

# ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICA E TERMODINÂMICAS DE UMA LINHA DE INSTABILIDADE OCORRIDA NO DIA 08 DE OUTUBRO DE 2002 EM RONDÔNIA DURANTE O EXPERIMENTO LBA: UM ESTUDO DE CASO

*Alana de Lima Pontes<sup>1</sup>, Maria Assunção Faus da Silva Dias<sup>2</sup>*

**RESUMO:** O presente trabalho visa estudar as características físicas e termodinâmicas de uma Linha de Instabilidade (LI), ocorrida no dia 08 de outubro de 2002 no Estado de Rondônia, verificando sua organização e formação. Este sistema provocou uma série de mudanças nos perfis de diversas variáveis termodinâmicas na atmosfera, em especial da temperatura potencial equivalente, cujo decréscimo é um forte indicativo da sua passagem. Os resultados obtidos mostraram que esta LI apresenta características semelhantes às LI's observadas na Amazônia no que se refere à existência e a profundidade do jato de baixos níveis estudadas por outros autores [Silva Dias e Ferreira (1992); Rickenback (2004); Cohen et al. (1995)].

**ABSTRACT:** This work intends to study the physical and thermodynamical characteristics of a Squall Line (SL) which occurred in Rondonia, October 8th 2002 analysing its development and organization. This system caused changes in the thermodynamical profiles of some variables in the local atmosphere, specially in the equivalent potential temperature, which strongly indicates SL presence. Results show the SL shows similar features of the ones observed over Amazon concerning on its behavior and the low level jet depth studied by other authors [Silva Dias and Ferreira (1992); Rickenback (2004); Cohen et al. (1995)].

**Palavra-Chave:** Rondônia, Linha de Instabilidade, termodinâmica.

## INTRODUÇÃO

A importância dos estudos sobre a bacia amazônica, deve-se principalmente as suas características únicas, tais como: grande fonte de umidade devido a sua abundante vegetação, características climáticas diferenciadas, etc. A convecção na região amazônica é um importante mecanismo de aquecimento da

---

<sup>1</sup> Mestre em Ciências Atmosféricas, Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais – CPTEC/INPE, Rodovia Presidente Dutra Km 40, São Paulo. E-mail: alana@cptec.inpe.br.

<sup>2</sup> Professora Dra. do Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo – IAG/USP. E-mail:

atmosfera tropical, e suas variações, em termos de intensidade e posição (Cohen et al., 2002) exercem um papel fundamental na determinação do tempo e clima desta região.

Desta forma, durante a estação de transição seca e chuvosa na Amazônia, foi realizada no sudeste da bacia Amazônica, a campanha Dry-to-Wet do *Large Scale Biosphere Atmosphere Experiment in Amazonia* (LBA) de setembro a novembro de 2002, com medições intensivas de diversas variáveis meteorológicas (Silva Dias et al., 2004). O objetivo principal do experimento é melhorar o entendimento do acoplamento entre a convecção da atmosfera e a variabilidade da superfície da terra e seus impactos no ciclo hidrológico na Amazônia (Silva Dias et al., 2002).

O presente trabalho visa estudar as características físicas e termodinâmicas de uma Linha de Instabilidade (LI) que ocorreu no dia 08 de outubro de 2002. Este sistema esteve inserido em um sistema convectivo de mesoescala (SCM), no período de 07 a 09 de outubro de 2002 no Estado de Rondônia.

Linhas de instabilidade (ou, genericamente, bandas de precipitação), consistem de, basicamente, um conjunto de cumulonimbus alinhados que se deslocam de maneira uniforme, mantendo uma certa identidade durante seu tempo de vida (Silva Dias, 1987) que varia entre poucas horas até um dia. As linhas de instabilidade (LI) tropicais possuem dois tipos de correntes descendentes: uma, de escala convectiva (10 a 20km), que ocorre na região de precipitação intensa, e outra mais tênue, de mesoescala (100 a 500km), que se forma na região da bigorna (Houze, 1977). entretanto, ambas as correntes são suficientemente intensas para transportar ar de níveis médios para os níveis baixos. Desta forma, a passagem destes sistemas provoca, abaixo de 800hPa, uma diminuição dos valores de temperatura potencial equivalente, enquanto há um aumento acima de 500hPa.

## **DADOS**

Para o diagnóstico realizado neste trabalho foram analisadas as imagens do satélite GOES-8 e imagens do radar da Tecsats, instalado no Estado de Rondônia.

