

VARIABILIDADE INTERANUAL DA ATIVIDADE CONVECTIVA SOBRE O BRASIL NO VERÃO DOS ANOS DE 1996 A 1999 USANDO DADOS DE IMAGENS DE SATÉLITE

Eduardo Batista de Moraes Barbosa (Bolsista PIBIC/CNPq)
Aluno da Universidade de Taubaté(UNITAU)
Orientadora: Dra. Iracema F. A. Cavalcanti - CPTEC/INPE

A região tropical é caracterizada por grande variabilidade espacial e temporal da cobertura de nuvens devida às flutuações diurnas, interdiurnas e intrasazonais, que de uma forma geral, organizam a convecção em grandes aglomerados de nuvens (Guedes e Machado, 1998). O processamento dos dados digitais das imagens de satélite possibilita uma análise objetiva das áreas de atividade convectiva e permite um registro de estimativa de precipitação em qualquer área.

Durante a época de Verão na América do Sul, episódios de estiagem prolongados e enchentes atingem diversas regiões do país, tais como o sul (Casarim e Kousky, 1986) e o sudeste (Silva Dias, 1988), são associados à presença de um dos mais importantes fenômenos na escala intrasazonal sobre o continente, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Climatologicamente a ZCAS pode ser identificada na composição de imagens de satélite, como uma banda de nebulosidade de orientação NW/SE, estendendo-se desde o sul da região Amazônica até a região central do Atlântico Sul (Kousky, 1988).

Este trabalho tem por objetivo analisar para diversos anos (1996 a 1999), a variação interanual da atividade convectiva no período de Verão em várias áreas do Brasil, analisando os dados digitais de imagens do satélite GOES, no canal infravermelho, processados em uma grade de 2,5° X 2,5° (latitude/longitude). Médias sazonais para o período de Verão (Dezembro, Janeiro e Fevereiro) dos anos analisados, foram calculadas para cada região do Brasil. Também são analisadas a intensidade e o número de dias de ocorrência da atividade convectiva em várias regiões do Brasil durante os quatro anos.

Durante o Verão 1995/1996 houve forte atividade convectiva sobre algumas áreas da Amazônia e ocorrência de uma banda de nebulosidade intensa, com orientação NW/SE, desde o oeste da Amazônia até o litoral da região Sul do Brasil, indicando naquele ano a presença da ZCAS sobre as regiões Amazônica, Centro-Oeste, parte do Sudeste e Sul do Brasil. No período de Verão 1996/1997, a banda de nebulosidade se estendeu por quase todo Brasil, com destaque para os altos valores de Counts (forte intensidade de atividade convectiva) sobre a região Centro-Oeste. No Verão 1997/1998, houve nebulosidade convectiva desde o oeste da Amazônia até o litoral da região Sudeste, porém neste ano menos intensa que em anos anteriores. No Verão 1998/1999, as áreas com maior atividade convectiva se concentraram no leste da Amazônia e a banda se estendeu sobre o sudeste e parte do sul do Brasil.

Referências:

- Casarin, D. P., Kousky, V. E., 1986: Anomalias de precipitação no sul do Brasil e variações da circulação atmosférica. *Rev. Bras. Meteo.*, Vol. 1: 83 – 90.
- Silva Dias, P. L., 1988: As anomalias globais observadas em fevereiro e a previsão de médio a longo prazo. *Climanálise*, Vol. 3(2): 32 – 33.
- Guedes, R.L., Machado, L.A.T., 1998. Características da propagação dos Sistemas Convectivos no Oeste da Amazônia. X Congresso Brasileiro de Meteorologia, MS98013.
- Kousky, V. E., 1988: Pentad Outgoing Longwave Radiation Climatology for the South American Sector. *Rev. Bras. Meteo.*, Vol. 3: 217 – 231.

**RELATÓRIO FINAL DO PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – PIBIC
JUNHO DE 2000**

**VARIABILIDADE INTERANUAL DA ATIVIDADE CONVECTIVA SOBRE O BRASIL
NO VERÃO E PRIMAVERA, USANDO DADOS DE IMAGENS DE SATÉLITE**

**ALUNO: Eduardo Batista de Moraes Barbosa
ORIENTADOR: Dra. Iracema F. A. Cavalcanti
DEPARTAMENTO: CPTEC/INPE – Cachoeira Paulista**

1. INTRODUÇÃO

A atividade convectiva (AC), que é associada à forte nebulosidade e precipitação sobre uma região, pode ser inferida através de dados digitais de imagens de satélite no canal infravermelho. A partir de estudos feitos com dados digitais no canal infravermelho, de 1993 e 1994, foi observado que a máxima atividade convectiva em várias regiões do Brasil era associada à presença de sistemas frontais. Estes resultados foram documentados em relatórios anteriores.

Dados digitais de imagens de satélite no canal infravermelho fornecem valores de "Count", em uma escala com variações de 0 a 255, podendo se associar os valores mais baixos à ausência de nuvens e os valores mais altos à presença de nuvens convectivas. A análise dos dados digitais apresentados em relatórios anteriores mostraram a consistência dessa associação.

Nos relatórios anteriores foram apresentadas as médias mensais dos dados digitais de imagens de satélite para as quatro estações dos anos de 1993 e 1994, com identificação das regiões mais afetadas por AC (Barbosa, 1999). As configurações são consistentes com os campos de precipitação.

O presente trabalho tem por objetivo analisar a AC no Verão e Primavera em várias áreas do Brasil, utilizando dados digitais de imagens de satélite no canal infravermelho, processados em grade de 2,5° X 2,5° (latitude/longitude). Será analisada a variabilidade interanual da AC sobre o Brasil, para os anos de 1996, 1997, 1998 e 1999.

2. ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA

A região tropical é caracterizada por grande variabilidade espacial e temporal da cobertura de nuvens devida às flutuações diurnas, interdiurnas e intrasazonais, que de uma forma geral, organizam a convecção em grandes aglomerados de nuvens (Guedes e Machado, 1998). Nos últimos anos surgiram várias técnicas que possibilitaram estimar precipitação de nuvens convectivas utilizando-se imagens de satélites meteorológicos geoestacionários (Adler and Negri, 1988; Arkin and Ardanuy, 1989; Ferreira and Oliveira, 1992). O processamento dos dados digitais das imagens de satélite possibilita uma análise objetiva das áreas de AC e permite um registro de estimativa de precipitação em qualquer área, principalmente naquelas de difícil acesso.

Outra variável utilizada em análises de AC é a radiação de onda longa emergente (ROLE), que foi extensivamente utilizada como um indicador de variabilidade intrasazonal. Dados de ROLE são obtidos por satélites "sun-synchronous", que fazem a coleta diária a cada 12 horas (Kousky, 1988).

A radiação terrestre derivada de medidas de satélite é altamente dependente da variabilidade das nuvens. A cobertura das nuvens é a principal variável que afeta no equilíbrio da radiação, e no clima global. Sua magnitude e duração variam de acordo com a região. A maioria das análises tem proporcionado um conhecimento global de padrões de nuvem sazonais e sistemas de tempo, (Minnis e Harrison, 1984).

Os dados mensais e de climatologia sazonal, mais amplamente utilizados de ROLE são produzidos nos Estados Unidos, pelo National Environmental Satellite Data and Information Service (NESDIS) e Climate Analysis Center (CAC). Esses dados são úteis para monitorar a variabilidade interanual e para prover uma visão global de distribuição da convecção tropical ao longo do ano. De forma geral pode-se obter uma aproximação do começo e término das estações chuvosas tropicais, (Kousky, 1988).

De norte a sul do Brasil encontra-se uma grande variedade de climas com distintas características regionais. No Norte do país verifica-se um clima equatorial chuvoso, praticamente sem estação seca. No Nordeste a estação chuvosa, com baixos índices pluviométricos, restringe-se a poucos meses, caracterizando um clima semi-árido. As regiões Sudeste e Centro-Oeste sofrem influência tanto de sistemas tropicais como de latitudes médias, com estação seca bem definida no

inverno e estação chuvosa de Verão com chuvas convectivas. O sul do Brasil, devido à sua localização latitudinal, sofre mais influências dos sistemas de latitudes médias, onde os sistemas frontais são os principais causadores de chuvas durante o ano, (Rocha e Gandu, 1996).

Os sistemas frontais atuam durante o ano todo sobre o Brasil com frequências maiores para latitudes mais altas e menores para latitudes mais baixas, como pode-se notar no estudo de Oliveira (1986), e são um dos maiores causadores de distúrbios meteorológicos sobre o país. O deslocamento desses sistemas está associado ao escoamento ondulatório de grande escala. A intensificação ou dissipação dos mesmos está relacionada com as características atmosféricas do continente. Algumas regiões do Brasil, tais como região Sul e Sudeste são regiões frontogenéticas, ou seja, as frentes podem se intensificar ou podem se formar, (Satyamurty e Mattos, 1989). A associação de sistemas frontais com a convecção tropical sobre a América do Sul resulta frequentemente no Verão, na Zona de Convergência do Atlântico Sul. É um tipo de sistema persistente que causa chuvas prolongadas na região Sudeste, e estiagem em regiões do Sul e do Nordeste na época do Verão (Casarim e Kousky, 1986).

Climatologicamente a ZCAS pode ser identificada na composição de imagens de satélite, como uma banda de nebulosidade de orientação NW/SE, estendendo-se desde o sul da região Amazônica até a região central do Atlântico Sul (Kousky, 1988), ou ainda em padrões de distribuição de radiação de onda longa (Carvalho et al., 1989). Durante o regime de Verão, as frentes frias ao ingressarem no sul do país, associam-se a um sistema de baixa pressão em superfície sobre o Paraguai, conhecida como Baixa do Chaco e intensificam-se. Estes sistemas neste período, frequentemente ficam semi-estacionados no litoral da região Sudeste, algumas vezes devido à presença de vórtices ciclônicos em altos níveis na região Nordeste.

Por meio de observações sinóticas de superfície ao longo da costa nordeste do Brasil, Kousky (1979), analisou o avanço das frentes frias ao longo do ano, e documentou sua influência na chuva sobre esta região, principalmente em Dezembro e Janeiro. Usando uma cadeia extensa de observações de pressão da superfície sobre o Brasil, Kousky e Ferreira (1981) documentaram a propagação no sentido nordeste, de variações de pressão diária com efeitos marcantes na AC sobre a bacia Amazônica.

Vários estudos têm sido desenvolvidos sobre sistemas convectivos (SC), utilizando dados digitais de imagens de satélite, em diferentes partes do globo e sobre vários aspectos. Dentre estes podemos citar os estudos de Maddox (1983) sobre os SC nos EUA, Guedes e Silva Dias (1985) sobre os SC na região Sul da América do Sul, Miller e Fritsch (1991) sobre SC no Pacífico, Machado et al. (1982) sobre estrutura e características dos SC profundos sobre a África equatorial. Estes e outros estudos mostram principalmente a dinâmica dos SC, as suas relações com a circulação geral, acoplamentos com jatos de baixos e altos níveis, relações orográficas, etc (Guedes et al., 1994).

No estudo de Guedes et al. (1994), alguns fatos relevantes foram observados, como o comportamento dos SC que se originam na ITCZ durante o inverno do hemisfério sul e tem melhor definição percorrendo uma pequena distância, enquanto que no Verão do hemisfério sul este fato não é muito claro, porém os sistemas convectivos apresentam um deslocamento maior. Outro ponto é o número de SC sobre a ITCZ, que no inverno é maior que os ocorridos no Verão do hemisfério sul.

Arnald et al. (1992), utilizando dados de imagens de satélite, mostraram um método de identificar as trajetórias de SC de forma automática aplicando-o sobre o continente Africano com o objetivo de criar uma climatologia de propagação dos SC, permitindo assim extrair informações como evolução da precipitação, velocidade de propagação dos sistemas, entre outras.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os arquivos dos dados digitais de imagens de satélite, no canal infravermelho correspondem à radiância emitida pelo sistema Terra-atmosfera, no intervalo de 10,2 - 11,2 μm , convertidos de forma discreta em 256 níveis, onde o nível mais alto, 255 refere-se aos valores mais baixos de radiância (baixas temperaturas), e o nível mais baixo, 0 refere-se aos valores mais altos de radiância (altas temperaturas).

Para fazer a navegação nas imagens do satélite Goes-8, foi utilizado um programa capaz de fazer degradação das imagens originais, que são recebidas com 512 X 512 (linhas/colunas), ajustando-as em matrizes de 28 X 30 (linhas/colunas), processadas em grades de 2,5°. Esta é a grade padrão já utilizada com os dados de 1993 e 1994, que foram analisados em relatórios anteriores. Essa matriz é obtida fazendo-se uma média dos pixels das imagens originais, dentro de uma área de 2,5° X 2,5° (latitude/longitude) que correspondem aproximadamente a 17 pixels na imagem original.

Os dados da matriz em ASCII foram convertidos para binários podendo assim ser visualizados pelo GRADS (Analisador de Grade e Sistema de Exibição). Um programa para calcular médias nas áreas selecionadas, foi utilizado, e através deste foi possível fazer a seleção em cada uma das áreas, dos dias com os valores maiores que a média imposta. Esta foi definida fazendo-se uma média geral para os meses correspondentes ao Verão (Janeiro, Fevereiro e Dezembro), nos anos de 1996 a 1999.

As áreas analisadas serão as mesmas definidas nos relatórios anteriores, ou seja, área A (4,25° N - 10,75° S; 76,25° W - 51,25° W), B (0,75° S - 10,75° S; 51,25° W - 33,75° W), C (10,75° S - 20,75° S; 76,25° W - 51,25° W), D (10,75° S - 20,75° S; 51,25° W - 33,75° W), E (20,75° S - 33,75° S; 61,25° W - 33,75° W) e NE (3,25° S - 10,75° S; 43,75° W - 33,75° W) (figura 1).

