VARIAÇÕES INTERANUAIS DAS TRAJETÓRIAS DE PERTURBAÇÕES SINÓTICAS NA AMÉRICA DO SUL E EM ÁREAS OCEÂNICAS ADJACENTES

José Ricardo Siqueira
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - METEOROLOGIA/INPE
Av. dos Astronautas, 1758, Jardim da Granja, São José dos Campos-SP, 12227-010
e-mail: ricardo@met.inpe.br

Luiz Augusto Toledo Machado
Instituto de Aeronáutica e Espaço/Divisão de Ciências Atmosféricas - CTA/IAE/ACA
Praça Marechal E. Gomes, 50, Vila das Acácias, São José dos Campos-SP, 12228-901
e-mail: machado@iae.cta.br

ABSTRACT

Using ISCCP data from 1983 to 1990 we have studied the interanual variability of the trajectories of synoptics disturbances over South America and adjacent oceanic areas. A threshold of brightness temperature for convective systems and clouds was defined for the identification of convective systems in different spatial scales. The trajectories of synoptic disturbances found using this threshold demonstrated high interanual variability for Storm Tracks over ITCZ, central region of Brazil and Pacific and Atlantic mainly due easterly waves initiated in Central America and Africa, for DJF and JJA periods. In addition, the spatial distribution of the initiation of the synoptic disturbances like Storm showed to be highly variable along the years.

1 - INTRODUÇÃO

As características da propagação meridional da convecção sobre a América do Sul foram recentemente apresentadas por Machado e Duvel (1998), que verificaram uma propagação meridional da atividade convectiva do sudeste do Brasil para o noroeste da continente utilizando funções ortogonais empíricas, imagens do satélite GOES-7 e reanálises do NCEP/NCAR (National Center for Environmental Prediction/National Center of Atmospheric Research). Neste contexto, Garreaud (1999) descreveu incursões de ar das latitudes médias na região subtropical da América do Sul a partir das reanálises de 17 anos do NCEP/NCAR e campos de ROL (Radiação de Onda Longa). Este autor observou um grande impacto das incursões de ar em escala sinótica sobre a região central da Argentina e o sul do Brasil e da Bolívia.

A propagação meridional dos sistemas convectivos na América do Sul também foi analisada por Machado et al. (2000) utilizando dados do ISCCP (International Satellite Cloud Climatology Project) e reanálises do NCEP. Neste caso, foram observadas importantes características interdiurnas da convecção no continente associadas a ondas de frio originadas nas latitudes médias. Sendo assim, no presente trabalho é feito um estudo da variabilidade interanual das trajetórias de perturbações sinóticas nas regiões tropical e subtropical da América do Sul e em áreas oceânicas adjacentes, para o período de 1983 a 1992. Para tanto, foram utilizadas medidas de radiância fornecidas pela série C1 do ISCCP e correspondentes ao período da análise, bem como rotinas de identificação e agrupamento dos sistemas convectivos identificados.

2 - DADOS E METODOLOGIA

As análises foram feitas utilizando basicamente um conjunto de dados globais do estágio C1 do ISCCP, para o período de 1983 a 1992. Este conjunto de dados consiste de medidas de radiâncias de banda estreita na faixa do visível (0,6 micrômetros) e do infravermelho termal (11micrômetros) feitas por radiômetros de imageamento a bordo de satélites meteorológicos geoestacionários e de órbita polar (Schiffer e Rossow, 1983). As medidas são efetuadas com resoluções espacial e temporal de 2.5 por 2.5 graus de longitude e latitude a cada 3 horas, respectivamente, e a cobertura global dos dados utilizada neste trabalho foi fornecida pelos satélites GOES-EAST, GOES-WEST e METEOSAT.