Dados de reanálise do *National Centers for Environmental Prediction/Nacional Center for Atmospheric Research* (NCEP/NCAR), em pontos de grade e vários níveis isobáricos para elaboração dos campos de vento nos níveis de 850 e 200hPa, os quais foram utilizados para a avaliação sinótica do caso.

Os dados de radiossondagens e das estações automáticas utilizados no trabalho foram coletados durante o experimento DRY-TO-WET/LBA, realizado em Rondônia para o período de setembro e outubro de 2002.

Foram usadas radiossondagens das 18:00TMG do dia 07/10 e das 00:00 e 12:00 TMG do dia 08/10 da Fazenda Nossa Senhora - RO (10.75°S; 62.37°W). Dados de precipitação das estações automáticas distribuídas em Rondônia. E também, dados da componente zonal do vento para a elaboração de perfis verticais nas localidades da Fazenda Nossa Senhora, Porto Velho e Guajará-Mirim em Rondônia.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Sistema Convectivo de Mesoescala (SCM) ocorrido no período de 07 a 09 de outubro de 2002, sobre o Estado de Rondônia, teve propagação para oeste e longo tempo de vida de 1-2 dias (Pontes e Silva Dias, 2005). Este sistema deu origem a uma linha de instabilidade formada no dia 08 de outubro, vista nas imagens dos CAPPI's (*Constant Altitude Plan Position Indicator*) do radar na Figura 3. As imagens do satélite GOES-8 (Figura 1) mostra a hora da passagem da Linha de Instabilidade a leste do Estado de Rondônia.

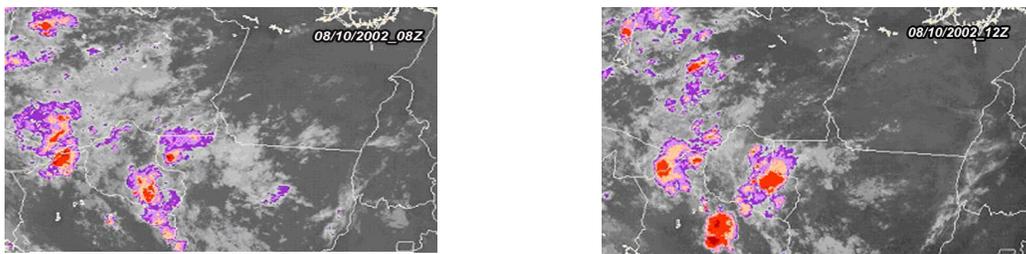


Figura 1 Imagens do Satélite GOES-8 no canal do infravermelho realçado para o dia 08 de outubro de 2002. (Fonte dos dados: Lab.Master DCA/IAG/USP)

O campo de vento em 850hPa visualizado na Figura 2 (a) mostra uma grande circulação anticiclônica cobrindo quase todo o Brasil e convergindo fluxo de umidade vindo do oceano para o continente. Esta circulação favoreceu a formação da convecção na região de Rondônia. A Figura 2 (b) mostra a distribuição temporal da chuva ocorrida no dia 08 de outubro de 2002 em várias cidades do Estado de Rondônia, a qual teve um caráter convectivo. Tais estações estão bem distribuídas espacialmente sobre o Estado, o que dá uma visão ampla do comportamento da precipitação neste dia em especial.

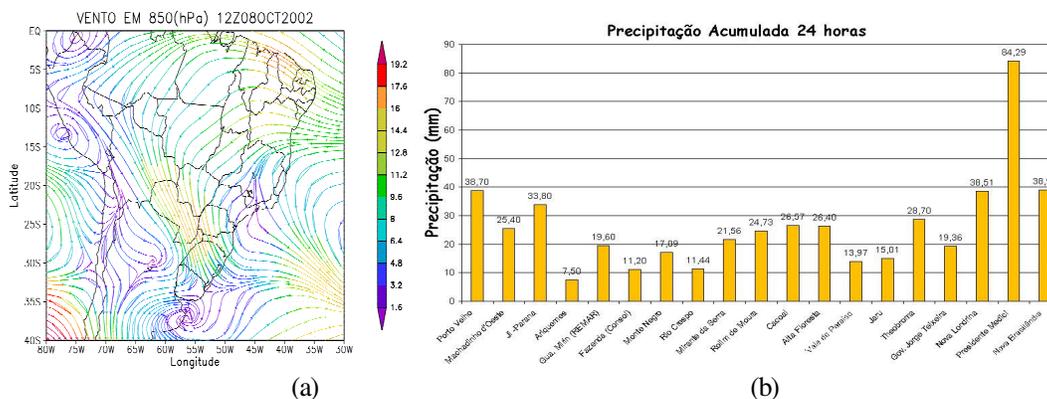


Figura 2 (a) Linhas de Correntes e intensidade do vento para os níveis de 850hPa para as 12:00TMG do dia 08 outubro de 2002. (b) Distribuição espacial da precipitação total diária para o dia 08 de outubro de 2002. (Fonte dos dados: REANALISE/NCEP)

