

CONTRIBUIÇÕES REPRODUZIDAS NA ÍNTEGRA

ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS DAS LINHAS DE INSTABILIDADE NA AMAZÔNIA

Júlia Clarinda Paiva Cohen ⁽¹⁾
Maria Assunção Faus da Silva Dias ⁽²⁾
Carlos Afonso Nobre ⁽³⁾

⁽¹⁾ Departamento de Meteorologia - DM
Universidade Federal do Pará - UFPA - Belém - PA

⁽²⁾ Instituto Astronômico e Geofísico - IAG
Universidade de São Paulo - USP - São Paulo - SP

⁽³⁾ Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE - São José dos Campos - SP

RESUMO

Bandas longas e estreitas de nuvens convectivas formam-se na costa norte-nordeste da América do Sul desde a Guiana até o Maranhão, no Brasil. Algumas destas bandas movem-se continente adentro como uma linha de instabilidade (LI), enquanto outras dissipam-se próximo à costa. A gênese de formação da LI na costa está associada à circulação de brisa marítima. Lis com atividade moderada e forte observadas de 1979 a 1986 foram analisadas a partir de imagens de satélites meteorológicos. A máxima frequência das Lis ocorre entre abril e agosto. Do total de 268 Lis analisadas, somente 38% propagaram-se para o interior do continente. A velocidade média de propagação das Lis é entre 12 e 16 m/s. A maioria das Lis são observadas ao sul da Zona de Convergência Intertropical no Atlântico (ZCITA). A dimensão horizontal média destes sistemas é 1400 km de comprimento e 170 km de largura.

ABSTRACT

Narrow and long strips of convective clouds are commonly observed at the northern coast of South America, from Guiana to Maranhão in Brazil. Some of these narrow convective bands move inland as squall lines (SL) but other dissipate near the coast. The formation of SL at the coast is associated with the sea breeze circulation. SLs with moderate and strong activity observed from 1979 to 1986 were analyzed through meteorological satellite imagery. The greatest frequency of SL occurs between April and August. Out of a total of 268 SLs analyzed, only 38% moved inland. The average speed of propagation of SL is between 12 and 16 m/s. Most of the SL are observed to the south of the Atlantic ITCZ. The mean horizontal dimensions of the SL are 1400 km in length and 170 km in width.

1. INTRODUÇÃO

Uma Linha de Instabilidade (LI) tropical é definida por Hamilton e Archbold-(1945) como uma linha de cúmulos-nimbos que se forma ao longo da borda de uma ampla área de movimento descendente. A América do Sul tropical contém uma variedade de sistemas convectivos que produzem grandes quantidades de precipitação. Entre estes sistemas tem-se a formação de linhas de cúmulos-nimbos, junto à costa atlântica, que algumas vezes propagam-se para o interior da bacia amazônica como uma LI.

A análise dos sistemas atmosféricos responsáveis pela produção de chuva no leste paraense mostrou que estas Lis foram um dos sistemas encontrados (Cutrin e Cohen, 1987). As Lis mostraram-se responsáveis por aproximadamente 45% da chuva que cai no leste paraense durante o período chuvoso de cinco anos analisados (Cutrin, comunicação pessoal).

A análise de imagens digitais do satélite geoestacionário GOES-W, no canal infravermelho, revelou que a menor temperatura atingida pelo topo de nuvens que constituem as Lis na Amazônia, durante seu ciclo de vida, esteve entre -63,2 e -78,2°C. Assim, o topo destas nuvens que representam o centro ativo do sistema de LI, está localizado entre 150 e 100 hPa. Logo, as nuvens que constituem estas Lis são bastante profundas (Cohen, 1989). Foi ainda observado que as Lis na Amazônia consistem de células convectivas individuais discretas que se alinham para formar a LI. Tal característica também foi observada por Houze(1977) para as Lis formadas na região do GATE.

As Lis da Amazônia formam-se ao longo da costa norte-nordeste da América do Sul, desde a Guiana até o Estado do Maranhão. Estas Lis foram classificadas de acordo com seu deslocamento para o interior do continente. Tanto as linhas de cúmulos-nimbos que se propagam como as que não se propagam estão associadas à circulação de brisa

marítima na costa. O primeiro tipo será denominado "Linha de Instabilidade que se Propaga" (LIP) e o segundo tipo, "Linha de Instabilidade Costeira" (LIC); estas últimas referem-se às linhas de cúmulos-nimbos que se formam e dissipam na costa, sem propagar continente adentro (Cohen, 1989).