O primeiro procedimento realizado neste estudo foi a identificação de sistemas convectivos a partir das radiâncias do estágio C1 do ISCCP, para o período de Agosto de 1983 a Julho de 1984. Para tanto, foram utilizadas algumas rotinas de identificação de sistemas e nuvens convectivas, desenvolvidas por Machadoet al. (1998). Mediante o fornecimento de dois limiares de temperatura de brilho (um característico de sistemas convectivos e o outro característico de células convectivas), estas rotinas determinam as principais propriedades físicas e espaciais dos sistemas convectivos para cada imagem de satélite, tais como: localização, temperatura média de brilho, espessura ótica, tamanho, excentricidade, inclinação em relação ao norte, raio efetivo, e outras. Com base nesta ferramenta, foi possível verificar a dependência da quantidade total de sistemas convectivos identificados com respeito a vários limiares de temperatura de brilho utilizados, e um teste de sensibilidade foi estabelecido para a identificação dos sistemas. Adicionalmente, para alguns limiares de temperatura de brilho foram gerados histogramas da quantidade e da área dos sistemas convectivos em função dos tamanhos que apresentaram. Com o teste de sensibilidade realizado, pôde-se estimar limiares de temperatura de brilho que promovessem a identificação de um maior número de sistemas e com diferentes escalas espaciais.

Utilizando-se os limiares de temperatura de brilho estimados anteriormente para os sistemas convectivos e as células convectivas, na etapa seguinte do estudo foram geradas as trajetórias das perturbações sinóticas sobre a América do Sul e as áreas oceânicas adjacentes. Neste caso, foi utilizada uma rotina de agrupamento de sistemas convectivos desenvolvida por Machado et al. (1998). Tal rotina gera as trajetórias de perturbações sinóticas com base nas características físicas apresentadas pelos sistemas convectivos, identificados pela rotina anterior. Com o intuito de verificar a sua variabilidade interanual, as trajetórias de perturbações sinóticas para as estações de verão (DJF) e inverno (JJA) foram determinadas para o período de 1983 a 1992. A variabilidade interanual dos sistemas convectivos que dão origem às trajetórias também foi observada. Para este fim, foram considerados alguns anos de maior variabilidade interanual apresentada por estes sistemas.

3 - VARIABILIDADE INTERANUAL DAS TRAJETÓRIAS DE PERTURBAÇÕES SINÓTICAS

3.1 - Identificação dos Sistemas Convectivos

A quantidade total de sistemas convectivos identificados sobre a América do Sul e áreas oceânicas adjacentes para o período de Agosto de 1983 a Julho de 1984 e correspondentes a diversos limiares de temperatura de brilho para os sistemas convectivos (TB1) é ilustrada na Figura 1. Como as células convectivas encontram-se imersas nos sistemas convectivos, os limiares de temperatura de brilho adotados para as células foram de 245 K (para TB1 maior que 245 K) e de 230 K (para TB1 menor que 245 K). Nota-se que a quantidade total de sistemas convectivos é bastante elevada para os limiares de temperatura de brilho na faixa entre 255 K e 260 K. Para limiares abaixo de 255 K, observa-se uma diminuição na quantidade de sistemas proporcionada pela menor ocorrência de sistemas convectivos nos níveis atmosféricos mais altos (topos mais frios). A mesma diminuição no total de sistemas é verificada para limiares de temperatura acima de 260 K. Todavia, esta última configuração foi estabelecida pela agregação de sistemas convectivos que ocorreram nos níveis atmosféricos mais baixos (ZCIT, por exemplo). Logo, considerou-se que o limiar em torno de 260 K seria o mais representativo das perturbações sinóticas, pois limiares mais frios selecionariam somente as ocorrências mais intensas (grande desenvolvimento de áreas com topos frios) e os limiares mais quentes tenderiam a agregar como somente uma entidade perturbações em escala global (ZCIT, as regiões polares, etc).