Para este trabalho foram utilizadas radiossondagens (figuras não mostradas) das 18:00TMG do dia 07/10 e das 00:00 e 12:00 TMG do dia 08/10 da Fazenda Nossa Senhora - RO (10.75°S; 62.37°W) que mostram os altos valores do CAPE (*Energia Potencial Convectiva Disponível*). Este parâmetro indica a energia obtida por aquecimento da superfície para haver convecção. O valor observado para o CAPE das

18:00TMG do dia 07 de outubro foi 2384.0J e o CINE (Energia de Inibição Convectiva) que indica um obstáculo à convecção por haver falta de flutuação próximo à superfície foi de 0.0J, ou seja, não existia obstáculo anterior à passagem do sistema. Segundo Silva Dias (2000) no caso do CINE=0.0 as tempestades se formam espontaneamente e não costumam ser severas. Segundo a escala proposta por Sturtevan (1995) referente à correspondência entre o valor do CAPE e o seu potencial convectivo na atmosfera, o valor do CAPE está dentro da categoria de moderadamente instável. Para o horário das 00:00TMG do dia 08 de outubro o valor do CAPE já diminuiu ficando em torno de 918.0J e após sua passagem (12:00 TMG do dia 08 de outubro) esse valor cai ainda mais para 470.0J, onde pode-se concluir que toda a energia foi usada para o suprimento e desenvolvimento do sistema.

A evolução detalhada de algumas variáveis termodinâmicas de superfície é mostrada na Figura 4. Estas foram construídas com dados da estação automática localizada na Fazenda Nossa Senhora (10.75°S; 62.37°W). Pôde-se perceber que a passagem da Linha de Instabilidade (LI) provocou mudanças bruscas nos perfis destas variáveis. Tais mudanças são observadas no horário das 12:00Z, com o decréscimo do Razão de Mistura de Vapor e em especial da Temperatura Potencial Equivalente, cuja decréscimo é um forte indicativo da passagem deste sistema. Também é notado no mesmo horário o aumento da magnitude do vento.

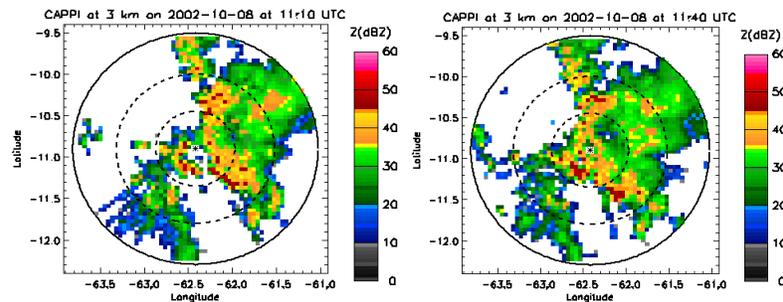


Figura 3 Evolução temporal da CAPPI do radar a 3Km para o dia 24 de setembro de 2002, próximo ao horário do total de precipitação acumulada. (Fonte dos dados: Lab. Master DCA/IAG/USP).