Cavalcanti (1982), analisando cinco anos de imagens de satélite, fez um estudo observacional sobre a interação entre as LIs formadas no litoral nordeste da América do Sul e a Zona de Convergência Intertropical no Atlântico (ZCITA). Notou-se que a região de formação destas LIs sofre um deslocamento na direção norte-sul, no mesmo sentido e época da ZCITA. Seus resultados mostraram que a maior frequência destas LIs ocorre no período em que a ZCITA está mais organizada.

As LIs na Amazônia formam-se no final da tarde e propagam-se para dentro do continente com uma velocidade média de 10° de longitude/dia porém, a redução do contraste térmico durante a noite provoca dissipação, podendo tais LIs reiniciar suas atividades no dia seguinte quando o aquecimento na superfície novamente se estabelece. Este aspecto foi sugerido originalmente por Molion e Kousky (1985) através de uma pesquisa observacional. A distribuição anual de precipitação mostra um máximo de 3000 mm junto à costa e um mínimo relativo de 1600 mm na região de Santarém, a 700 km da costa. Segundo esses autores, as LIs seriam responsáveis pela distribuição média mensal da precipitação na Amazônia, ou seja, ao passarem pela região do mínimo anual de precipitação durante a noite, estão com sua atividade convectiva reduzida.

Em um trabalho observacional, Kousky (1980) sugere que a brisa marítima na costa atlântica penetra no continente como uma LIP quando o escoamento médio, em 850 hPa é perpendicular à costa. Se o escoamento médio é paralelo à costa, a propagação desta LI não parece proceder (LIC). Uma avaliação da variação diurna da precipitação no nordeste brasileiro foi feita utilizando dados de precipitação para o período de 1961-1970 (Kousky, 1980). As posições da precipitação máxima para três períodos de tempo fortalece a idéia de que a atividade convectiva associada à brisa marítima continua a avançar continente adentro durante o horário noturno como uma LIP.

2. DADOS E METODOLOGIA

Com as imagens analógicas dos satélites geostacionários GOES-E e GOES-W nos canais infravermelho, visível e do vapor d'água, com uma frequência média de 3 horas, fez-se uma análise de forma subjetiva dos casos bem definidos de LIs (veja Figura 1) que se formaram na costa norte-nordeste da América do Sul no período de março de 1979 a dezembro de 1986.

As dimensões horizontais médias, tempo de vida aproximado e cálculo da velocidade média das LIs foram estimados de acordo com Cohen(1989).

Como mencionado anteriormente, as LIs na Amazônia foram classificadas em duas categorias gerais. Assim, as LIs que chegam no máximo a 170 km (medidos a partir do Ponto Central (PC) da LI, na costa) são chamadas de LIC (Linhas de Instabilidade

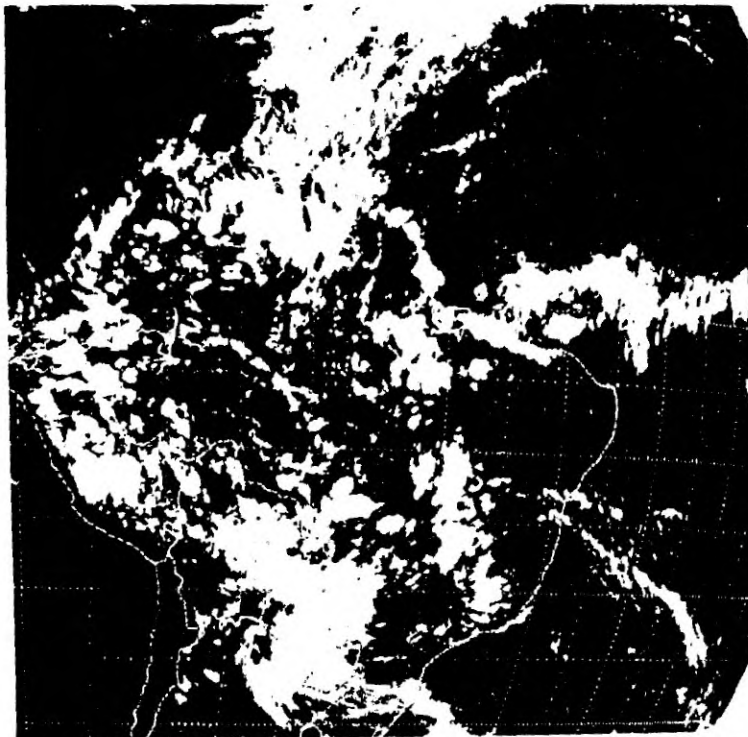


Fig.1 - Imagens do satélite geostacionário GOES-E no canal infravermelho para o dia 23 de março de 1979, às 18:16 UTC.