Dentre os limiares de temperatura de brilho para os sistemas convectivos que promoveram a identificação de uma maior quantidade de sistemas, optou-se por adotar limiares de TB1 e TB2 iguais a 260 K e 245 K, respectivamente, para a identificação e a geração das trajetórias das perturbações sinóticas. Para estes limiares, nas Figuras 2a e 2b são exibidos os histogramas do número e da área total de sistemas convectivos em função dos tamanhos correspondentes. Para um total de 34353 sistemas convectivos identificados com o uso dos dois limiares, observa-se que aproximadamente 30 % do total de sistemas possuem tamanhos inferiores a 500 km (Figura 2a), ocupando uma área bem menor (Figura 2b). Por sua vez, cerca de 42 % do total dos sistemas apresentam tamanhos intermediários na faixa de 500 km a 1000 km, e são característicos de áreas maiores. Adicionalmente, tem-se cerca de 28 % do total de sistemas apresentando tamanhos acima de 1000 km. Apesar do baixo percentual de ocorrência verificado para os sistemas maiores, pode-se verificar que a área ocupada por eles é comparável à exibida pelos sistemas com tamanhos intermediários, contribuindo fortemente para a área total ocupada pelos sistemas identificados. Portanto, a vantagem na

utilização dos limiares de temperatura de brilho adotados está na possibilidade de identificar sistemas convectivos característicos de várias escalas espaciais, o que não pode ser feito com a utilização de limiares temperatura de brilho com valores extremos. Desta forma, uma maior quantidade de sistemas convectivos pode ser identificada. Nota-se que as organizações convectivas com tamanho entre 500 a 2500 km são as responsáveis pela maior cobertura de nuvens do período. Ressalta-se que este estudo utiliza imagens C1 com resolução da ordem de 250 x 250 km^2 e que os limiares utilizados diferem dos estudos de análise dos sistemas convectivos utilizando imagens de alta resolução. Neste caso, o limiar utilizado corresponde a uma média da temperatura dos topos de nuvens nesta área; logo, devem ser bem superiores aos utilizados nos estudos dos sistemas convectivos. O objetivo desta análise não é a de estudar sistemas convectivos mas a evolução e a organização da cobertura de nuvens das perturbações em escalas sinóticas.

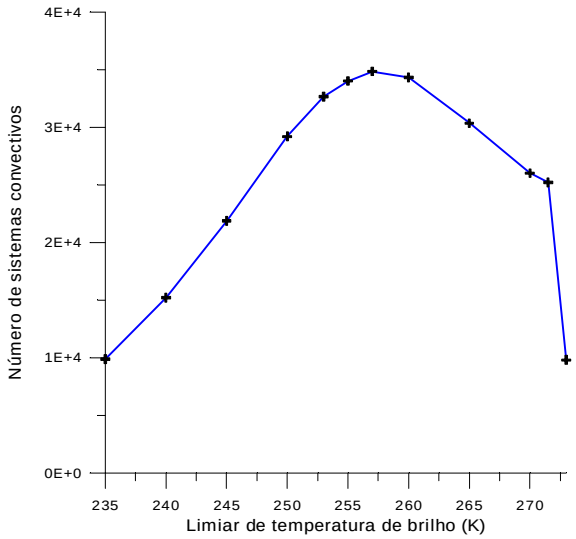
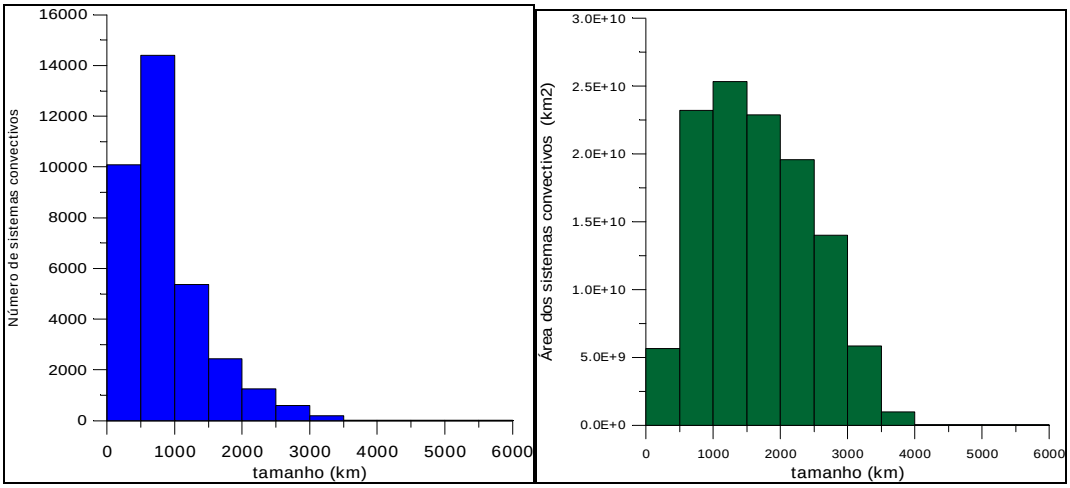