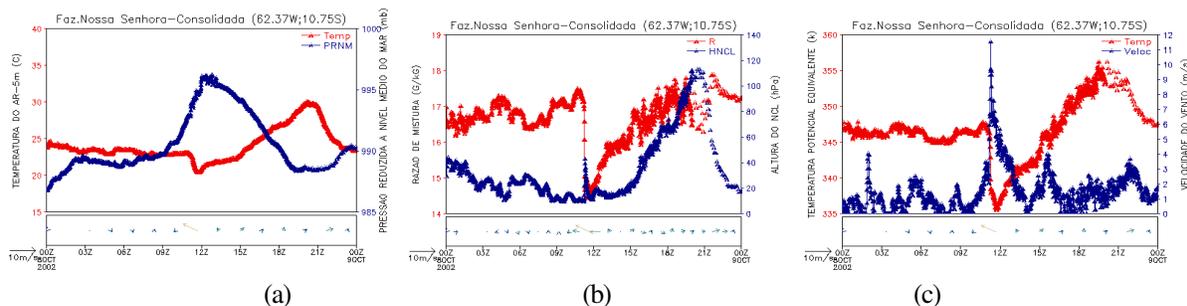


Figura 4 Séries temporais das variáveis meteorológicas termodinâmicas de superfície: Temperatura do ar (T) e PRNM (a), Temperatura Potencial Equivalente ( $\theta_e$ ) e Magnitude do Vento (b), a Razão de Mistura de Vapor ( $R_v$ ) e a Altura do Nível de Condensação por levantamento (HNCL) (c). Estas séries foram obtidas com os dados da estação automática de superfície (10.75°S; 62.37°W), localizada na Fazenda Nossa Senhora-RO. (Fonte dos dados: Lab.Master DCA/IAG/USP).

Para o caso desta LI os perfis de vento zonal foram obtidos antes, durante e depois da passagem da LI sobre Rondônia no dia 08 de outubro de 2002 nas primeiras horas da manhã. As imagens de radar e satélite indicaram que a LI começou a evoluir pela borda leste da área do radar.

Pode-se então, determinar esta LI como uma LI originada a leste da área do Experimento como classificada por Cohen et al (2000) a qual fez uma classificação das LI que foram observadas durante o período do WETAMC e encontrou vários tipos de LI como: LI Costeira (SLC), LI originada sobre a área local do WETAMC/LBA (SLL) e as LI originadas no leste da área do WETAMC/WETAMC (SLE). Foram observados através do perfil vertical da componente zonal do vento [Figura 5 (a), (b) e (c)] o jato de baixos níveis que foi detectado entre os níveis de 850-650 em Guajará-Mirim e em Porto velho. Já na Fazenda Nossa Senhora o aumento do vento foi melhor caracterizado entre os níveis de 700-650hPa. Concordando com os resultados encontrados por Cohen et al (1995) que os ventos máximos na Bacia Amazônica Central para 3 (três) casos de LI foram localizados entre 850-650hPa. Silva Dias e Ferreira (1992) observaram que o principal evento associado com os dias de LI foi à magnitude do vento e a espessura do jato de baixos níveis. E este jato de baixos níveis é um importante mecanismo de transferência de energia devido ao cisalhamento vertical do vento do estado básico que age através do termo de mecanismo de produção da equação de energia cinética de mesoescala.

Uma outra observação relevante é o fato do efeito das correntes descendentes, também visualizada no perfil de vertical da componente zonal do vento [Figura 5 (a), (b) e (c)] abaixo da base da nuvem, entre os níveis de 1000 (à superfície) e 900hPa. Nota-se uma mudança brusca na direção e intensidade do vento antes, durante e depois da passagem do sistema, para as três localidades. A curva de cor azul representa o horário das 12:00TMG (durante a passagem do sistema), que mostra um máximo de velocidade para leste (no caso da Fazenda Nossa Senhora e de Porto Velho) ou de oeste (no caso de Guajará-Mirim) de 5 m/s, indicando a mudança do vento a qual também foi observada por Betts (1976) onde mostrou que a evaporação da precipitação que atingiu a camada não saturada abaixo da nuvem, provoca um resfriamento que pode induzir movimentos descendentes.

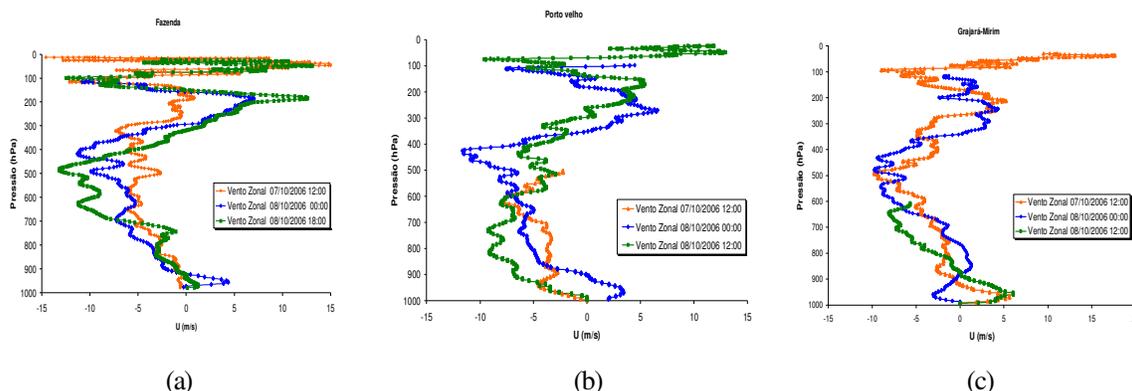


Figura 5 Perfil vertical do vento zonal para diferentes estágios da passagem da Linha de Instabilidade sobre a Fazenda Nossa Senhora (a) Porto Velho (b) e Guajará-Mirim (c).