Costeira). A escolha desta dimensão espacial (170 km) deve-se ao fato de ser esta aproximadamente, a dimensão da LI na direção de propagação (largura da LI). As LIs que se propagam continente adentro, isto é, aquelas que claramente afastam-se do litoral, foram subdivididas em dois tipos. Para deslocamentos entre 170 e 400 km foram denominadas LIP1 (Linha de Instabilidade com Propagação do tipo 1) e para deslocamento superior a 400 km, LIP2 (Linha de Instabilidade com Propagação do tipo 2). Esta classificação em dois tipos tem o objetivo de melhor separar as LIPs com acentuada propagação continente adentro daquelas que se dissipam após pequeno deslocamento.

Antes de uma LI ser classificada como LIP2, sabe-se que ela passou pelo estágio de LIP1. A princípio, uma LIP1 pode se tornar LIP2 quando ocorre regeneração da LI classificada anteriormente como LIP1. Entretanto, durante a análise, foi tomado cuidado especial para este tipo de situação.

Como referenciado anteriormente, Cavalcanti (1982) analisou a interação existente entre estas LIs e a ZCITA e verificou que a região de formação das LIs sofre um deslocamento sazonal semelhante ao da ZCITA. Assim, parece importante analisar a ZCITA para tentar verificar sua possível influência nas características de propagação das LIs. As análises feitas com respeito a ZCITA foram feitas para atribuir valores numéricos ao seu aspecto visual e determinar a latitude e longitude do PC das LIs. Comparando-se a latitude do PC com a latitude em que a ZCITA cortava o meridiano de 48°W, pode-se verificar se a ZCITA estava localizada ao norte ou ao sul do PC das LIs.

3. RESULTADOS

Para o período de março de 1979 a dezembro de 1986, o número total de LIs analisadas foi 268. Deste total, classificaram-se 62% como LICs, 11% como LIP1s e 27% como LIP2s. A Figura 2 mostra a distribuição mensal para cada um destes tipos.

A distribuição anual das diferentes categorias de LIs, durante o período em estudo, está representada na Figura 3. Todos os anos mostraram maior número de LICs do que LIPs, exceto em 1985. Somente em 1982, as LIP1s foram mais frequentes do que as LIP2s. Salienta-se a diminuição do número de eventos de LIs nos anos de 1982, 1983 e 1985. O ano de 1979 também mostrou comportamento semelhante, porém não é representativo, devido à ausência de 2 meses de dados no arquivo. Entretanto, estes resultados podem ser questionados em virtude da metodologia usada que depende em grande parte da disponibilidade de imagens de satélite completas.

A Figura 4 ilustra a distribuição média mensal de ocorrência de LIs (LIC + LIP1 + LIP2) para o período

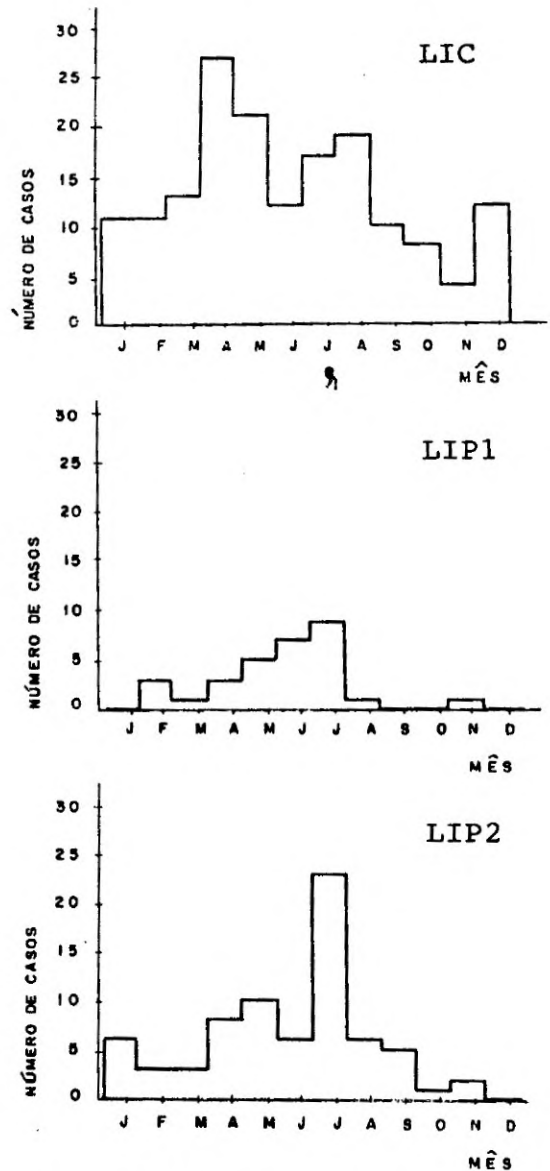


Fig. 2 - Distribuição mensal do número de casos de LIs durante o período de 1979 a 1986