Figura 1 - Número total de sistemas convectivos identificados na América do Sul e áreas oceânicas adjacentes para o período de Agosto de 1983 a Julho de 1984 utilizando diferentes limiares de temperatura de brilho para sistemas convectivos e células convectivas.



(a) (b)

Figura 2 - Histograma do número (a) e da área (b) dos sistemas convectivos em função dos tamanhos, obtidos com a utilização de limiares de TB1 e TB2 iguais a 260 K e 245 K, respectivamente, para o período de Agosto de 1983 a Julho de 1984.

3.2 - Variabilidade Interanual das Trajetórias

As trajetórias de perturbações sinóticas sobre a América do Sul e áreas oceânicas adjacentes para as estações de verão (DJF) e inverno (JJA) dos anos de 1984 a 1990 foram geradas utilizando os limiares de temperatura de brilho dos sistemas convectivos e das células convectivas definidos na seção anterior. Na Figura 3 são ilustradas as trajetórias para o período de DJF de cada ano. Dentre as principais perturbações sinóticas observadas neste período, destacam-se as ondas de leste formadas na América Central e na África, a ITCZ, a ZCAS, os Storm Tracks no sul do Atlântico e do Pacífico, e a convecção central do Brasil, gerada pelo aquecimento do continente e o transporte de umidade da região Amazônica. Pela figura, nota-se para o ano de 1984 uma maior área sobre a influência da convecção na região central do Brasil. Para os demais anos, as perturbações sinóticas estão mais confinadas na região central do País. Também verifica-se um deslocamento do núcleo da convecção na região central para leste (nordeste do Brasil) no ano de 1985, possivelmente representando uma conexão com a ZCAS. Neste caso, um maior número de perturbações é verificado para os anos de 1985 a 1988. As ondas de leste formadas na África exibiram um maior número de perturbações para os anos de 1984, 1988, 1989 e 1990, enquanto as ondas de leste formadas na América Central apresentaram uma grande quantidade de perturbações para todos os anos, exceto o de 1985. Uma quantidade de perturbações referentes aos Storm Tracks (sistemas frontais) foi verificada no sul dos Oceanos Pacífico e Atlântico, para todos os anos.

A Figura 4 ilustra as trajetórias das perturbações sinóticas para o período de JJA de cada ano. Para este período, as principais perturbações sinóticas observadas são a ITCZ no H.N., os Storm Tracks no sul do Atlântico e do Pacífico, e as ondas de leste formadas na África. Com exceção do ano de 1989, que proporcionou uma queda abrupta no número de sistemas convectivos propagando-se para leste no equador, a ITCZ e as ondas de leste originadas na região da central da África aparecem bem definidas. Contudo, para todos os anos observa-se convecção no norte do continente sul-americano gerada por esses sistemas. O número de perturbações sinóticas associadas a Storm Tracks no sul do Atlântico e do Pacífico foi bem maior que o observado para o período de DJF, especialmente para os anos de 1984 a 1987, que apresentaram perturbações em maior quantidade que os demais.