As imagens digitais de satélites meteorológicos de 1995 que foram fornecidas pelo DSA/INPE, estão armazenadas em uma projeção chamada Mercator, isto é, elas já estão processadas, porém em testes feitos anteriormente pode-se observar que de acordo com a variação dos meses havia também uma grande variação nas coordenadas de longitude e latitude das imagens, devido à mudança na posição do satélite. Portanto o ano de 1995, ainda não faz parte do período dos anos selecionados.

4. RESULTADOS

Os resultados serão apresentados divididos da seguinte forma:

- 4.1. Média espacial do Verão no período de 1996 a 1999;
- 4.2. Variabilidade interanual da AC no Verão;
- 4.3. Intensidade de AC nas áreas;
- 4.4. Frequência com que os dias apareceram acima do valor imposto;
- 4.5. Comparação entre a atividade convectiva nas áreas;
 - 4.5.1. Comparação entre a AC nas áreas em Janeiro/96;
 - 4.5.2. Comparação entre a AC nas áreas em Fevereiro/96;
 - 4.5.3. Comparação entre a AC nas áreas em Dezembro/96;
 - 4.5.4. Comparação entre a AC nas áreas em Janeiro/97;
 - 4.5.5. Comparação entre a AC nas áreas em Fevereiro/97;
 - 4.5.6. Comparação entre a AC nas áreas em Dezembro/97;
 - 4.5.7. Comparação entre a AC nas áreas em Janeiro/98;
 - 4.5.8. Comparação entre a AC nas áreas em Fevereiro/98;
 - 4.5.9. Comparação entre a AC nas áreas em Dezembro/98;
 - 4.5.10. Comparação entre a AC nas áreas em Janeiro/99;
 - 4.5.11. Comparação entre a AC nas áreas em Fevereiro/99;
- 4.6. Evolução da atividade convectiva sobre as áreas;
 - 4.6.1. Evolução do Verão na área A;

- 4.6.2. Evolução do Verão na área B;
- 4.6.3. Evolução do Verão na área C;
- 4.6.4. Evolução do Verão na área D;
- 4.6.5. Evolução do Verão na área E;
- 4.7. Análise dos dados digitais em um período selecionado
- 5. Primavera

4.1. MÉDIA ESPACIAL DO VERÃO NO PERÍODO DE 1996 A 1999

A média dos dados digitais nos meses que compõem o período do Verão 95/96 é apresentada na figura 2. No mês de Janeiro/96 (figura 2-A), pode-se observar a existência de forte AC sobre todo o país. Deve-se destacar uma banda de nebulosidade com orientação NW/SE, desde a região Amazônica até o oceano Atlântico, com valores de Counts bastante altos, o que caracteriza a ZCAS, nesta época do ano. Também destaca-se a alta nebulosidade associada à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) bastante ativa neste período. A próxima figura (figura 2-B), representa a média mensal em Fevereiro/96. Para este mês podemos ainda observar uma banda de nebulosidade com orientação NW/SE, desde a região Amazônica até o oceano Atlântico, com valores de Counts altos, porém menos intensos que os do mês anterior, podendo ainda caracterizar a ZCAS menos intensa nesta época do ano.

Na figura 3-A é apresentada a média mensal para o mês de Dezembro de 1996, mês do início do período de Verão 96/97. Neste mês observa-se o início da ocorrência da banda de nebulosidade com orientação NW/SE, que mostra-se com maior intensidade. No mês de Janeiro (figura 3-B) caracteriza-se de maneira muito intensa a ZCAS, sobre as áreas A, C, D e parte da região B.

Em análises da média mensal de Dezembro de 1997 (figura 4-A), observa-se com pequena intensidade a formação de uma banda de nebulosidade com orientação NW/SE, porém seus valores são bem menores que os do ano anterior. Nos meses de Janeiro e Fevereiro (figuras 4-B e 4-C), observamos também valores bem menores que os dos anos anteriores, porém ainda são identificadas características comuns sobre as áreas A, C, e D (Janeiro e Fevereiro).

O período de Verão 98/99, está representado na figura 5. Durante o mês de Dezembro/98 (figura 5-A) pode observar intensa banda de nebulosidade com orientação NW/SE desde o oeste da Amazônia até o litoral da região Sudeste do país. Em Janeiro/99 (figura 5-B), observa-se a existência de forte AC sobre todo o país. Deve-se destacar a banda zonal com valores de Counts bastante altos desde a região Amazônica até parte do Nordeste do Brasil. No mês de Fevereiro/99 (figura 5-C), a AC mostra-se bastante intensa sobre todo o Brasil principalmente na região Amazônica e parte da região Nordeste. A ZCIT mostra-se muito intensa neste mês e próxima ao norte do Nordeste.

4.2. VARIABILIDADE INTERANUAL DA AC NO VERÃO

Na figura 6 são apresentados os campos para o Verão dos anos de 1996 a 1999. Em todos os anos pode se identificar a banda associada a ZCAS, porém com diferentes intensidades, principalmente sobre a região Amazônica. No Verão 95/96 (figura 6-A) observa-se principalmente sobre as regiões Amazônica, Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil, uma banda de nebulosidade muito intensa com orientação NW/SE que caracteriza a ZCAS. Na figura 6-B, período de Verão 96/97 pode-se verificar a AC intensa desde a região oeste da Amazônia até o litoral do Sudeste e Sul do Brasil configurando uma banda de nebulosidade intensa, com pontos isolados de maior intensidade sobre as regiões Amazônica e Centro-Oeste do Brasil. No Verão 97/98 (figura 6-C) a AC mostrou-se menos intensa sobre toda região do Brasil se comparada com os anos anteriores, e

através da configuração pode-se identificar a ZCAS menos intensa neste ano. No Verão 98/99 (figura 6-D), a configuração mostrou-se com as mesmas características do Verão 95/96, ou seja, AC intensa na região leste da Amazônia.

4.3. INTENSIDADE DE AC NAS ÁREAS

Nos gráficos abaixo (figuras 7 a 9), pode-se observar a intensidade com que a AC apresentou-se sobre as áreas selecionadas, durante cada mês que compõe a estação da Verão, entre os anos de 1996 a 1999.

No mês de Dezembro (figura 7), início do período de Verão, e transição entre duas estações (Primavera/Verão), verifica-se que a intensidade de AC apresentou-se com valores altos sobre todas as áreas. No ano de 1996 obteve-se os maiores valores, com exceção da área B, que apresentou os menores valores em todo o período. Os valores de 1997 foram menores que em 1996 voltando a aumentar em 1998.

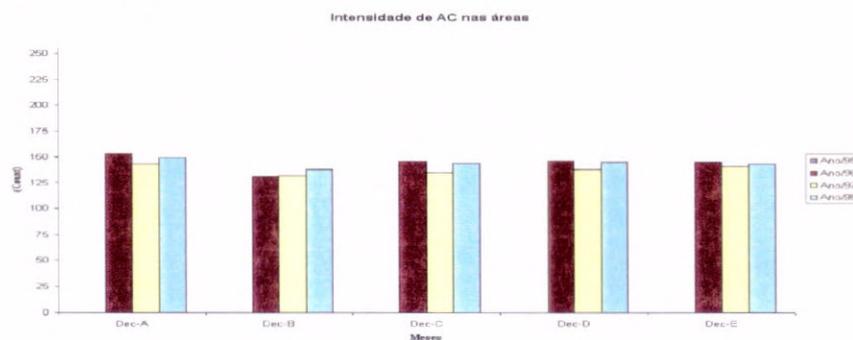


Fig. 7 – Gráfico de intensidade de AC em Dezembro

No segundo mês de Verão (Janeiro), já com a estação estabelecida (figura 8) os valores de AC foram mais intensos sobre todas as áreas, se comparados com os valores encontrados no mês de Dezembro (figura 7). Durante todo o período pode-se destacar o ano de 1997 que apresentou os maiores valores sobre as áreas A, B, C e D. Na área E observa-se também valores altos, porém regulares durante o período.

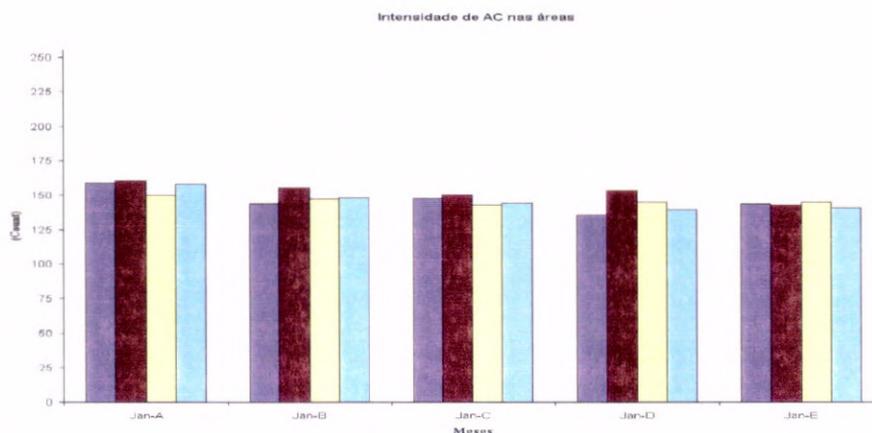


Fig. 8 – Gráfico de intensidade de AC em Janeiro

Em Fevereiro, terceiro mês do Verão (transição entre Verão/Outono), o gráfico de intensidade de AC (figura 9), mostra-nos uma sensível diminuição na intensidade de AC principalmente nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul se comparada com os meses anteriores. A AC manteve-se com altos valores sobre as áreas A (região Amazônica) e C (Centro-Oeste). Embora

pequenas, há variações de intensidade entre os anos nas áreas D e E. A área B, que engloba a região Nordeste apresenta os menores valores encontrados no período principalmente no ano de 1998.

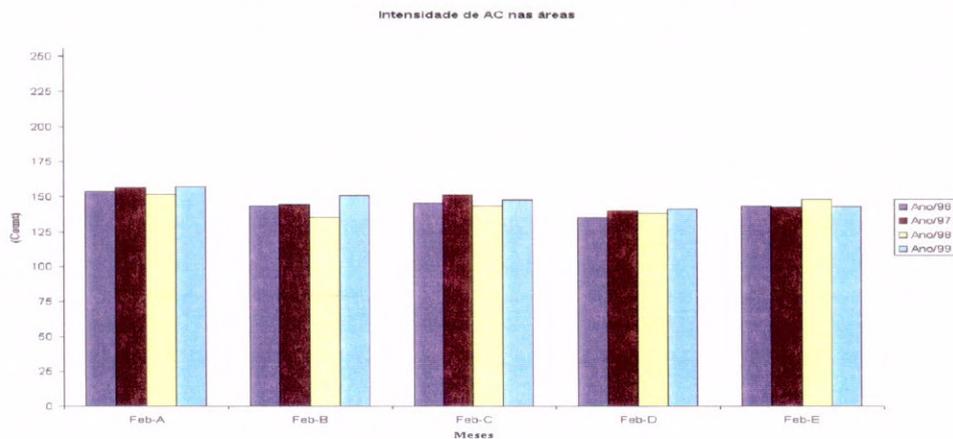


Fig. 9 – Gráfico de intensidade de AC em Fevereiro

4.4. FREQUÊNCIA COM QUE OS DIAS APARECEM ACIMA DO VALOR IMPOSTO

Nos gráficos abaixo (figuras 10 a 14), são apresentadas as frequências de dias em que a AC apresentou-se acima de 150 Counts, nos meses de Verão em cada uma das áreas selecionadas. Esse valor corresponde à média no Verão para todas as áreas, e está representando o limite inferior para a AC forte. Nos gráficos foram selecionados somente valores acima deste valor definido.

Na figura 10 é apresentada a frequência de AC na área A durante a estação de Verão, no período entre 1996 e 1999. Na análise do gráfico pode-se observar que o mês de Dezembro apresenta as menores frequências, a frequência de dias acima do valor imposto aumenta no mês de Janeiro, e diminui novamente mês de Fevereiro. Porém no Verão 98/99, observa-se que o mês de Fevereiro apresentou frequência de dias maior que Janeiro.

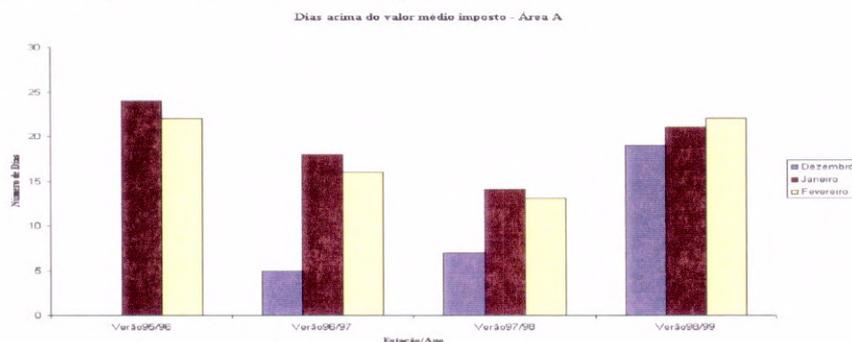


Fig. 10 - Dias com valores acima da média na área A

Sobre a área B, que engloba a região Nordeste (figura 11), observa-se nos anos de 1996 a 1998 o mês de Fevereiro apresentou frequência de dias acima do valor limite muito baixo. Em Janeiro há ocorrência de poucos dias, em geral menos que a metade do mês em todos os anos, porém esta frequência aumenta em Fevereiro do Verão 98/99. O número maior da frequência de dias em Janeiro é encontrado nos anos de 1997 e 1998.