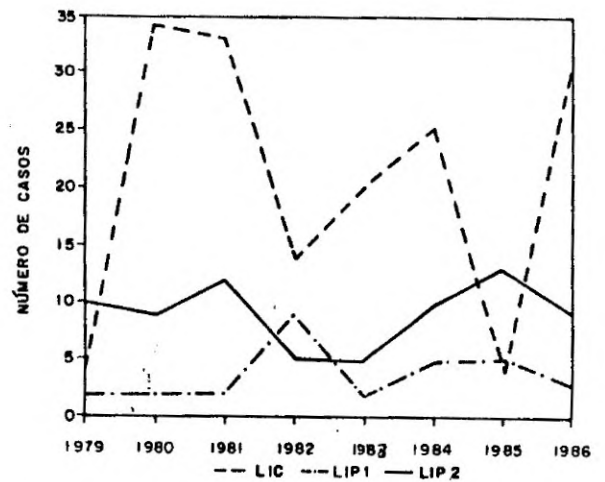


Fig. 3 - Distribuição anual de LIs. Observação: No ano de 1979 não constam os meses de janeiro e fevereiro.

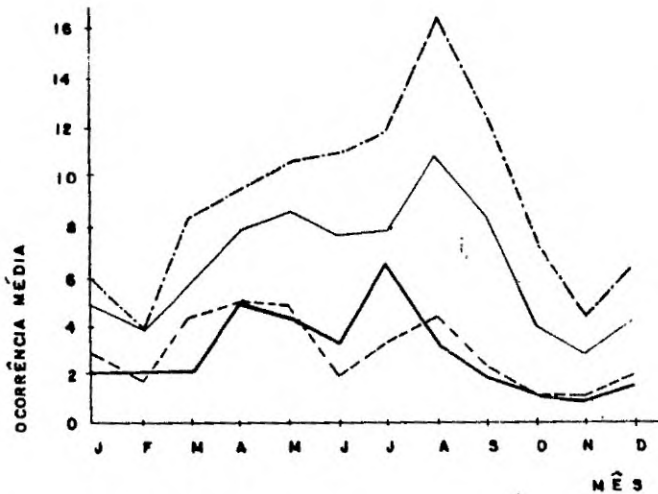


Fig. 4 - Distribuição média mensal de LIs (LIC + LIP1 + LIP2) para 1979 até 1986 em linha grossa contínua. Para o período de Cavalcanti (1975-1980).

- linha tracejada com ponto representa todas as intensidades (forte + média + fraca).
- linha fina contínua ilustra intensidade forte mais média.
- linha tracejada indica intensidade forte.

em estudo onde se consideraram as de intensidade média a forte. As mesmas curvas foram plotadas para o período de 1975 a 1980 (Cavalcanti, 1982).

Para tal período foram feitas curvas para diferentes condições de intensidade da LI (de acordo com a Tabela 2.1 de Cavalcanti), ou seja, curvas de LI com intensidade forte, forte e média e para todas as intensidades (forte + média + fraca).

Para o período de 1979 a 1986, verifica-se que o máximo de LIs formadas na costa ocorreram no mês de julho, acompanhado de um máximo secundário em abril. Entretanto, para o período de Cavalcanti o máximo ocorreu em agosto.

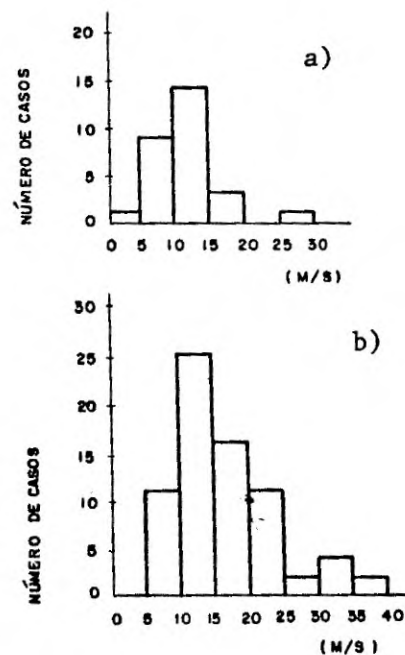
Durante o período de 1979 a 1986 observou-se que 55% de LIs (LIC + LIP1 + LIP2) com intensidade entre média e forte ocorreram entre os meses de abril e julho. Porém, ressalta-se que em 1979 não foram contabilizados os casos de LIs que possivelmente tenham sido formadas em janeiro e fevereiro, por não constarem do arquivo de imagens do INPE.