3.3 - Distribuição Espacial dos Sistemas Convectivos Que Originam as Trajetórias

Nesta seção é descrita a distribuição espacial dos sistemas convectivos que originaram as trajetórias das perturbações sinóticas, para alguns períodos de maior variabilidade interanual observada sobre a América do Sul e áreas oceânicas adjacentes. A análise foi feita para as duas estações do ano. A Figura 5 ilustra a distribuição espacial dos sistemas convectivos para o período de DJF dos anos de 1987 e 1988. Observa-se para o ano de 1988 uma maior quantidade de sistemas convectivos iniciando-se entre o equador e 20°S, e 50°W e 75 W, característicos da convecção na região central do Brasil. Este ano ainda apresentou uma maior freqüência de sistemas convectivos relacionados a Storm Tracks (ciclogênese) que o ano anterior, situados abaixo de 40°S. Na Figura 6 são ilustradas a distribuição espacial dos sistemas convectivos para o período de JJA dos anos de 1987 e 1988. Nota-se um grande número de sistemas convectivos relativos à ZCIT no Hemisfério Norte, principalmente para o ano de 1988. Uma maior ocorrência de sistemas convectivos relacionados a Storm Tracks abaixo de 40°S foi observada no ano de 1987, indicando uma maior freqüência de ciclogênese na região para este período.