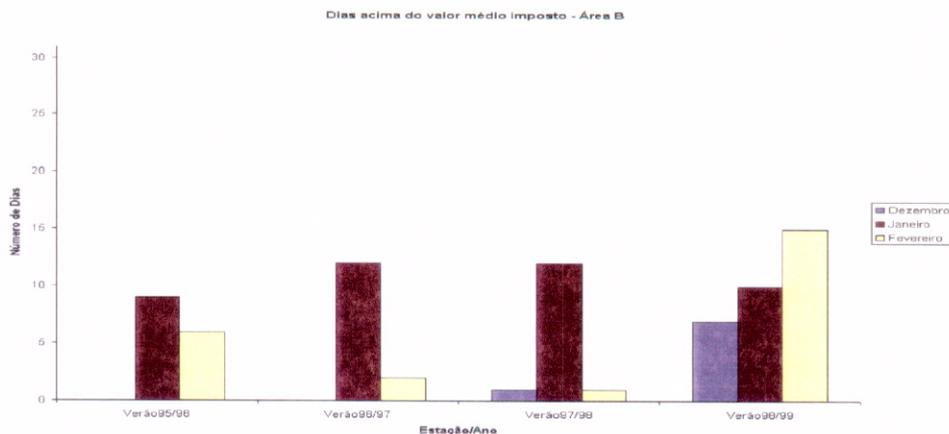


Fig. 11 - Dias com valores acima da média na área B

Sobre a área C (figura 12), observamos que o mês de Dezembro apresenta poucos dias acima da média, destacando-se ano de 1998 que apresentou os maiores valores para este mês na área. A frequência aumenta relativamente em Janeiro, com exceção do Verão 98/99, em que este mês apresentou frequência menor que em Dezembro. No mês de Fevereiro, os valores são maiores que em Janeiro em todos os anos, exceto no Verão 95/96.

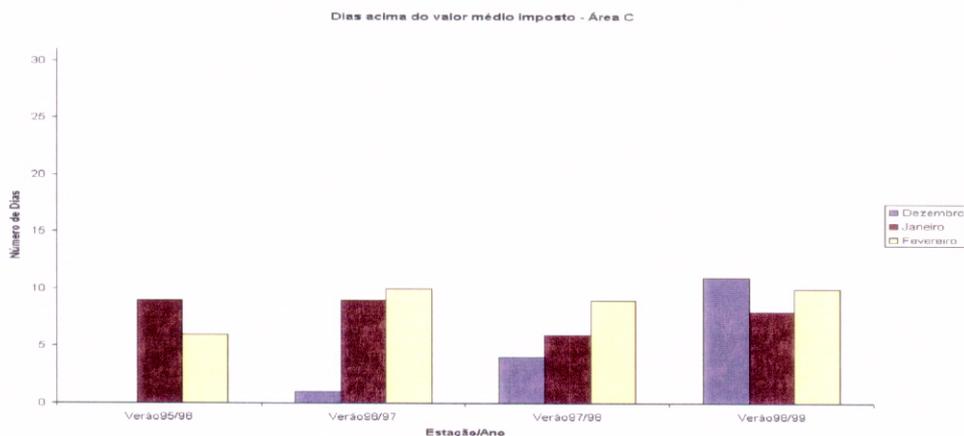


Fig. 12 - Dias com valores acima da média na área C

O Verão 95/96 da região Sudeste (figura 13), apresentou poucos dias com frequência acima do valor imposto. No Verão 96/97, Janeiro de 1997 apresenta valor mais altos dos meses na estação, semelhante a Dezembro de 1998 (Verão 98/99) que também apresentou os maiores valores para a estação.

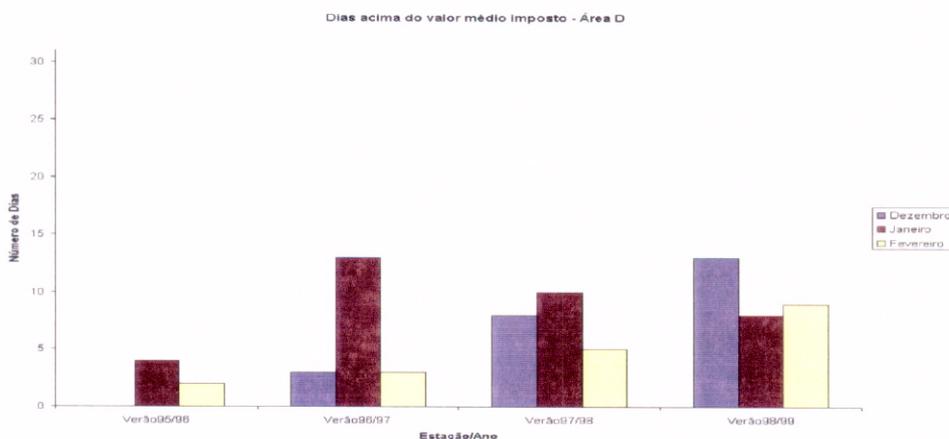


Fig. 13 - Dias com valores acima da média na área D

No gráfico abaixo (figura 14), é apresentada a frequência de dias acima do valor limite sobre a área E. Nesta área pode-se verificar que os maiores valores para Dezembro ocorreram em 97 e 98. No mês de Janeiro os casos com número de dias acima do valor limite mais baixos ocorrem em 1997 e 1999. Em Fevereiro a frequência é maior encontrada em 1998.

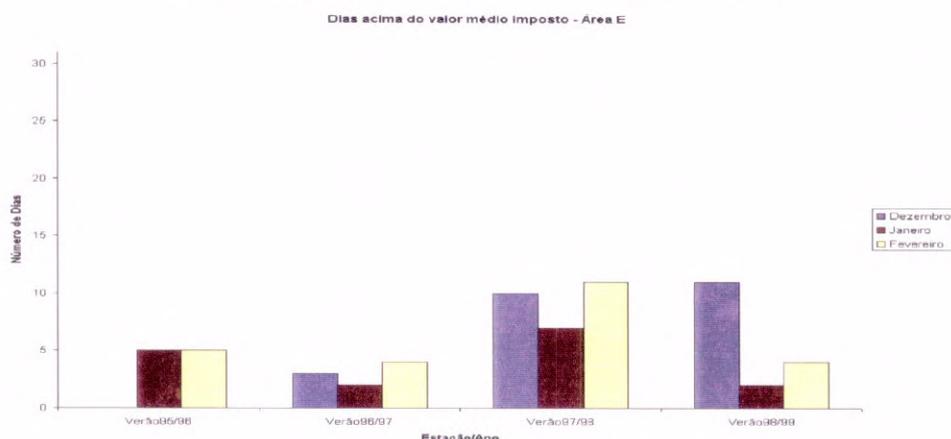


Fig. 14 - Dias com valores acima da média na área E

As análises de frequência deverão ser feitas posteriormente além das porcentagens, pois em alguns meses haviam poucas imagens disponíveis, como nos meses de Dezembro/96 e Janeiro/97.

4.5. COMPARAÇÃO ENTRE ATIVIDADE CONVECTIVA DAS REGIÕES

As séries temporais que fazem a comparação entre a AC nos meses de Verão (Dezembro, Janeiro e Fevereiro) do período compreendido entre 1996 e 1999, em cada região pode ser observada nas figuras de 15 a 25. O Verão 95/96, será representado pelos meses de Janeiro e Fevereiro de 1996, devido a falta de dados para o mês de Dezembro de 1995.

4.5.1. COMPARAÇÃO ENTRE A AC NAS ÁREAS EM JANEIRO/96

A comparação entre as áreas no mês de Janeiro/96 pode ser vista na figura 15. Neste mês de Janeiro/96 (figura 15-A) sobre as áreas A e B pode-se observar configurações semelhantes sobre as duas áreas. Sempre que os valores apresentam-se altos ou baixos sobre a área A, observou-se que eles tendem a seguir as mesmas características sobre área B. Na região Amazônica (área A) os valores em Counts apresentam-se em geral, maiores do que aqueles encontrados sobre a área B que engloba a região Nordeste.

Sobre as áreas A e C em Janeiro/96 (figura 15-B), pode-se observar que a AC apresenta altos valores de Counts, principalmente sobre a área A. A região Centro-Oeste (área C) mostra configurações semelhantes às da região Amazônica com valores muito próximos durante todo o mês.

No mês de Janeiro/96 (figura 15-C) sobre a área D (região Sudeste) pode-se observar configurações semelhantes sobre as duas áreas. Sempre que os valores apresentam-se altos ou baixos sobre a área A, observou-se que eles tendem a seguir as mesmas características sobre área D. Na região Amazônica os valores em Counts apresentam-se em geral, maiores do que aqueles encontrados sobre a área D.

Na figura 15-D, é apresentada a comparação entre as áreas A e E em Janeiro de 1996. Neste mês pode-se observar também configurações semelhantes sobre as duas áreas. Na região

Amazônica os valores em Counts apresentam-se em geral, maiores do que aqueles encontrados sobre a região Sul do Brasil (área E), porém com pequena diferença entre os mesmos.

4.5.2. COMPARAÇÃO ENTRE A AC NAS ÁREAS EM FEVEREIRO/96

No mês de Fevereiro sobre a área A e B (figura 16-A) os valores mostram-se próximos, e as configurações seguem as mesmas características.

Na figura 16-B, pode-se observar a variação na intensidade de AC durante o mês de Fevereiro/96 sobre as áreas A e C. Neste mês os valores de AC são menores que os de Janeiro do mesmo ano. As configurações de AC mostram-se ainda bastante semelhantes com valores bem próximos entre as áreas. Em Fevereiro/96 sobre as área A e D (figura 16-C) os valores apresentaram-se próximos nas duas áreas com configurações semelhantes apresentando as mesmas características.

A comparação entre as áreas A e E, no mês de Fevereiro/96 pode ser observada na figura 16-D. Neste mês notou-se que os valores nas áreas sofreram sensível diminuição. Sobre a área A apresentam-se os maiores valores encontrados nas duas áreas, com pequena diferença entre os mesmos.

4.5.3. COMPARAÇÃO ENTRE A AC NAS ÁREAS EM DEZEMBRO/96

Na figura 17-A pode-se observar o mês de Dezembro/96 sobre as áreas A e B. Apesar de poucos dados, somente no início do mês, pode-se observar configurações semelhantes entre as duas áreas. Os valores da área A são em geral, maiores que os apresentados na área B, porém as configurações mostram-se semelhantes. Sobre as áreas A e C o mês de Dezembro/96 (figura 17-B) segue as mesmas características citadas anteriormente sobre as áreas A e B.

O mês de Dezembro/96 sobre áreas A e D (figura 17-C) apresenta configurações semelhantes nas duas áreas, com os valores da área A mostrando diferença pequena dos valores apresentados na área D durante o período. Na figura 17-D pode-se observar o mês de Dezembro/96 sobre as áreas A e E. Durante este mês, existe diferença maior entre as duas áreas quando comparados com as áreas A e D.

4.5.4. COMPARAÇÃO ENTRE A AC NAS ÁREAS EM JANEIRO/97

Em Janeiro/97 (figura 18-A) sobre as áreas A e B, pode-se observar que as configurações são semelhantes entre as áreas, os valores em Counts mantém-se bem próximos entre duas áreas. Nas áreas A e C (figura 18-B), o mês de Janeiro/97 mostra-se com configurações bastante semelhantes e valores bem próximos nas duas áreas. Os dias que apresentam maior valor em Count, sobre a área A, em alguns casos, ocorrem um dia após o dia de maior valor sobre a área C, e vice-versa.

Na figura 18-C está representado o mês de Janeiro/97. Neste mês, pode-se observar configurações bastante semelhantes com os valores bem próximos nas duas áreas. Sobre a área A, em geral os valores são maiores que os da área D. Sobre as áreas A e E (figura 18-D), o mês de Janeiro/97, apresenta altos valores de Counts, principalmente sobre a área A.

4.5.5. COMPARAÇÃO ENTRE A AC NAS ÁREAS EM FEVEREIRO/97

A comparação entre as áreas no mês de Fevereiro/97 pode ser visto na figura 19. Em 1997, sobre as áreas A e B (figura 19-A) os valores mostram-se bem próximos nas duas áreas, e as configurações seguem as mesmas características, do mês de Janeiro/97 nestas áreas.

A figura 19-B mostra-nos o mês de Fevereiro/97 sobre as áreas A e C. Em Fevereiro/97 observa-se os valores de AC ainda altos nas duas áreas com as configurações bastante semelhantes

e os valores apresentando pouca diferença entre as áreas. Na figura 19-C pode-se observar o mês de Fevereiro/97 nas áreas A e D, e neste mês observa-se que os valores de AC ainda permanecem altos principalmente sobre a área A. Sobre as áreas A e E (figura 19-D), o mês de Fevereiro/97, segue as mesmas características citadas anteriormente.

4.5.6. COMPARAÇÃO ENTRE A AC NAS ÁREAS EM DEZEMBRO/97

Na figura 20, pode-se observar a comparação entre as áreas para o mês de Dezembro/97, início da estação do Verão 97/98. Sobre as áreas A e B (figura 20-A), em Dezembro/97, observa-se os valores da área A maiores que os da área B com as configurações semelhantes entre as duas áreas. Em Dezembro/98, sobre as áreas A e C (figura 20-B), pode-se observar sobre as áreas configurações semelhantes, com valores bastante próximos nas duas áreas. No mês de Dezembro/97 (figura 20-C) sobre as áreas A e D os valores de AC da área A, em alguns casos, são maiores que os apresentados na área D, com configurações semelhantes entre as duas áreas. Na figura 20-D pode-se observar o mês de Dezembro/97 sobre as áreas A e E. Durante este mês, existem diferenças maiores entre as duas áreas, porém as configurações mostram-se semelhantes.