Comparando a curva do presente trabalho com as diferentes curvas de Cavalcanti, observa-se que qualitativamente elas apresentaram-se aproximadamente com o mesmo tipo de distribuição, ou seja, com o mesmo comportamento com relação à distribuição média mensal. Contudo, quantitativamente existe uma diferença entre os dois períodos. Observando a distribuição média do período de 1979 a 1986 com a curva de intensidade média mais forte de Cavalcanti, verifica-se que no primeiro período houve uma subestimativa com relação ao de Cavalcanti. Provavelmente, tal diferença tenha aparecido devido ao método de análise adotado no presente trabalho, onde

somente casos bem definidos de LIs foram considerados, visto que o intervalo mínimo encontrado entre as imagens foi de três horas, enquanto que Cavalcanti utilizou diferentes dados que consistiram em imagens gravadas em microfilmes (1975-1978) com intervalo de uma hora, o que facilitou a análise de LIs.

As velocidades médias de propagação para uma amostra de 30 casos de LIP1s e 73 de LIP2s foram aproximadamente 12 e 16 m/s, respectivamente. Como mencionado, Molion e Kousky (1985) estimaram que a velocidade média de propagação das LIs na bacia amazônica é 10° de longitude/dia. Esta velocidade corresponde a uma componente zonal de aproximadamente 12,8 m/s. Aspliden et al. (1976), para o período do GATE, encontraram uma velocidade de propagação das perturbações sobre o continente maior do que aquela sobre o oceano. A velocidade média destas LIs calculadas para o continente foi 50 a 60 km/h (13,9 a 16,7 m/s), enquanto no oceano foi de 40 a 45 km/h (11,1 a 12,5 m/s). Segundo Fernandez (1982), a velocidade média das LIs sobre o oeste da África é 14,8 m/s e sobre o Atlântico leste, 14,6 m/s. Da mesma forma as LIs do tipo 1 na Austrália (Drosdowsky e Holland, 1987) têm velocidade de propagação entre 4 e 15 m/s, enquanto na Venezuela as LIs mostram velocidade média de 13 m/s (Fernandez, 1980).

Através da Figura 5a, verifica-se que a velocidade das LIP1s varia entre 5 e 30 m/s tendo 77% dos casos apresentado velocidade entre 5 e 15 m/s. Vale



Ejg. 5 - Histograma da velocidade de propagação das LIPs em m/s.

ressaltar que ocorreu apenas um caso de LIP1 com velocidade alta (superior a 25 m/s).

Com relação às LIP2s, o intervalo de velocidade variou entre 5 e 40 m/s (Figura 5b). Contudo, a maioria das LIP2s (86%) apresentaram velocidade entre 5 e 25 m/s.

O tempo de duração das LIC, LIP1 e LIP2 pode ser observado nas Figuras 6a, b e c, respectivamente. As LICs apresentam um tempo de duração de quase um dia. Entretanto, grande parte das LICs, ou seja 68%, têm tempo de duração entre 6 e 12 horas. Observa-se que as LIP1s tanto podem apresentar um tempo de vida curto como podem persistir por maior tempo. Contudo, 63% dos casos de LIP1s tiveram uma duração média entre 9 e 15 horas, enquanto 77% apresentaram ciclo de vida entre 6 e 15 horas. Por outro lado, a LIP2 apresentou tempo de duração superior às LIC e LIP1, como era esperado, podendo uma LIP2 estar em

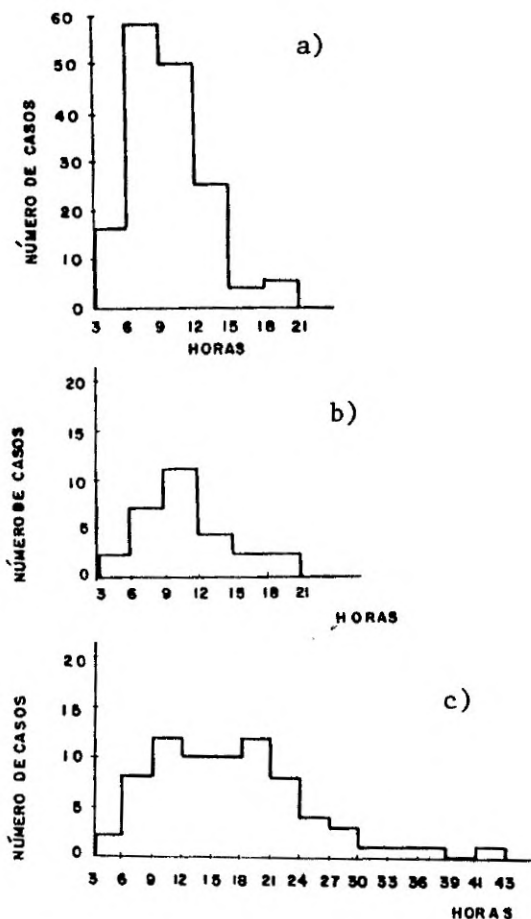


Fig. 6 - Histograma do tempo de vida das LIs em hora.

