) e e) mostram a variância de pressão, direção do vento e velocidade do vento, respectivamente para o dia de ocorrência da LICN. b); d) e f) mostram a variância de pressão, direção do vento e velocidade do vento, respectivamente para o dia de ocorrência da LIFF. Os retângulos vermelhos indicam o horário aproximado de ocorrência das LI's.

Outra questão particularmente importante refere-se aos aumentos superficiais de ozônio durante a passagem das LI's acima de Manacapuru, conforme observado na Figura 4. É possível

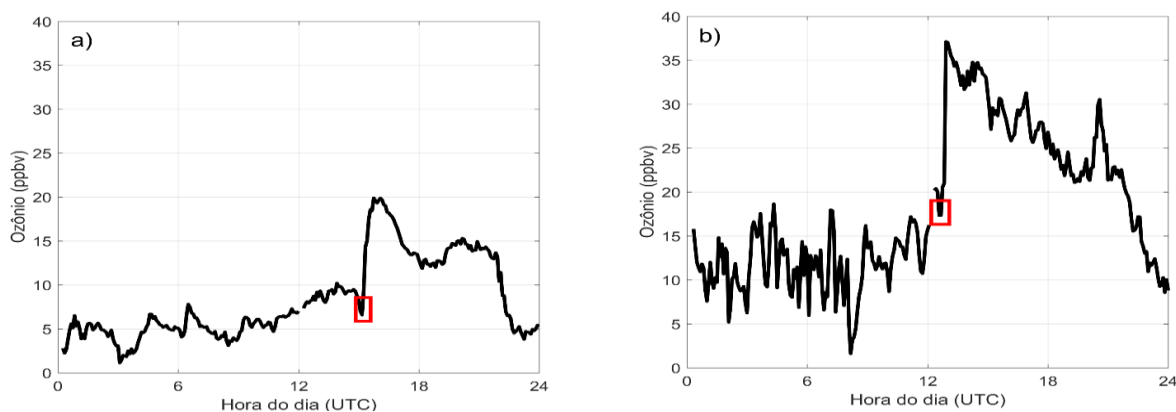


Figura 4- Concentração de ozônio durante os dias de ocorrência da LICN (a) e LIFF (b). O retângulo vermelho indica o horário aproximado de ocorrência das LI's.

observar que durante a presença da LINC os níveis superficiais de ozônio saltam de aproximadamente 10 para 20 ppbv. Já durante a presença da LIFF o aumento de ozônio é de aproximadamente 17 ppbv.

#### 4. Considerações Finais

Foram observados a presença de dois tipos de linhas de instabilidades acima de Manacapuru-AM, uma delas gerada na costa norte paraense e a outra induzida por uma frente fria presente no Sul do Brasil. Observou-se que ambas as linhas deixaram suas “assinaturas” próximo à superfície: precipitação, diminuição da umidade relativa e da temperatura, aumentos da variância de pressão e da velocidade do vento e mudanças repentinas na direção do vento dominante. Além disso, os níveis superficiais de ozônio aumentam consideravelmente diante a presença de tais linhas. Contudo, observou-se que as assinaturas deixadas pela LIFF foram muito mais expressivas que as deixadas pela LICN. Vale salientar que muito ainda é desconhecido sobre LI's provenientes de frentes frias, mas este trabalho apresentou evidências da grande influência em parâmetros termodinâmicos superficiais relativo a presença de tais linhas.

#### Agradecimentos:

Agradecemos ao Departamento de Energia dos Estados Unidos – Ao Atmospheric Radiation Measurement Climate Research Facility deployment – Ao projeto GoAmazon e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo apoio financeiro.

#### Referências Bibliográficas

- BETTS, A. K. et al. Surface diurnal cycle and boundary layer structure over Rondônia during the rainy season. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 107, n. D20, 2002. ISSN 2156-2202.
- COHEN, J.; SILVA DIAS, M.; NOBRE, C. Aspectos climatológicos das linhas de instabilidade na Amazônia. **Climanálise**, v. 4, n. 11, p. 34-40, 1989.
- COHEN, J. C.; SILVA DIAS, M. A.; NOBRE, C. A. Environmental conditions associated with Amazonian squall lines: A case study. **Monthly Weather Review**, v. 123, n. 11, p. 3163-3174, 1995. ISSN 1520-0493.
- DIAS-JUNIOR, C. Q. et al. Convective storms and non-classical low-level jets during high ozone level episodes in the Amazon region: An ARM/GOAMAZON case study. **Atmospheric Environment**, v. 155, p. 199-209, 2017. ISSN 1352-2310.
- MACHADO, L. et al. Meridional propagation of convection in South America. Preprints. Fourth Conf. on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, 1999. p.398-399.
- MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; CULF, A. D. Climatic impacts of “friagens” in forested and deforested areas of the Amazon Basin. **Journal of Applied Meteorology**, v. 36, n. 11, p. 1553-1566, 1997. ISSN 1520-0450.
- MARTIN, S. et al. Introduction: Observations and Modeling of the Green Ocean Amazon (GoAmazon2014/5). **Atmospheric Chemistry & Physics Discussions**, v. 15, n. 21, 2015. ISSN 1680-7367.
- SIQUEIRA, J. R.; TOLEDO MACHADO, L. A. Influence of the frontal systems on the day-to-day convection variability over South America. **Journal of Climate**, v. 17, n. 9, p. 1754-1766, 2004. ISSN 1520-0442.