4.5.7. COMPARAÇÃO ENTRE A AC NAS ÁREAS EM JANEIRO/98

A comparação entre as áreas no mês de Janeiro/98 pode ser visto na figura 21. Em Janeiro/98 sobre as áreas A e B (figura 21-A), pode-se observar que as configurações são semelhantes, mantendo-se sempre os valores em Counts bem próximos nas duas áreas. Em alguns dias sobre a área B observa-se maiores valores que os encontrados sobre a área A. Em 1998 (figura 21-B) sobre as áreas A e C, pode-se observar valores menores que os do mesmo mês nas outras áreas. As configurações continuam semelhantes e os valores bem próximos nas duas áreas. Nas áreas A e D em Janeiro/98 (figura 21-C), pode-se observar também que as configurações são semelhantes, mantendo-se sempre os valores em Counts bem próximos nas duas áreas. Sobre as áreas A e E (figura 21-D), o mês de Janeiro/98, apresenta valores de Counts menores que os de Janeiro/97, principalmente sobre a área A. As configurações das duas mostram-se semelhantes.

4.5.8. COMPARAÇÃO ENTRE A AC NAS ÁREAS EM FEVEREIRO/98

Na figura 22, pode-se observar a comparação entre as áreas para o mês de Fevereiro/98, final da estação do Verão/97/98. Neste mês pode-se observar sobre as áreas A e B (figura 22-A), que as configurações seguem as mesmas características analisadas em Janeiro/98, havendo sempre uma certa diferença entre os valores encontrados nas duas áreas. Na figura 22-B, pode-se observar o mês de Fevereiro/98 sobre as áreas A e C, e nestas áreas pode-se observar as mesmas características citadas anteriormente, nas áreas A e B. Em Fevereiro/98 nas áreas A e D (figura 22-C), as configurações seguem características semelhantes, porém com pequena diferença entre os valores encontrados nas áreas. Nas áreas A e E (figura 22-D) notou-se que os valores sofreram sensível diminuição, porém as configurações apresentam características semelhantes, em ambas as áreas.

4.5.9. COMPARAÇÃO ENTRE A AC NAS ÁREAS EM DEZEMBRO/98

A comparação entre as área A e B no mês de Dezembro/98 está representada na figura 23-A. Neste mês os valores da área A são maiores que os da área B, porém existe pequena diferença entre eles mas as configurações permanecem semelhantes nas duas áreas. Na figura 23-B, os valores mostram-se maiores que em Dezembro/97 (figura 20-B) nas mesmas áreas. Os valores da área A são maiores que os da área C, porém a diferença é pequena, com configurações semelhantes entre as duas áreas. Em Dezembro/98 nas áreas A e D (figura 23-C), os valores da área A são os maiores, apesar da pequena diferença, as configurações permanecem semelhantes nas duas áreas. Na figura

23-D, os valores da área A são maiores que os da área E, porém a diferença é pequena e as configurações são semelhantes nas duas áreas.

4.5.10. COMPARAÇÃO ENTRE A AC NAS ÁREAS EM JANEIRO/99

No mês de Janeiro/99, as comparações entre as áreas são apresentadas na figura 24. Sobre as áreas A e B neste mês (figura 24-A), pode-se observar configurações semelhantes, mantendo-se sempre os valores em Counts bem próximos nas duas áreas. Na figura 24-B, pode-se observar o mês de Janeiro/99 sobre as áreas A e C, neste mês observa-se os valores em Counts mais altos que no mês anterior (Dezembro/98 – figura 23-B) nas mesmas áreas. Em Janeiro/99 sobre as áreas A e D (figura 24-C), observa-se as mesmas características analisadas anteriormente. Sobre as áreas A e E (figura 24-D), Janeiro/99 mostrou-se com configurações semelhantes nas duas áreas e com pouca diferença entre os valores.

4.5.11. COMPARAÇÃO ENTRE A AC NAS ÁREAS EM FEVEREIRO/99

Na figura 25, pode-se observar a comparação entre as áreas para o mês de Fevereiro/99. Neste mês sobre as áreas A e B (figura 25-A), as configurações seguem as mesmas características do mês de Janeiro/99 nas áreas (figura 24-A), havendo pequena diferença entre os valores encontrados nas duas áreas. Em Fevereiro/99 sobre as áreas A e C (figura 25-B), as características são semelhantes nas duas áreas com pequena diferença entre os valores. Em Fevereiro/99 (figura 25-C) nas áreas A e D, existem pequenas diferenças entre os valores encontrados nas duas áreas, porém as características de configurações são semelhantes. Na figura 25-D, é apresentada a comparação deste mês nas áreas A e E. Nestas áreas são observadas as mesmas características citadas anteriormente.

4.6. EVOLUÇÃO DA ATIVIDADE CONVECTIVA SOBRE AS ÁREAS

Nos gráficos das figuras 26 a 30, pode-se observar a evolução com que a AC apresentou-se sobre as áreas selecionadas durante a estação de Verão, entre os anos de 1996 a 1999.

4.6.1. EVOLUÇÃO DO VERÃO NA ÁREA A

O Verão 95/96 (figura 26-A), é composto por apenas dois meses (Janeiro e Fevereiro), por falta de dados para o mês de Dezembro/95. Durante este período sobre a área A, pode-se verificar que de Janeiro para Fevereiro, ocorre diminuição no valor diário em Counts, provavelmente devido a transição entre as estações de Verão e Outono, em Fevereiro. A evolução da AC sobre as áreas no período de Verão 96/97, composto pelos meses de Dezembro/96, Janeiro/97 e Fevereiro/97 sobre a área A é apresentado na figura 26-B. Observa-se que o período apresentou-se estável, com pouca variação nos valores desde Dezembro/96 até Fevereiro/97. Durante o período de Verão 97/98 sobre a área A (figura 26-C), observa-se que os valores durante os meses de Dezembro/97 apresenta maiores valores que em Janeiro/98. No mês de Janeiro/98 os valores mantêm-se estáveis, voltando a aumentar em Fevereiro/98. Sobre a área A no Verão 98/99 (figura 26-D), observa-se que o período apresentou-se com pouca variação nos valores desde Dezembro/98 até Fevereiro/99.

4.6.2. EVOLUÇÃO DO VERÃO NA ÁREA B

Na figura 27-A, é apresentado o Verão 95/96 sobre a área B. Sobre esta área observa-se a diminuição do valor diário ocorrendo de Janeiro para Fevereiro, como na área A. Sobre esta área observa-se que os valores são menores se comparados com a área A.

No período de Verão 96/97 sobre a área B (figura 27-B), observa-se que os menores valores ocorreram em Dezembro/96, aumentando em Janeiro/97, e apresentou os maiores valores do período no mês de Fevereiro/97.

Sobre a área B no Verão 97/98 (figuras 27-C), o mesmo período apresenta os maiores valores no mês de Janeiro/98. Estes aumentam de Dezembro/97 para Janeiro/98 e sofrem bastante diminuição em Fevereiro/98, final da estação. O Verão 98/99 sobre a área B (figura 27-D) a AC apresenta evolução de Dezembro/98 para Janeiro/99. Os valores tendem a diminuir a partir da metade do mês de Janeiro/99 para Fevereiro/99.

4.6.3. EVOLUÇÃO DO VERÃO NA ÁREA C

O a evolução do Verão sobre a área C será apresentado na figura 28. No Verão 95/96 da área C (figura 28-A) pode-se observar altos valores, porém menores que os da área A e B no mesmo ano. Durante todo o período, não existem grandes variações. Durante o Verão 96/97 e 97/98 a evolução da AC nesta áreas (figuras 28-B e 28-C) mostra-se sem grandes variações. Na área C (figuras 28-D) pode-se observar que os maiores valores ocorreram em Dezembro/98 mantendo-se em Janeiro/99, diminuindo no final da estação, em Fevereiro/99.

4.6.4. EVOLUÇÃO DO VERÃO NA ÁREA D

A evolução da AC sobre a área D no Verão 95/96 é apresentado na figura 29-A. Nesta área observa-se os menores valores entre as áreas analisadas, porém seguindo as características das áreas A e B, onde os valores tendem a diminuir de acordo com final da estação. No Verão 96/97 (figura 29-B) mostra-se sem grandes variações. Durante a estação do Verão 97/98 (figura 29-C) são apresentados os maiores valores para o período no mês de Janeiro/98. Os meses de Dezembro/98 e Janeiro/99 (figura 29-D), foram aqueles que apresentaram os maiores valores, diminuindo em Fevereiro/99.

4.6.5. EVOLUÇÃO DO VERÃO NA ÁREA E

Na área E durante o período de Verão 95/96 (figura 30-a) ocorrem pequenas variações dos valores durante o Verão. Durante o Verão 96/97 e 97/98 a evolução da AC sobre a área (figuras 30-B e 30-C) mostrou-se sem grandes variações. A evolução da AC período de Verão 98/99 é apresentado na figura 30-D sem grandes variações durante todo o período.

4.7. ANÁLISE DOS DADOS DIGITAIS EM UM PERÍODO SELECIONADO

A comparação entre a evolução de AC em várias áreas mostrou que essa evolução é semelhante em muitos períodos. A figura 21 mostra um desses períodos, na comparação entre as áreas A e D nos período de 07/01/98 até 12/01/98. As configurações dos dados digitais para os dias são mostrados na (figura 31).

No primeiro dia do período 07/01/98 (figura 31-A), pode-se observar forte nebulosidade, em uma banda que estende-se desde a Bolívia até o Sul/Sudeste do Brasil. No dia 08/01/98 (figura 31-B), observa-se forte AC, no Nordeste Sudeste e Sul do Nordeste. Dia 09/01/98 (figura 31-C), observa-se a AC muito intensa sobre a região Sudeste, sul do Nordeste e norte da Amazônia. No dia 10/01/98 (figura 31-D), observou-se a desintensificação da banda de nebulosidade, porém ainda com forte AC sobre o litoral da região Sudeste e sobre o leste da Amazônia. No quinto dia do período, 11/01/98 (figura 31-E), pode-se observar a presença de nebulosidade convectiva intensa

sobre o norte do Nordeste. No dia 12/01/98 (figura 31-F), destaca-se a forte AC sobre a região Centro-Oeste.

Neste caso selecionado, notou-se que no início do período a AC sobre o Centro-Sul do Brasil ocorria associada à AC de um sistema frontal na região Sul. A medida que a AC se desloca para norte, há uma associação entre a região sudeste e sul do Nordeste. A permanência da banda de nebulosidade sobre a região Sudeste, ocorre ao mesmo tempo em que as áreas de AC se desenvolvem sobre a Amazônia. A ocorrência da banda de nebulosidade desde o leste da Amazônia até a porção norte do Sudeste do Brasil é associada com a intensificação e posicionamento mais ao Sul da ZCIT. No fim do período a AC diminui muito na região Norte/Nordeste, e aumenta na região Centro-Oeste associada à chegada de um novo sistema frontal.

5. PRIMAVERA

As análises para o período de Primavera serão apresentadas no Anexo I. Estas análises estão sumarizadas no trabalho enviado, para o XI Congresso Brasileiro de Meteorologia que acontecerá em Outubro no Rio de Janeiro.

6. CONCLUSÃO

A AC que ocorre nas diversas áreas do Brasil pode ser bem determinada através do processamento dos dados digitais de imagens de satélite. Através das médias mensais para os meses das estações do Verão e Primavera, foi possível analisar a variação interanual em várias áreas. Nos quatro anos analisados, o Verão de 95/97 foi o mais ativo na ZCAS e a banda de nebulosidade média se estendeu até o sul do Nordeste. A intensidade mais fraca foi encontrada no Verão 97/98, embora no Sudeste e Sul do Brasil tenha apresentado uma extensão maior que em 95/96 e 98/99, cobrindo desde Minas Gerais até o Uruguai. No Verão 95/96, a banda de nebulosidade está deslocada para Sul, afetando desde o Sul de Minas Gerais até o Rio Grande do Sul.

A variabilidade na ZCIT também pode ser destacada, sendo intensa em 95/96 e 96/97, e bem fraca em 97/98.

Com as médias espaciais dos dados foi possível a obtenção das séries temporais, onde foram exibidas a evolução da AC nos meses de Verão e a comparação da AC entre as áreas selecionadas.

Nas análises da intensidade de AC no Verão notou-se que na maioria dos casos (áreas e anos) o mês de Janeiro apresentou os maiores valores. Através dos gráficos que apresentaram o número de dias acima do valor imposto nas áreas selecionadas, pode-se observar que os maiores valores aconteceram sobre a área A (região Amazônica), apesar de haver variação interanual sobre esta área.