atividade por dois dias. Aproximadamente 76% das LIP2s apresentaram ciclo de vida que varia entre 6 e 24

horas. A duração média das LIC, LIP1 e LIP2 é 9, 12 e 16 horas, respectivamente.

As LIs que aparecem no Golfo de Carpentaria, Austrália, têm tempo de vida de 12 a 24 horas (Drosdowsky e Holland, 1987). Segundo Fernandez (1982), o tempo de vida médio da LI sobre o continente

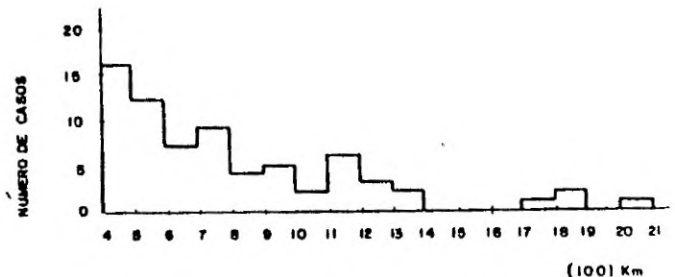


Fig. 7 - Histograma do deslocamento das LIP2s continente adentro

africano é superior àquele do Atlântico leste, ou seja, 39,7 contra 9,7 horas. E para as LIs que se desenvolvem na Venezuela o ciclo de vida médio é de 3,5 horas (Fernandez, 1980; Betts et al., 1976).

O deslocamento continente adentro das LIP2s para oeste pode ser visto na Figura 7. O deslocamento máximo encontrado para LIP2 foi da ordem de 2000 km. Poucos foram os eventos de LIP2s que mostraram um deslocamento desta ordem. De acordo com Fernandez (1982), o deslocamento médio das LIs no oeste da África é 2100 km, enquanto as LIs na Venezuela têm trajetória média de 150 km (Betts et al., 1976).

Climatologicamente, a ZCITA em março-abril e agosto-setembro atinge suas posições extremas sul e norte, respectivamente, próximo à costa da América do Sul (Hastenrath e Lamb, 1977). A região de formação das LIs está compreendida entre as latitudes 10°N e 5°S. Cavalcanti (1982) observou que estas LIs têm sua localização (pontos extremos) acompanhando o deslocamento da ZCITA. Assim, qualquer que seja a posição da LI e/ou ZCITA, a Figura 8 mostra uma forte tendência de o PC das LIs estar geralmente localizado ao sul da ZCITA. As LIs no continente africano comportam-se de forma análoga, porém com simetria oposta em relação à ZCITA que esteve localizada ao

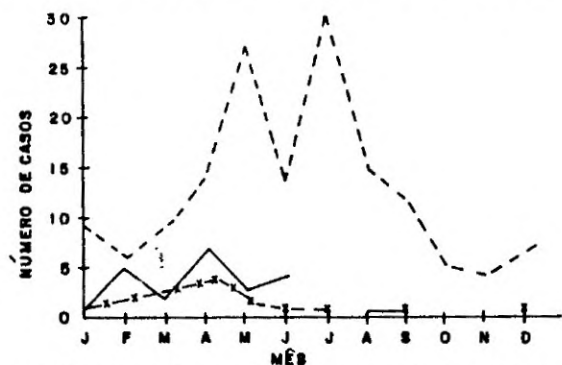


Fig. 8 - Número de casos de LIs para as seguintes situações:
 - ZCITA ao norte do PC das LIs (linha tracejada);
 - ZCITA ao sul do PC das LIs (linha tracejada em x);
 - ZCITA coincidindo com o PC das LIs (linha contínua);

norte do equador geográfico no período do GATE (Fernandez, 1982).

Cavalcanti (1982) observou que o número de casos de LIs na costa atlântica, sem fazer distinção com relação às características de propagação das LIs para dentro do continente, foi maior quando a ZCITA encontrava-se bastante ativa. Para o período em estudo observou-se que o número de casos de LIP2s foi maior para a situação em que a ZCITA esteve bem definida, com um máximo no mês de julho, como pode ser visto na Figura 9a. Entretanto, as LIP1s não mostraram curvas distintas para diferentes situações da ZCITA (Figura 9b). Desta forma, tal resultado sugere que as LIP1s ocorrem independente da condição convectiva da ZCITA. Logo, parece que as LIs têm maior propagação continente adentro quando a ZCITA está bem definida. Contudo, tal resultado pode ter ocorrido devido ao número de casos de LIP1s ser inferior ao das LIP2s.