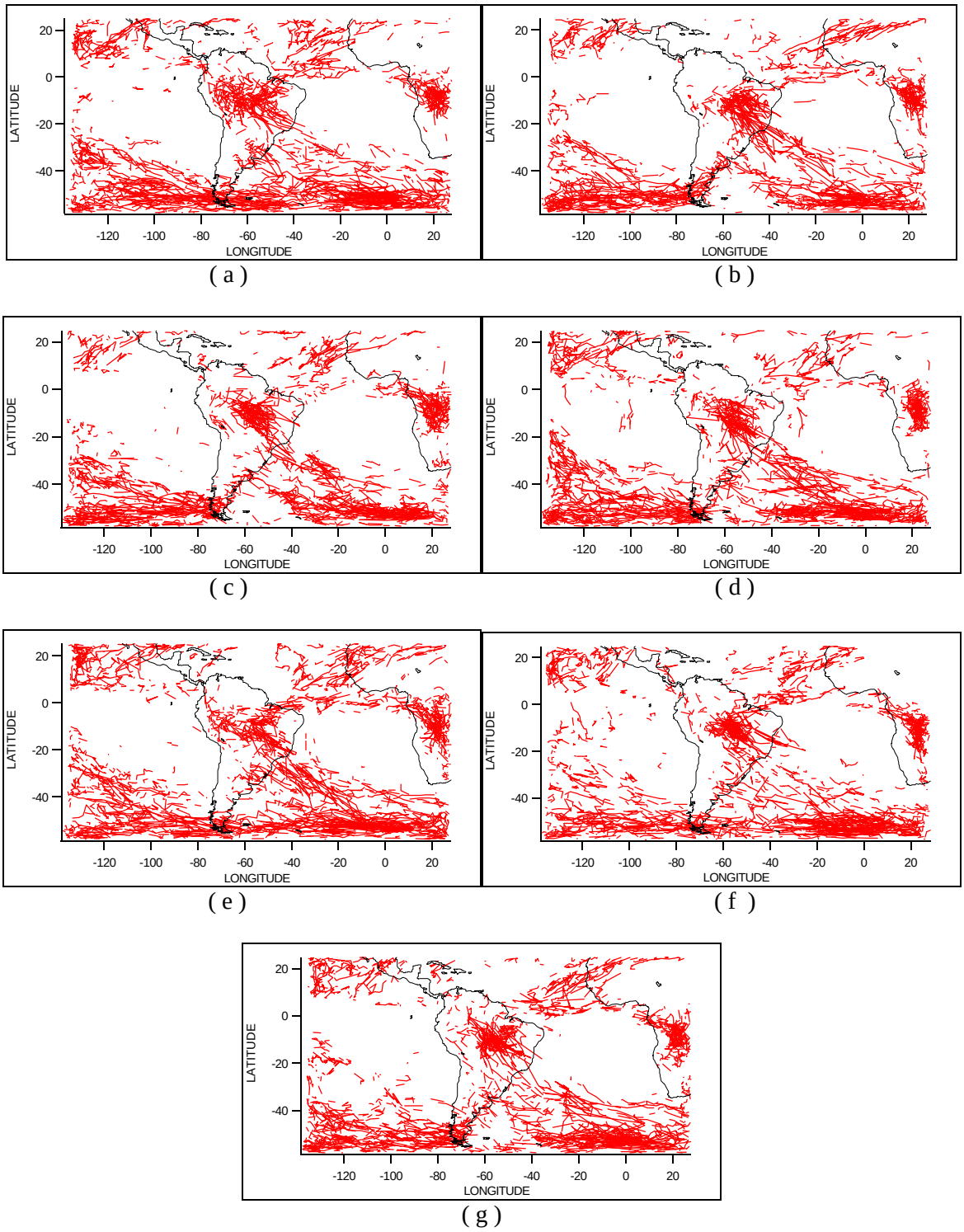


Figura 3 - Trajetórias das perturbações sinóticas obtidas para o período de DJF dos anos de 1984 (a), 1985 (b), 1986 (c), 1987 (d), 1988 (e), 1989 (f) e 1990 (g).