Através dos gráficos para comparação da AC entre as áreas, observou-se a que a AC sobre a área A, na maioria dos casos está associada com a AC em outras áreas, como por exemplo área B, D e C principalmente. Na evolução da AC durante o período de Verão notou-se variação nos valores diários do início para o final do mês onde os maiores valores são apresentados em geral na metade dos meses, além de variação do início para final da estação, com os maiores valores ocorrendo em Janeiro. Na análise do período selecionado o deslocamento da AC do Sul do Brasil para o Sul do Nordeste e a conseqüente mudança para norte da AC das outras áreas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adler, R.F., Negri, A.J., 1988. A satellite infrared technique to estimate tropical and stratiform rainfall. *J. Appl. Meteor.*, 27, 31 – 51.
- Arkin, P.A., Ardanuy, P.E., 1989. Estimating climatic scale precipitation from space: A review. *J. Climate*, 2, 1229 – 1238.
- Arnauld, Y., Desbois, M., Maizi, J., 1992. Automatic tracking and characterization of African Convective Systems on Meteosat Pictures. *J. Appl. Meteor.*, Vol. 31, Nº 5, 443 – 453.
- Barbosa, E.B.M., 1999: Influências dos Sistemas Frontais na Atividade Convectiva em várias regiões do Brasil. Estudo com dados digitais de imagens de satélite. *Relat. Fin. PIBIC*, 1 - 43.
- Calheiros, R. V., Silva Dias, P. L., 1988. Como prever melhor. *Climanálise*, Vol. 3(2): 31 – 31.
- Carvalho, A. M. G., Silva Dias, P. L., Nobre, C. A., 1989: Upper tropospheric vorticity and OLR structure over tropical South America – Third International Conference in Southern Hemisphere. Buenos Aires.
- Casarin, D. P., Kousky, V. E., 1986. Anomalias de precipitação no sul do Brasil e variações da circulação atmosférica. *Rev. Bras. Meteo.*, Vol. 1: 83 – 90.
- Ferreira, N.J., Oliveira, 1992. Classificação de nuvens convectivas usando-se imagens de satélite meteorológicos. VII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Vol. 1, 195 – 198.
- Guedes, R. L., Silva Dias, M. A. F., 1985. The observed synoptic scale structure in the presence of mesoscale convective complexes over South America. 2nd Meeting of Brazil-USA Cooperative Program on the Role of Convection in the Amazon Region, SJC, SP, Brazil.
- Guedes, R. L., Machado, L. A. T., Silveira, J. M. B., Alves, M. A. S., Waltz, R. C., 1994. Trajetórias dos sistemas convectivos sobre o continente americano. VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, , II Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia, A meteorologia da prevenção dos desastres naturais, Vol. 2: 77 – 80.
- Guedes, R. L., Machado, L. A. T., 1998. Características da propagação dos Sistemas Convectivos no Oeste da Amazônia. X Congresso Brasileiro de Meteorologia, MS98013.
- Kousky, V. E., 1979: Frontal influences on northeast Brazil. *Mon. Wea. Rev.*, 107, 1140 – 1153.
- Kousky, V.E., Ferreira, J., 1981. Frontal influences on northeast Brazil: Their spatial distribution, origins and effects. *Mon. Wea. Rev.*, 109, 1999 – 2008.
- Kousky, V. E., 1988. Pentad Outgoing Longwave Radiation Climatology for the South American Sector. *Rev. Bras. Meteo.*, Vol. 3: 217 – 231.
- Machado, L. A. T., Desbois, M., Duvel, J.-P., 1982. Structural characteristics of deep convective systems over tropical Africa and Atlantic Ocean. *Mon. Wea. Ver.*, 120, 392 – 406.
- Maddox, R. A., 1983. Large-scale meteorological conditions associated with midlatitude, mesoscale convective complexes. *Mon. Wea. Rev.*, 111, 1475 – 1493.
- Miller, D., Fritsch, J. M., 1991. Mesoscale convective complexes in the Western Pacific region. *Mon. Wea. Ver.*, 119, 2978 – 2992.
- Minnis, P., Harrison, E. F., 1984. Diurnal Variability of Regional Cloud and Clear-Sky Radiative Parameters Driven from GOES Data. Part I: Analysis Method. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, Vol. 23, nº 7: 993 – 1011.
- Oliveira, A. S., 1986. Interações entre os Sistemas Frontais na América do Sul e Convecção na Amazônia. INPE – 4008 – TDL/239.

Rocha, A. M. G. C., Gandu, A. W., 1996. A Zona de Convergência do Atlântico Sul. *Climanálise Especial*: 140 - 141.

Satyamurti, P., Mattos, L. F., 1989. Climatological lower trophosferic frontogenesis in the midlatitudes due to horizontal deformation and divergence. *Mon. Wea. Rev.*, 108: 410 – 520.

Divisao de areas sobre a America do Sul

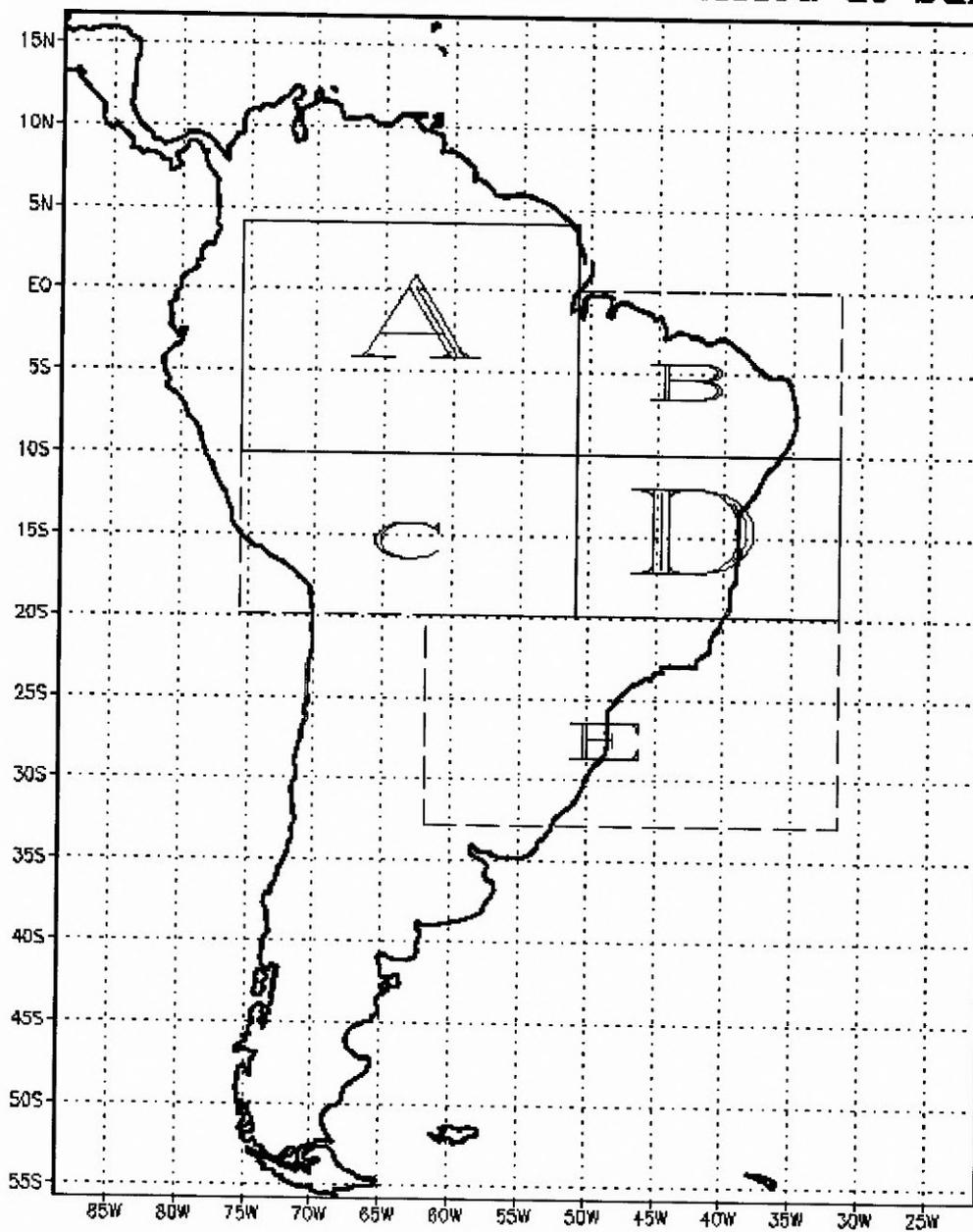


Fig. 1 - Região do Brasil dividida em áreas

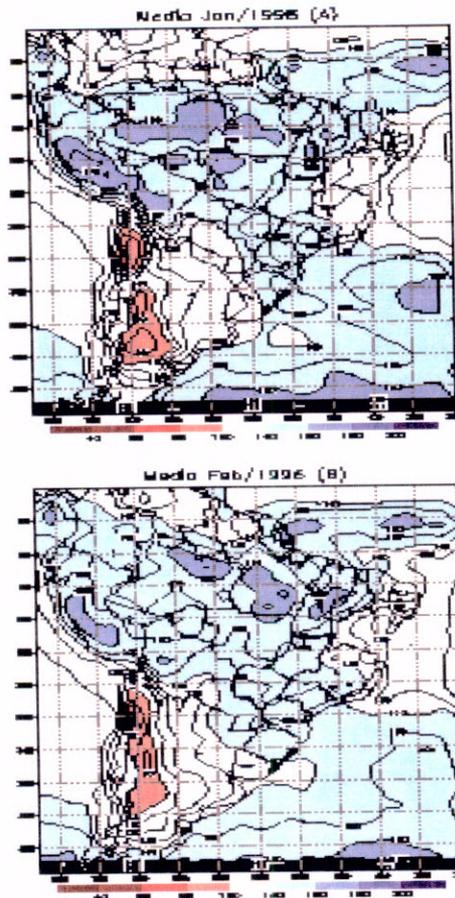


Fig. 2 - Média nos meses de Janeiro/96 e Fevereiro/96 (Verão 95/96)

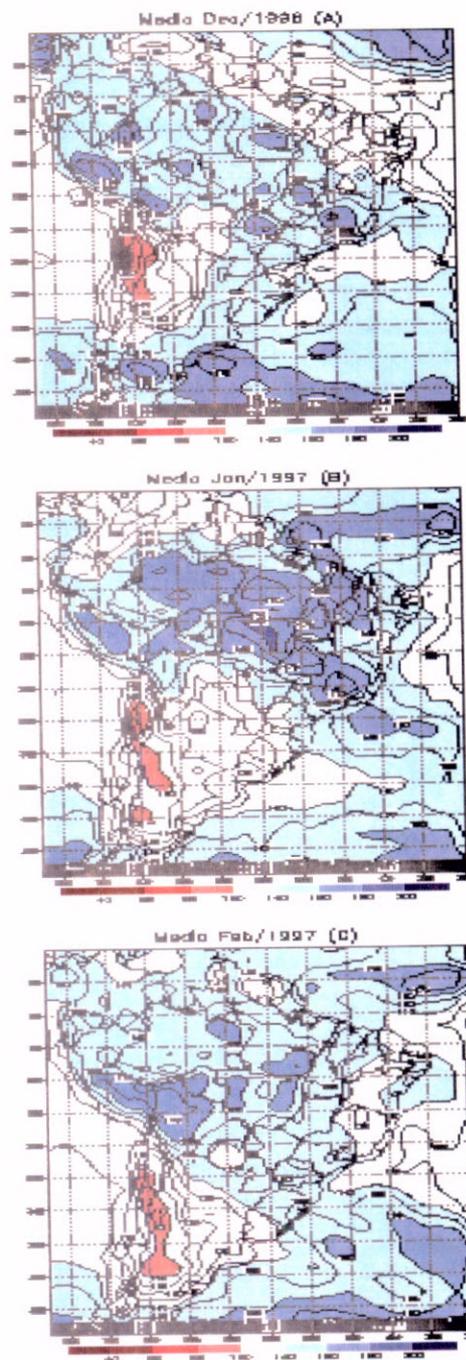


Fig. 3 - Média nos meses de Dezembro/96, Janeiro/97 e Fevereiro/97 (Verão 96/97)

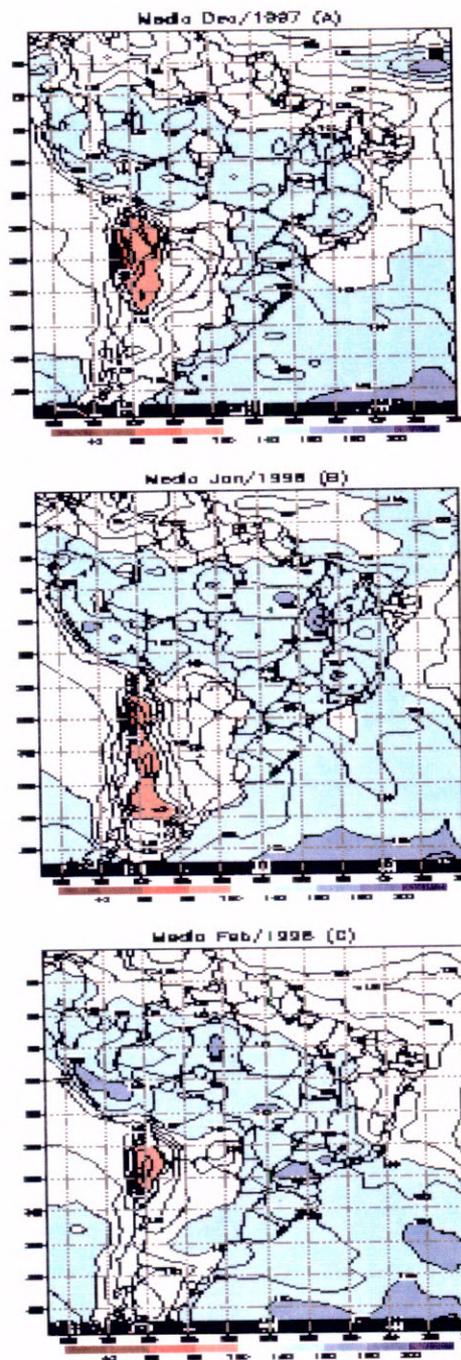


Fig. 4 - Média nos meses de Dezembro/97, Janeiro/98 e Fevereiro/98 (Verão 97/98)