Das 268 LIs estudadas, somente em 173 casos foi possível estimar a largura e o comprimento. Na Figura

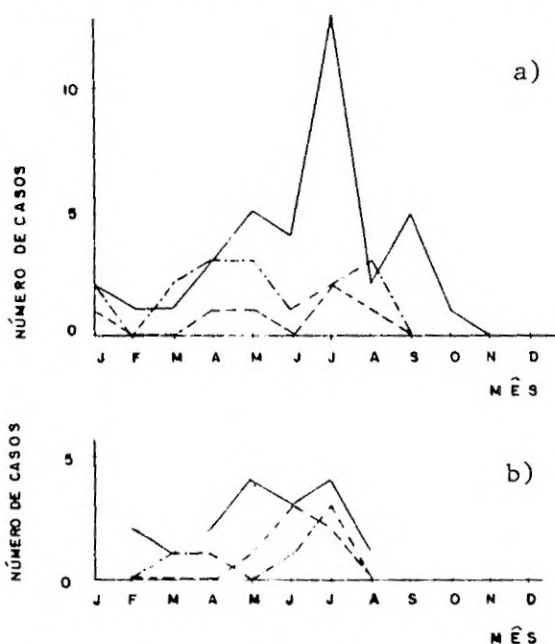


Fig. 9 - Número de casos de (a) LIP2 e (b) LIP1 para ZCITA não definida (linha tracejada), para ZCITA definida (linha tracejada com ponto) e ZCITA bem definida (linha contínua).

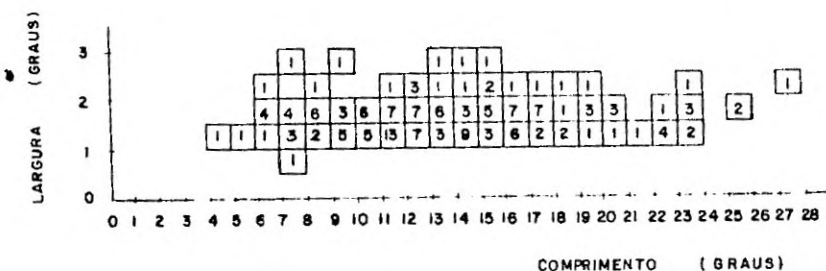


Fig. 10 - Distribuição do número de casos de LIs com largura versus comprimento para o período de março de 1979 a dezembro de 1986.

10 tem-se, para cada meio grau de largura e um grau de comprimento, um quadrado que contém o número de LIs com a respectiva dimensão.

O comprimento das LIs variou de 440 a 3000 Km. Contudo, 79% apresentaram comprimento entre 750 a 2000 Km. Do total das LIs, 86% mostraram largura entre 1º e 2º, isto é, de 100-200 km. O comprimento e a largura médios da LI são aproximadamente 1500 e 170 Km, respectivamente. A extensão média das LIs na África apresenta 750 km de comprimento por 433 km de largura. O comprimento das LIs no Atlântico é 283 km (Fernandez, 1982). Entretanto, o comprimento e a largura médios das LIs na Venezuela são 98 km e 29 km, respectivamente (Betts et al., 1976).

4. CONCLUSÕES

Este estudo analisou a ocorrência de LIs na costa norte-nordeste da América do Sul, que se propagam continente adentro como LIPs e podem atingir o extremo oeste da Amazônia. Sua formação ocorre em torno das 18:00 UTC em associação com a brisa marítima. A frequência destes sistemas (LIC, LIP1 e LIP2 com propagação horizontal até 170 km, entre 170 e 400 km e acima de 400 km, respectivamente) é maior entre os meses de abril a agosto. Com relação às LIP2s, a frequência máxima ocorre no mês de julho, o que pode ser consequência do método de análise empregado. A ausência de sistemas convectivos organizados torna mais fácil a identificação das LIs. Adicionalmente, neste mês a região é menos atingida por sistemas convectivos organizados, o que favorece o contraste térmico entre o continente e o oceano. A velocidade média de propagação das LIP1 e LIP2 foi 12 e 16 ms, respectivamente.

Observou-se a tendência de as LIs acompanharem a ZCITA, como já mostrado por Cavalcanti (1982). Além disso, verificou-se a tendência de as LIs formarem-se ao sul da ZCITA. As LIP2s foram mais frequentes quando a ZCITA encontrava-se com atividade convectiva bem definida. Contudo, esta dependência não foi registrada para as LIP1s.