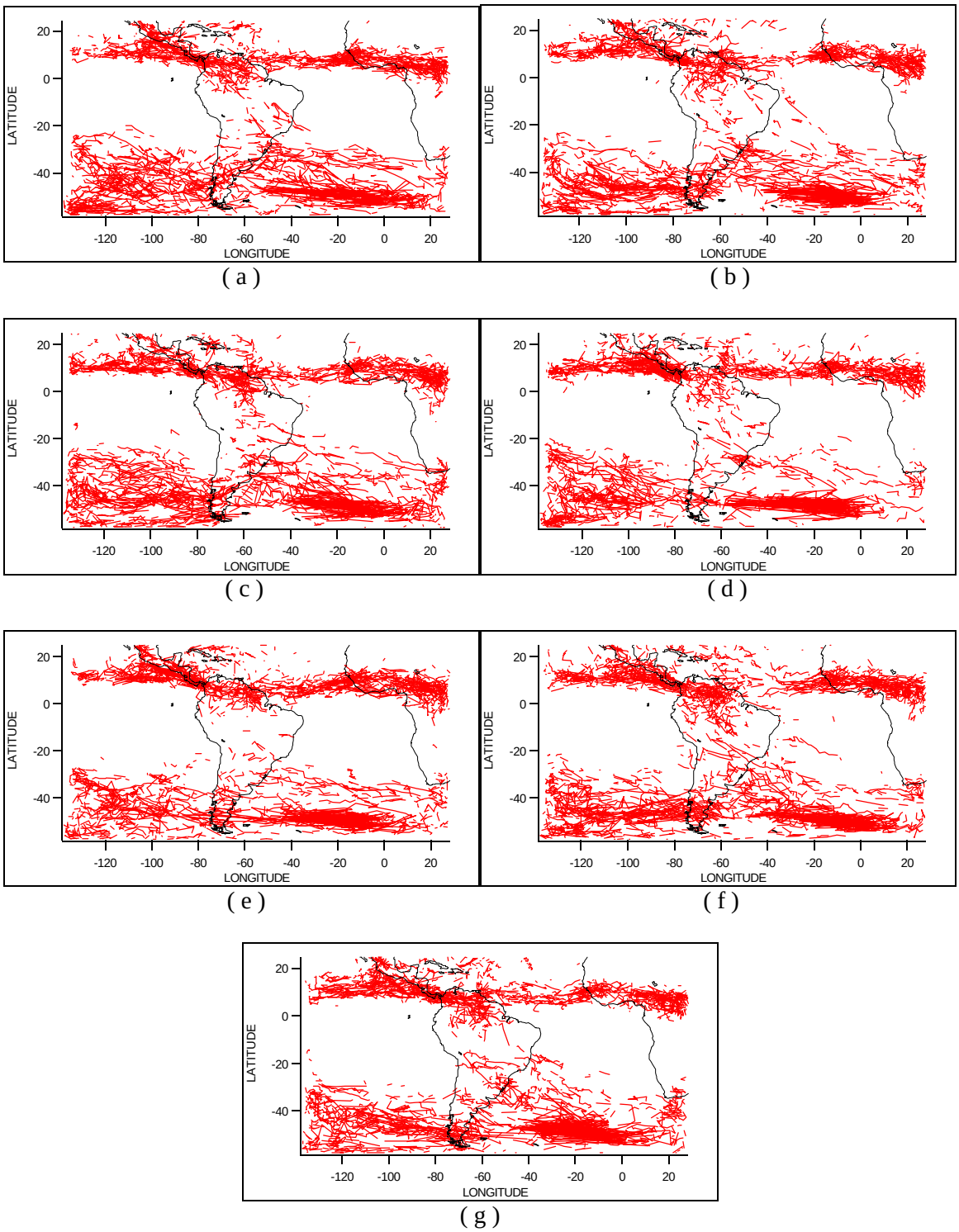
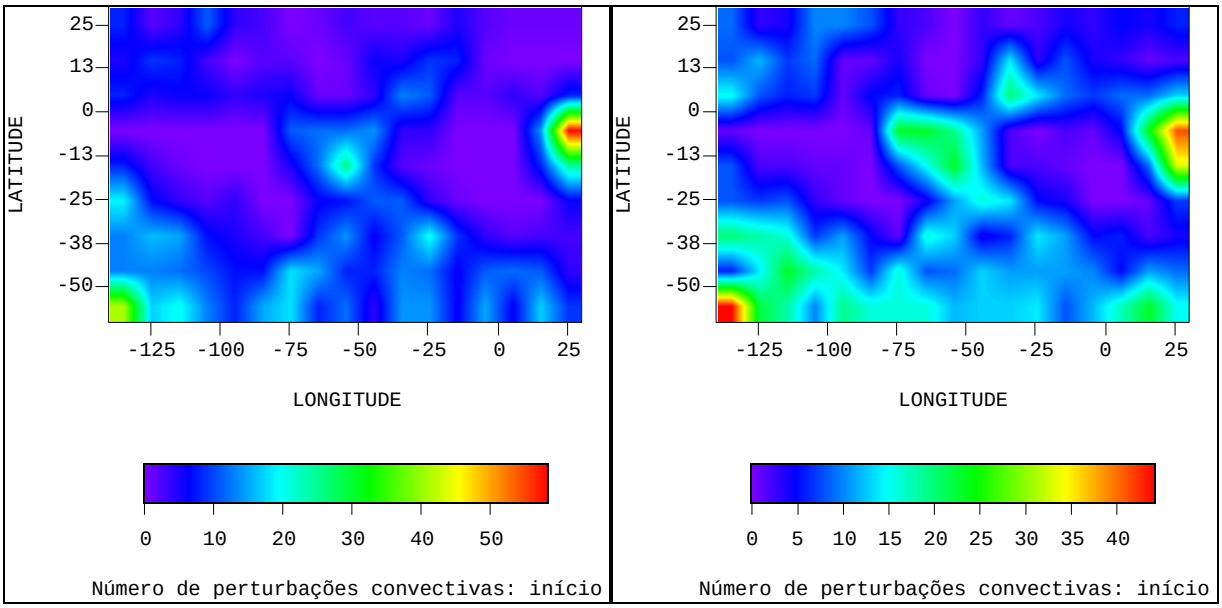
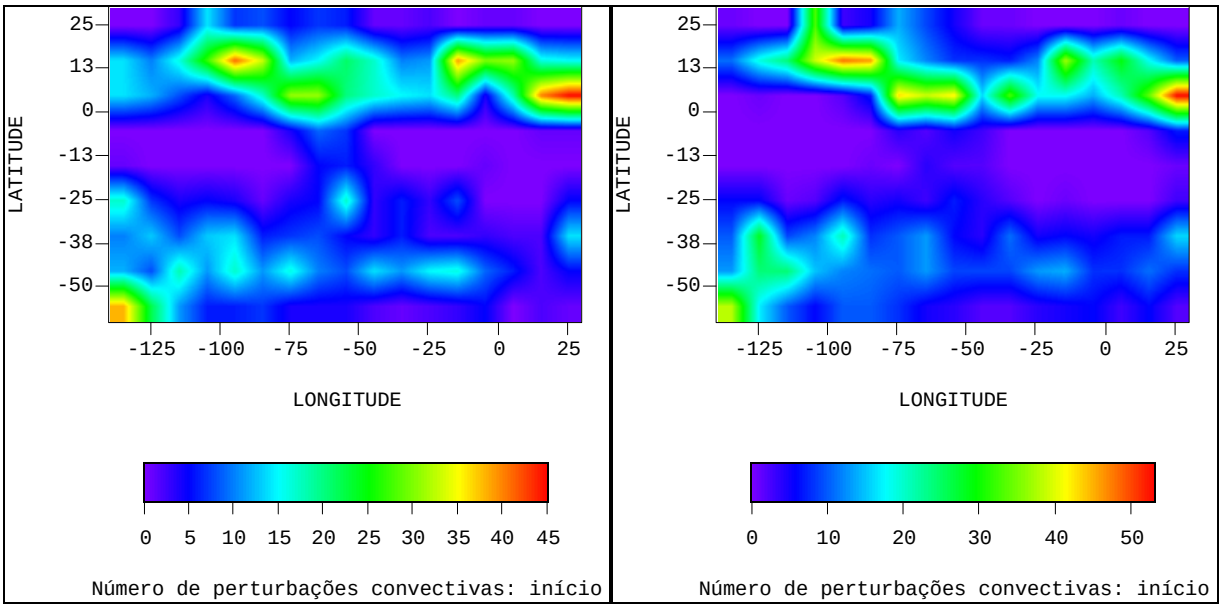