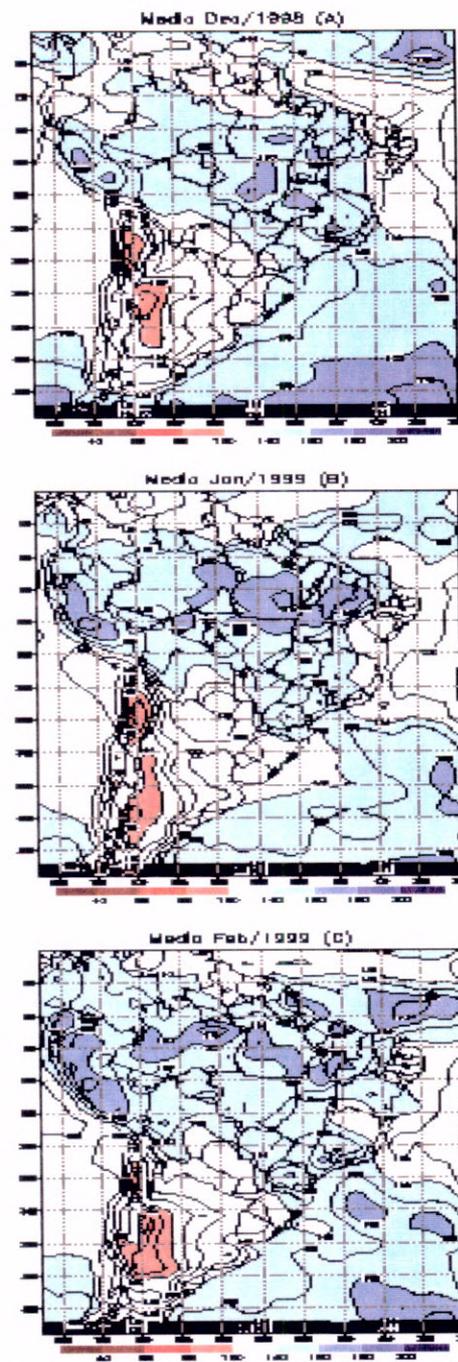


Fig. 5 - Média nos meses de Dezembro/98, Janeiro/99 e Fevereiro/99 (Verão 98/99)

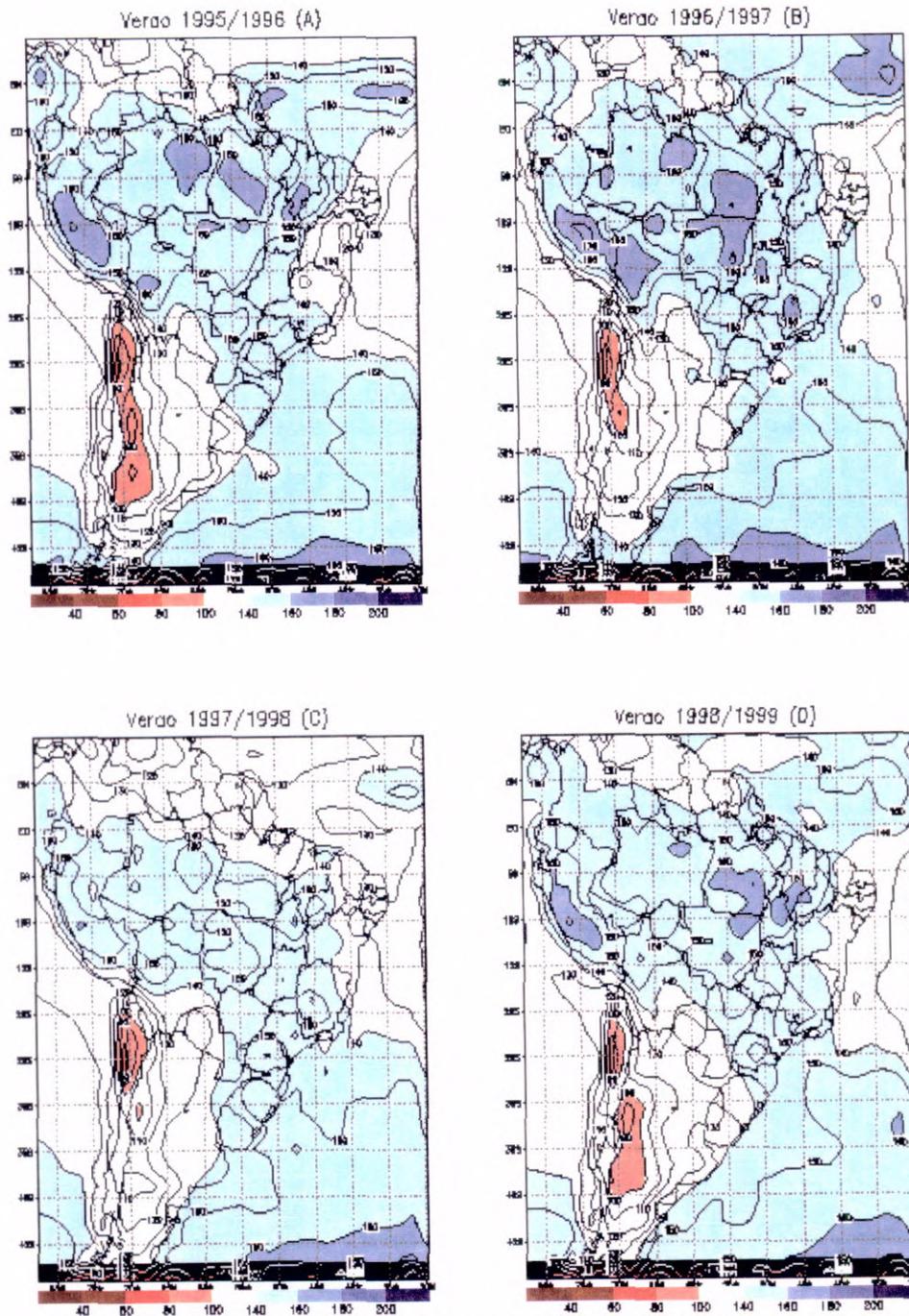


Fig. 6 - Médias dos dados digitais de imagens de satélite no canal infravermelho para o Verão de cada ano de 1996 a 1999

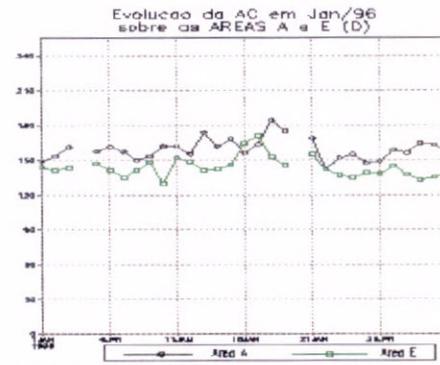
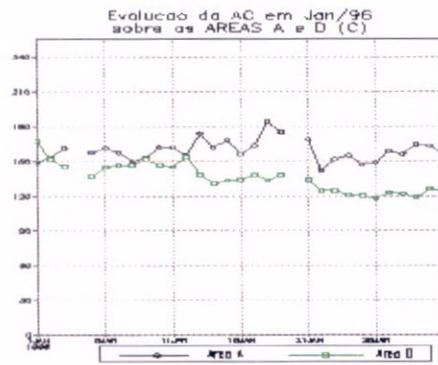
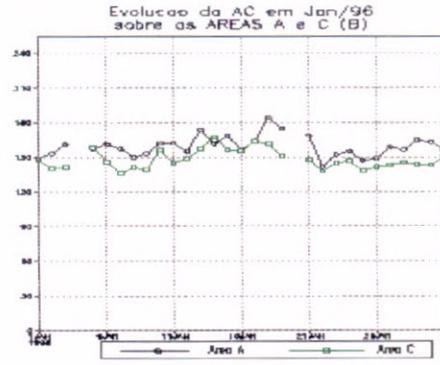
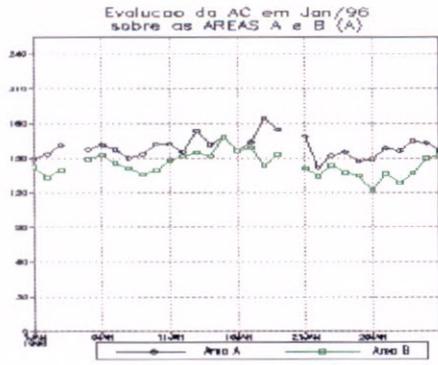


Fig. 15 - Comparação da AC nas áreas em Janeiro/96

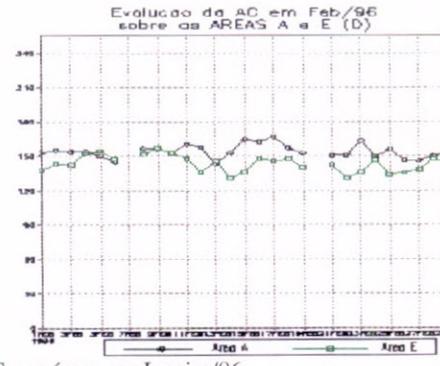
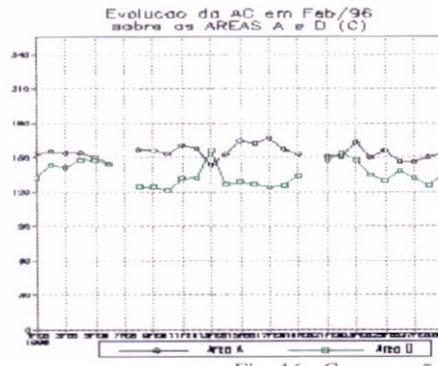
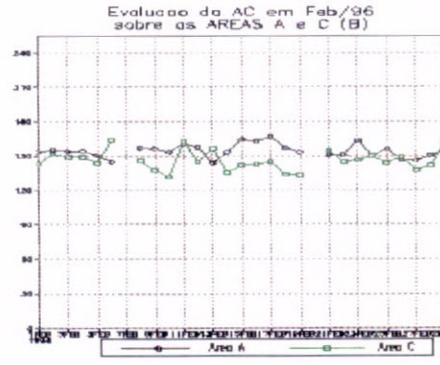
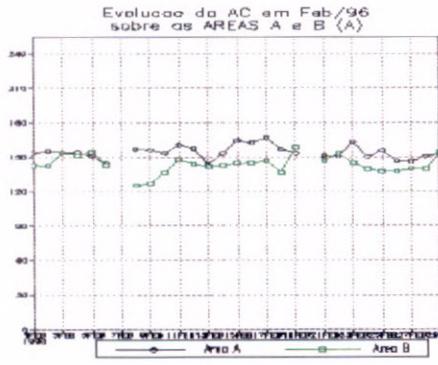


Fig. 16 - Comparação da AC nas áreas em Janeiro/96

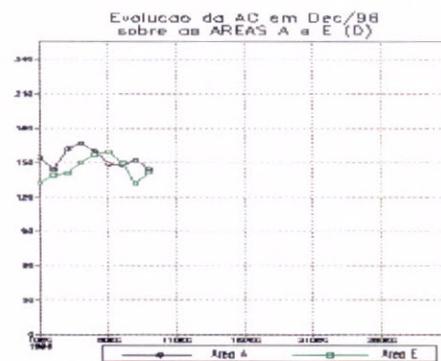
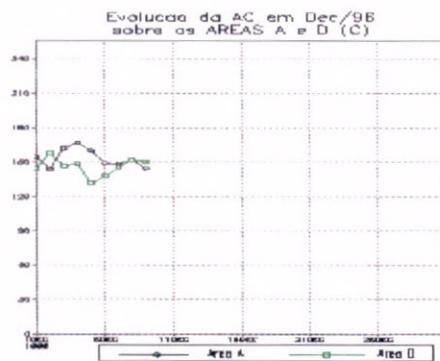
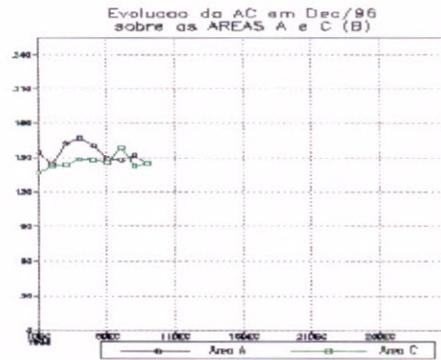
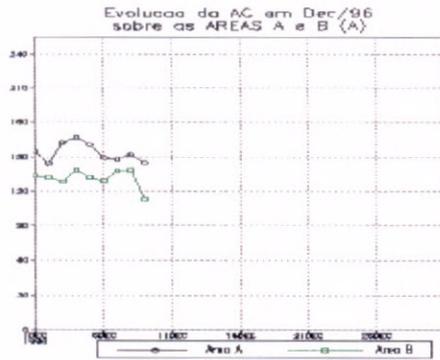


Fig. 17 - Comparação da AC nas áreas em Dezembro/96

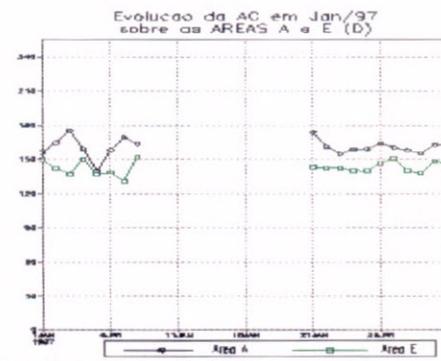
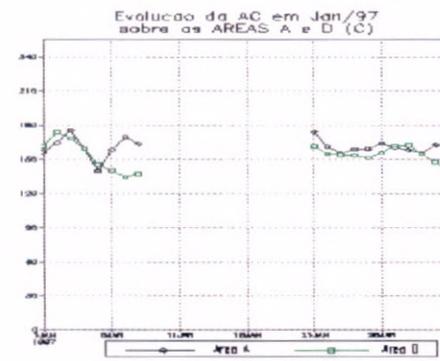
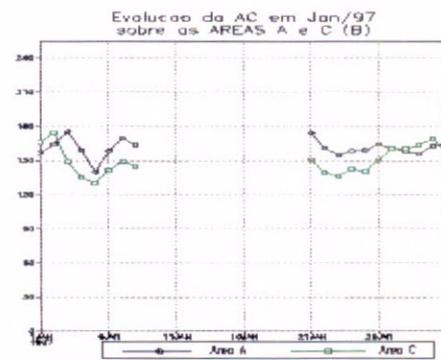
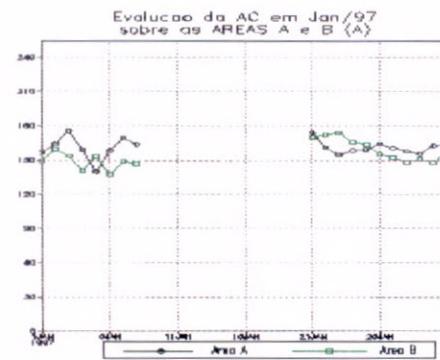