Orlanski (1975) classificou as LIs como sistemas de escala mesobeta, onde o comprimento varia de 20 a 200 km e a escala temporal varia de 1 a 24 horas. Neste

estudo, a dimensão média das LIs na Amazônia, junto à costa, foi de 1400 km de comprimento por 170 km de largura. Assim, estes sistemas, em seu estágio inicial, podem ser considerados como sistemas de mesoescala que podem atingir a escala sinótica após o deslocamento.

Este estudo não apóia totalmente a sugestão de Molion e Kousky(1985) de que o mínimo relativo da precipitação, na região de Santarém, seria devido ao enfraquecimento da atividade convectiva das LIs durante a madrugada. A climatologia das LIs mostra que o fator principal do máximo junto à costa leste prende-se ao número de LIs que se formam na região costeira. Já o número de LIs que atingem a região de Santarém(LIP2) é menor, portanto este importante mecanismo dinâmico causador de precipitação é menos presente nesta última região. O enfraquecimento noturno das LIs pode ser um fator secundário de redução adicional da precipitação na região de Santarém em relação à precipitação costeira. Porém, este parece não ser o único mecanismo responsável pela manutenção destas LIs, pois foram observados casos em que a dissipação ocorreu em horários de aquecimento. Além disso, notou-se, em alguns casos, a regeneração das LIPs na sua extremidade norte durante o período noturno. Logo, faz-se necessário analisar mais criteriosamente a influência do relevo na referida região, pois a região adjacente (noroeste do Estado do Pará e oeste do Amapá) apresenta altitudes entre 200 e 500 metros

5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASPLIDEN, C.I.; TOURRE, Y.; SABINE, J.B. Some climatological aspects of west African disturbance lines during GATE. *Monthly Weather Review*, 104 (10): 1029-1035, Oct. 1976.
- BETTS, G.M.; GROWER, R.W.; MONCRIEFF, M.W. Structure and motion of tropical squall lines over Venezuela. *Quarterly Journal Royal Meteorological Society*, 102(2): 395-404, Apr. 1976.
- CAVALCANTI, L.F.A. Um estudo sobre interações entre sistemas de circulações de escala sinótica e circulações locais. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. São José dos Campos, INPE, jul.1982.(INPE-2494-TDL 097).
- COHEN, J.C.P. Um estudo observacional de linhas de instabilidade na Amazônia. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. São José dos Campos, INPE, fev.1989. (INPE-4865-TDL/376).
- CUTRIN, E.M.C.; COHEN, J.C.P. Estudo dos sistemas atmosféricos produtores de chuvas no leste paraense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. 5º Belém, Jul. 5-11 1987. Coletânea de Trabalhos. Belém, SBA, 1987. p.260.
- CUTRIN, E.M.C., **Informação sobre a contribuição de chuva produzida por linhas de instabilidade no leste paraense.** Comunicação pessoal à Julia Cohen, em 10 de agosto de 1987.
- DROSDOWSKY, W.; HOLLAND, G.J. North Australian cloud lines. *Monthly Weather Review*, 115(11): 2645-2659, Nov. 1987.
- FERNANDEZ, W. Environmental conditions and structure of some types of convectives mesosystems observed over Venezuela. *Archives for Meteorology Geophysics and Bioclimatology*, A29(3), 249-267, 1980.
- Environmental conditions and structure of the West African and Eastern tropical Atlantic squall lines. *Archives for Meteorology Geophysics and Bioclimatology*, A31(1-2), 71-89, 1982.
- HAMILTON, R.A.; ARCHBOLD, J.N. Meteorology of Nigeria and adjacent territory. *Quarterly Journal Royal Meteorological Society*, 71(309-310): 231-262, July-Oct. 1945.
- HASTENRATH, S ; LAMB, P.J. Climatic atlas of the tropical Atlantic and Eastern Pacific oceans. The University of Wisconsin Press, 1977.
- HOUZE JUNIOR, R.A. Structure and dynamics of a tropical squall line system. *Monthly Weather Review*, 105(12): 1540-1567, Dec. 1977.
- KOUSKY, V.E. Diurnal rainfall variation in the Northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, 108(4): 488-498, Apr. 1980.
- MOLION, L.C.B.; KOUSKY, V.E. Climatologia da dinâmica da troposfera tropical sobre a Amazônia. São José dos Campos, INPE, 1985. (INPE-3560-RPE/480).
- ORLANSKI, I. A rational subdivision of scales for atmospheric processes. *Bulletin American Meteorological Society*, 56(5): 527-530, May, 1975.