## CONCLUSÕES

Pôde-se perceber, através dos dados de superfície, que a passagem da Linha de Instabilidade provoca

uma série de mudanças nos perfis de diversas variáveis termodinâmicas na atmosfera, em especial a temperatura potencial equivalente, cujo decréscimo é um forte indicativo da passagem deste sistema. Os resultados obtidos mostraram que esta Linha de Instabilidade concorda com as LI observadas na Amazônia no que se refere à existência e profundidade do jato de baixos níveis também discutidos por outros autores [Silva Dias e Ferreira (1992); Rickenback (2004); Cohen et al. (1995)]. Observa-se também, que apesar deste evento estar inserido no período de transição da estação seca para a chuvosa no Estado de Rondônia, o sistema apresenta característica similar às encontradas na estação chuvosa, mas não pode ser classificado como uma tempestade severa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BETTS, A. K.**, “*The thermodynamic transformation of the tropical subcloud layer by precipitation and downdrafts*”, J. Atmos. Sci., vol.33, p.1008-1020, 1976
- COHEN, J. C. P. ; SILVA DIAS, M.A.F. ; COSTA, W.** . Características médias das linhas de instabilidade durante o período chuvoso do WETAMC/LBA.. In: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia., 2000, Rio de Janeiro. Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia. 2000. p. 1576-1582.
- PONTES, A. L. E SILVA DIAS, M. A. F.**, “*Análise das Características de Grande Escala das Tempestades ocorridas na transição entre a estação seca e chuvosa em Rondônia e Associação com a Quantidade de Aerossóis Oriundos da Queima de Biomassa*”, IX Congresso Argentino de Meteorologia, Buenos Aires, Argentina, 2005.
- SILVA DIAS, M. A. F.**, “Sistemas de Mesoescala e Previsão de Tempo a Curto Prazo.” *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 2, p. 133 – 150, 1987.
- SILVA DIAS, M.A.F. ; E COLABORADORES.** *A case study of the organization of convection into precipitating convective lines in the Southwest Amazon.* Journal of Geophysical Research, Estados Unidos, v. 107, n. D20, p. 39.1-39.20, 2002.
- COHEN, J. C. P., M. A. F. SILVA DIAS e C. A. NOBRE**, “*Environmental conditions associated with Amazonian squall lines: A case study*”, Monthly Weather Review, Vol. 123, 3163-3174, 1995.
- COHEN, J. C. P.; SILVA DIAS, M.A.F. ; COSTA, W.** “*Características médias das linhas de instabilidade durante o período chuvoso do WETAMC/LBA*”. In: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia. Rio de Janeiro, 2000. Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia. p. 1576-1582.
- RICKENBACH, T. M.**, “*Nocturnal cloud systems and the diurnal variation of clouds and rainfall in southwestern Amazonia*”, Monthly Weather Review, vol. 132, 1201-2119, 2004
- SILVA DIAS, M. A. F.**, “*Índices de Instabilidade para previsão de chuva e tempestades severas*”, Notas de Aula, <http://www.master.iag.usp.br>. Departamento de Ciências Atmosféricas/IAG-USP, março, 2000.
- SILVA DIAS, M. A. F. e R. N. FERREIRA, 1992:** “*Application of a linear spectral model to the study of Amazonian squall lines during GTE/ABLE 2B.*” J. Geophys. Res., 97, 20 405-20 419.
- SILVA DIAS, M. A. F., E COLABORADORES**, “*A case study of convective organization into precipitating lines in the Southwest Amazon during the WETAMC and TRMM-LBA*”, J. Geophys. Res., 107(D20), 8078, doi:10.1029/2001JD000375, 2002.
- SILVA DIAS, M. A. F.; ARTAXO. P; ANDREAE M. O.** “*Aerosols impact clouds in the amazon basin*”. Published by International GEWEX Project Office. Vol. 14, No. 4, 2004. <http://www.gewex.org>.
- STURTEVANT, J. S.:** “*The Severe Local Storm Forecasting*”. Primer, 1995, 197 p.
- HOUZE, R. A. Jr.**, “*Structure and dynamics of a tropical squall-line system*”, Monthly Weather Review, v.105, p. 1540-1567, 1977