Fig. 18 - Comparação da AC nas áreas em Janeiro/97

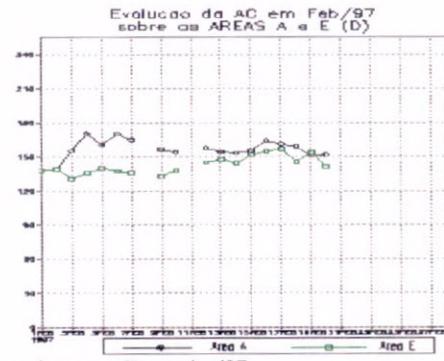
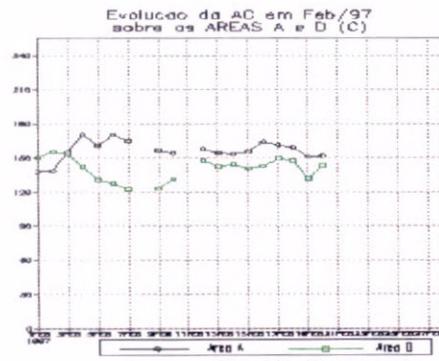
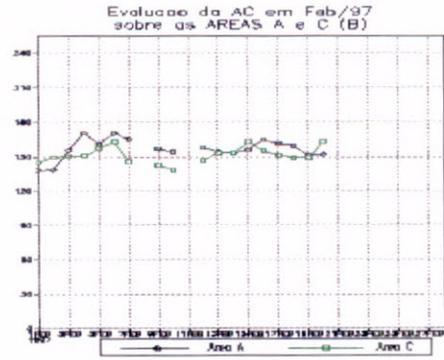
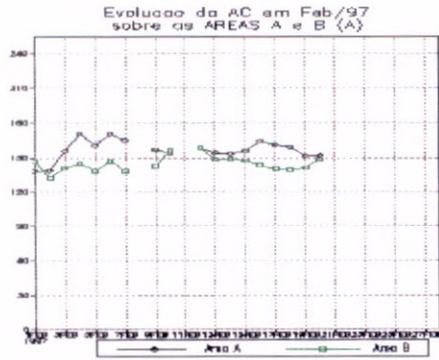


Fig. 19 - Comparação da AC nas áreas em Fevereiro/97

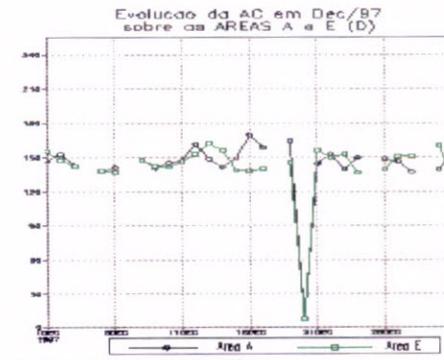
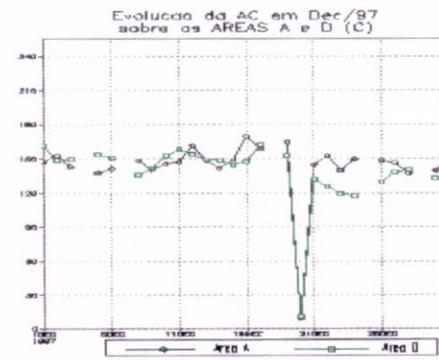
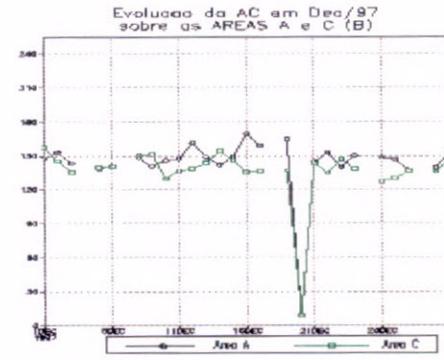
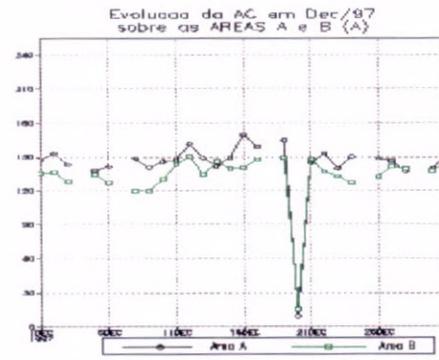


Fig. 20 - Comparação da AC nas áreas em Dezembro/97

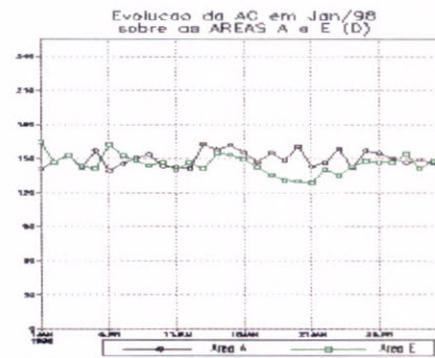
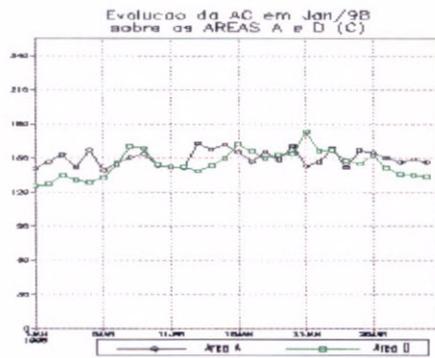
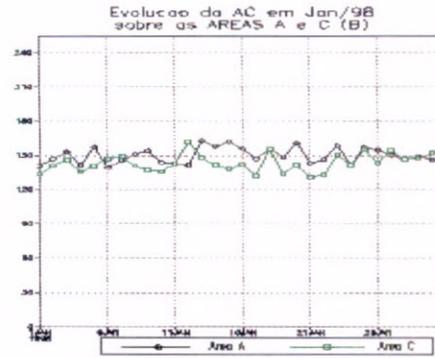
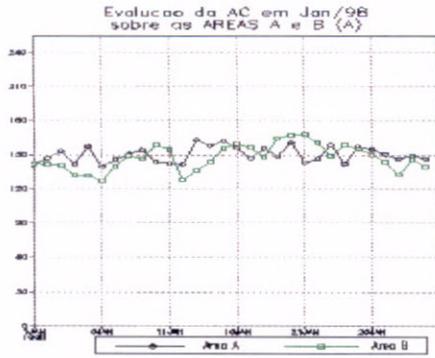


Fig. 21 - Comparação da AC nas áreas em Janeiro/98

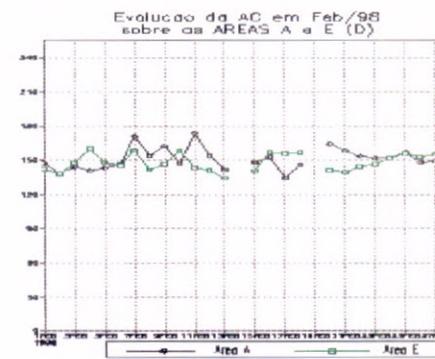
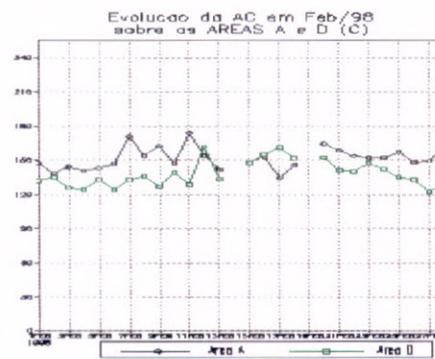
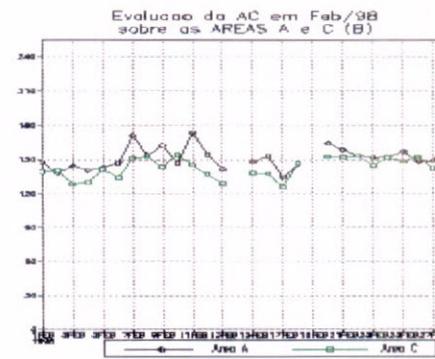
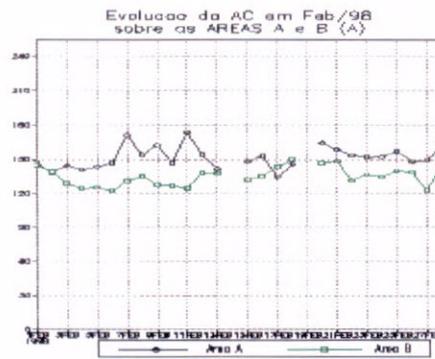


Fig. 22 - Comparação da AC nas áreas em Fevereiro/98

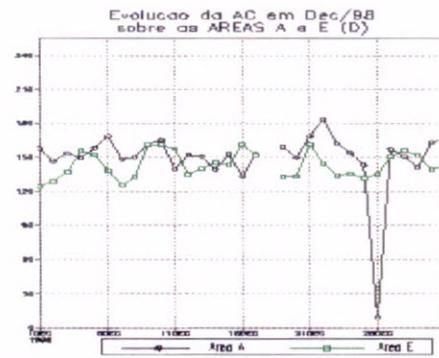
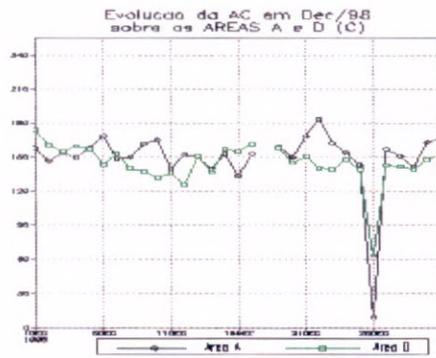
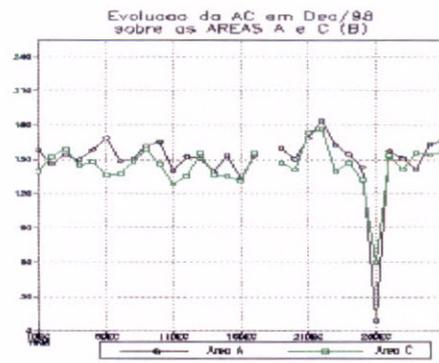
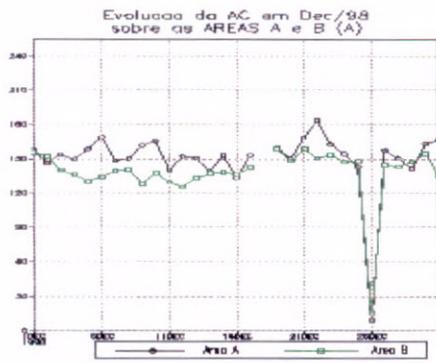


Fig. 23 - Comparação da AC nas áreas em Dezembro/98

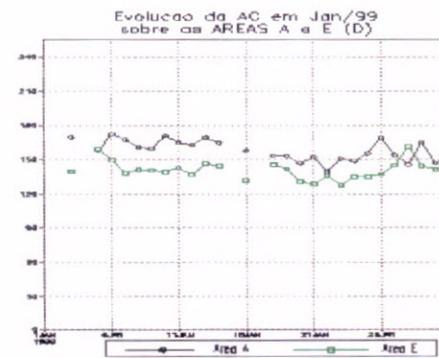
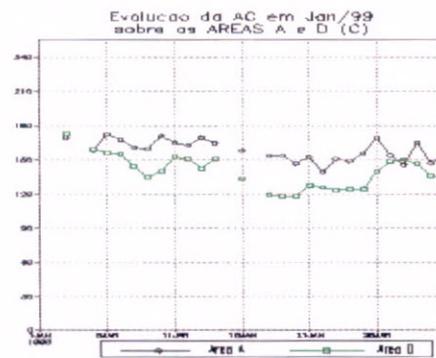
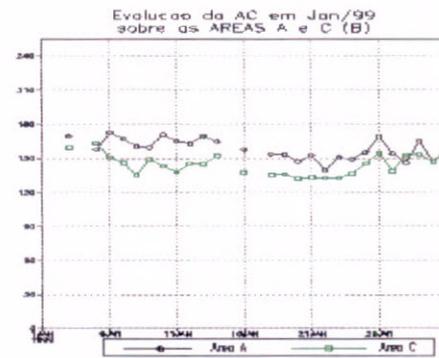
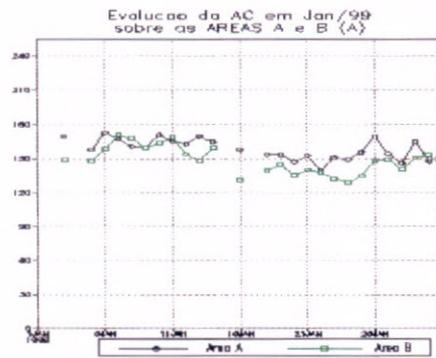