Figura 4 – Trajetórias das perturbações sinóticas obtidas para o período de JJA dos anos de 1984 (a), 1985 (b), 1986 (c), 1987 (d), 1988 (e), 1989 (f) e 1990 (g).



(a) (b)

Figura 5- Distribuição espacial dos sistemas convectivos que originaram as trajetórias das perturbações sinóticas para o período de DJF de 1987 (a) e 1988 (b).



(a) (b)

Figura 5- Distribuição espacial dos sistemas convectivos que originaram as trajetórias das perturbações sinóticas para o período de JJA de 1987 (a) e 1988 (b).

4 - DISCUSSÃO

Este trabalho mostra que as perturbações sinóticas existentes sobre a América do Sul e áreas oceânicas adjacentes para diferentes escalas espaciais podem ser identificadas por imagens de satélite, com a utilização de limiares de temperatura de brilho apropriados para os sistemas convectivos e as células convectivas. Com a utilização destes limiares, pôde ser verificada uma alta variabilidade interanual das perturbações sinóticas relacionadas com os Storm

Tracks no sul dos Oceanos Pacifico e Atlântico, a ITCZ, a convecção na região central do Brasil, e as ondas de leste originadas na América Central e na África. Adicionalmente, a distribuição espacial dos sistemas convectivos que originaram as trajetórias de perturbações sinóticas como os Storm Tracks, a ITCZ e a convecção na região central do Brasil apresentou-se bastante variável ao longo do período de análise.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (Projeto 1999/06045-7 e Projeto Temático 1996/1403-4) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (REF. 300692/95-1.)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GARREAUD, R.D. Cold air incursions over subtropical and tropical South America: a numerical case study. **Monthly Weather Review.** V. 127, p. 2823-2853, Dez 1999.

MACHADO, L.A.T.; DUVEL, J.PH. Propagação meridional da convecção na América do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, 1998, Brasília. **Anais**..., Brasília, 1998, CD-ROM.

MACHADO, L. A. T. Track software: User's Guide.(Centro Técnico Aeroespacial, São José dos Campos, 1999). **Comunicação Pessoal**.

MACHADO, L. A. T.; ROSSOW, W. B.; GUEDES, L.R; WALKER, A. Life cycle variations of convective systems over the Americas. **Monthly Weather Review**., V.126, p. 1630-1654, 1998.

MACHADO, L.A.T.; DUVEL, J.PH.; LAURENT, H.; SIQUEIRA, J.R. Meridional propagation of the convection in South America. CONGRESSO INTERNACIONAL DE METEOROLOGIA., 6, 2000, Chile. **Anais**..., Chile, 2000, CD-ROM.

SCHIFFER, R.A.; ROSSOW, W.B. The International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP) - The first project of the World Climate Program Research. **Bull. Amer. Meteor Society**. **Soc**., V. 64, p. 779-784, 1984.