Fig. 24 - Comparação da AC nas áreas em Janeiro/99

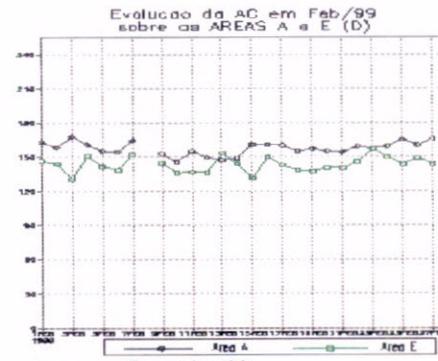
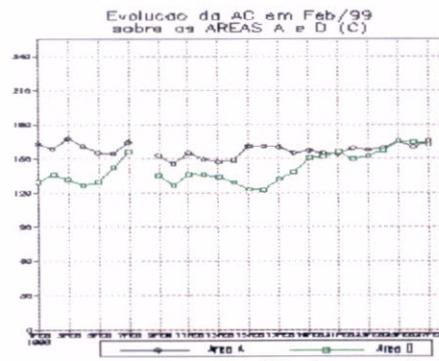
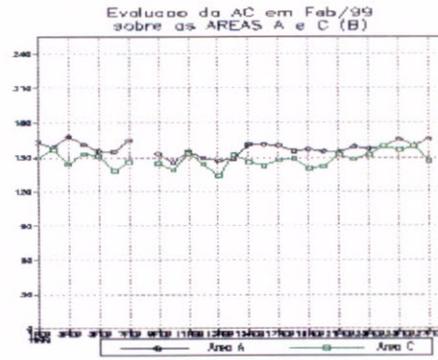
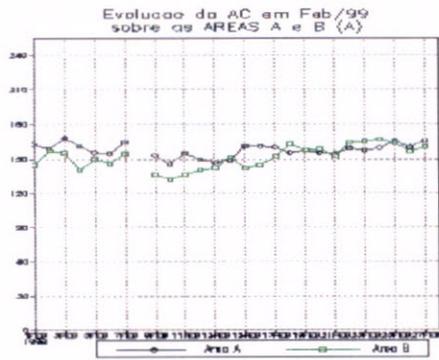


Fig. 25 - Comparação da AC nas áreas em Fevereiro/99

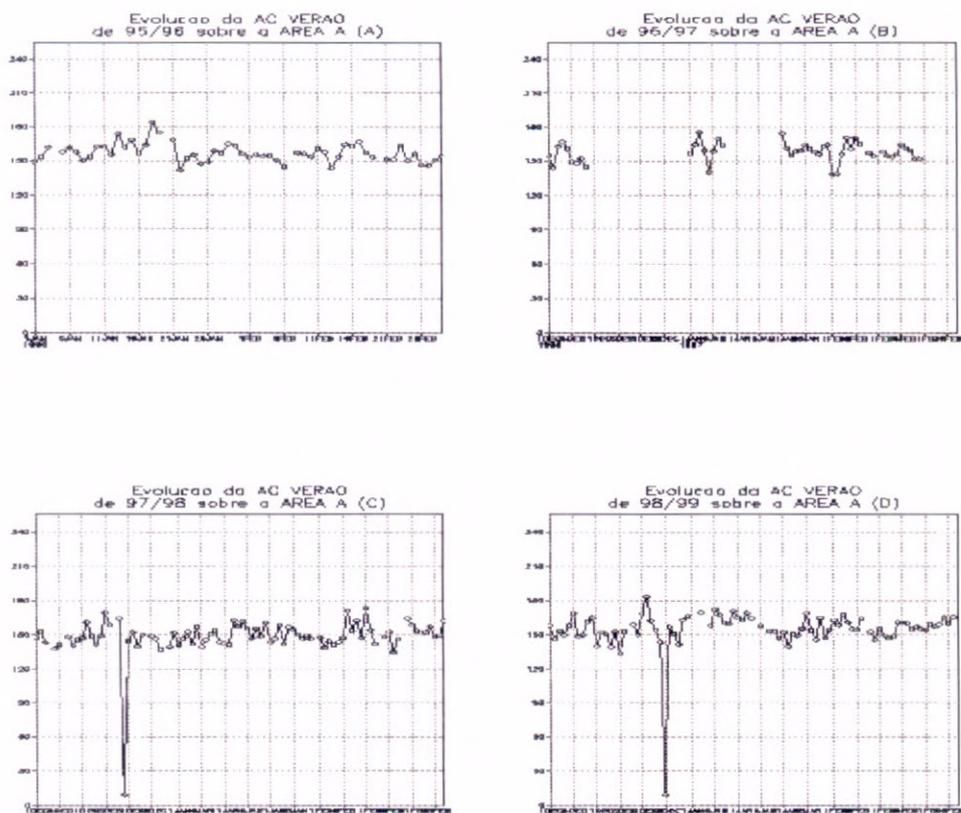


Fig. 26 - Evolucao da AC sobre a área A durante o período de Verão nos anos de 1996 a 1999

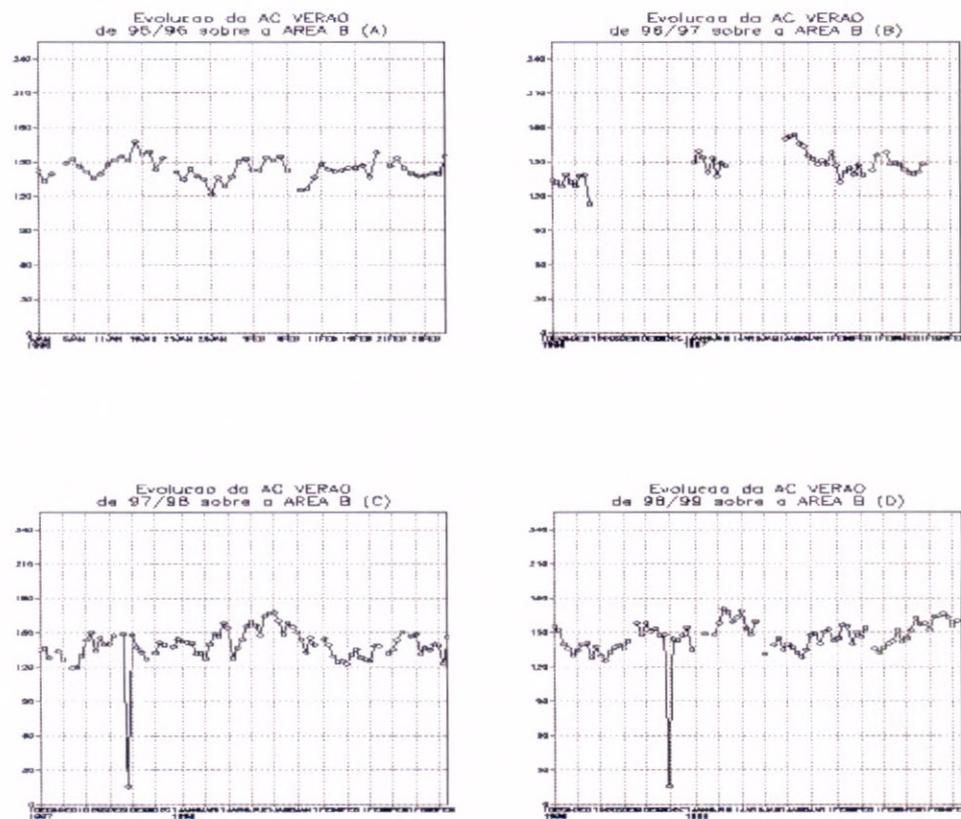


Fig. 27 - Evolucao da AC sobre a área B durante o período de Verão nos anos de 1996 a 1999

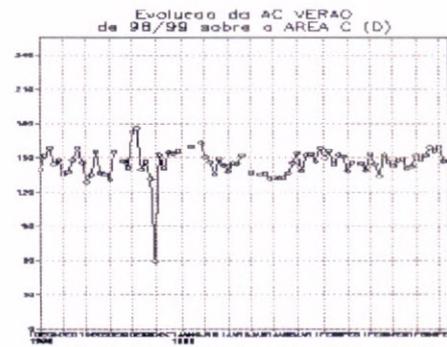
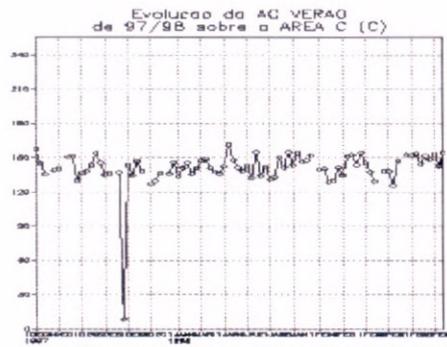
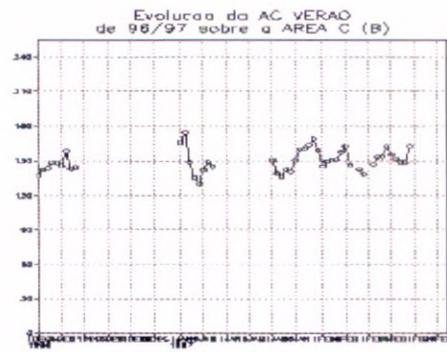
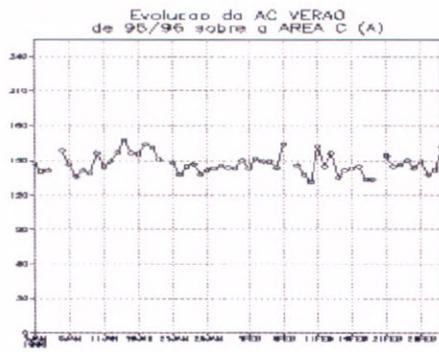


Fig. 28 - Evolução da AC sobre a área C durante o período de Verão nos anos de 1996 a 1999

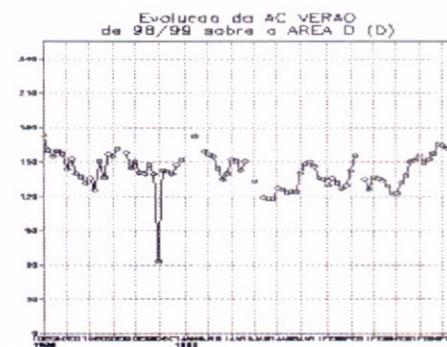
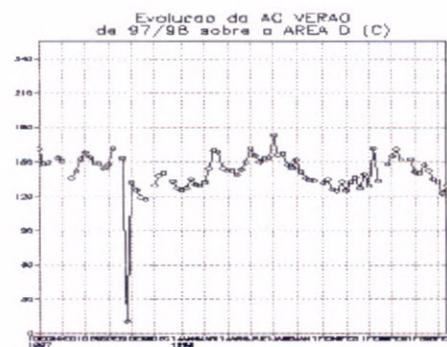
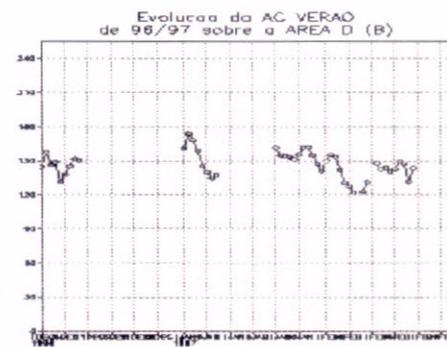
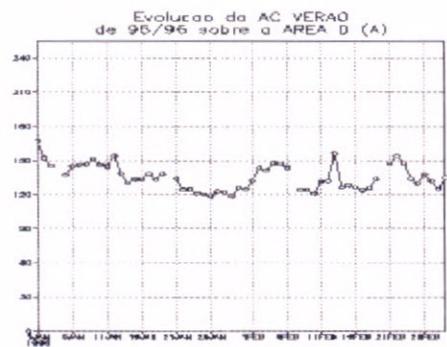


Fig. 29 - Evolução da AC sobre a área D durante o período de Verão nos anos de 1996 a 1999

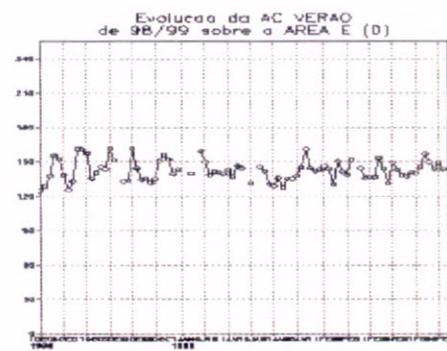
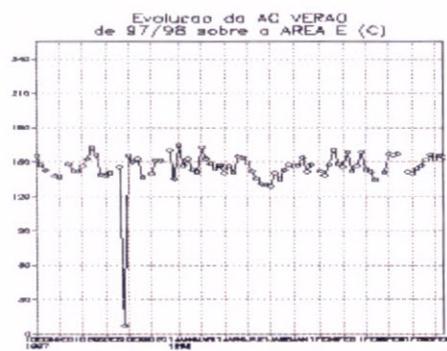
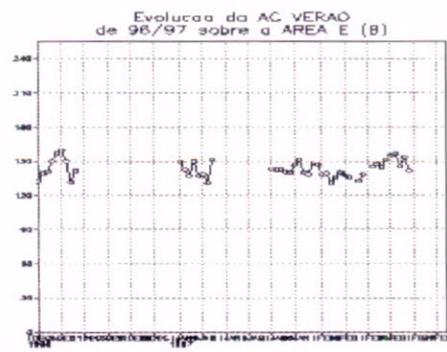
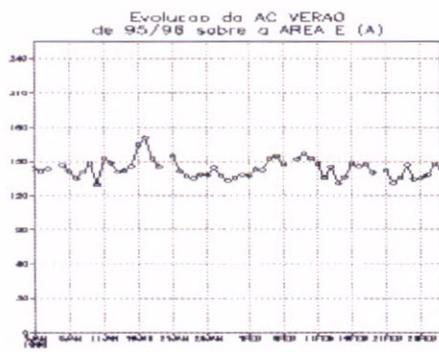


Fig. 30 - Evolução da AC sobre a área E durante o período de Verão nos anos de 1996 a 1999

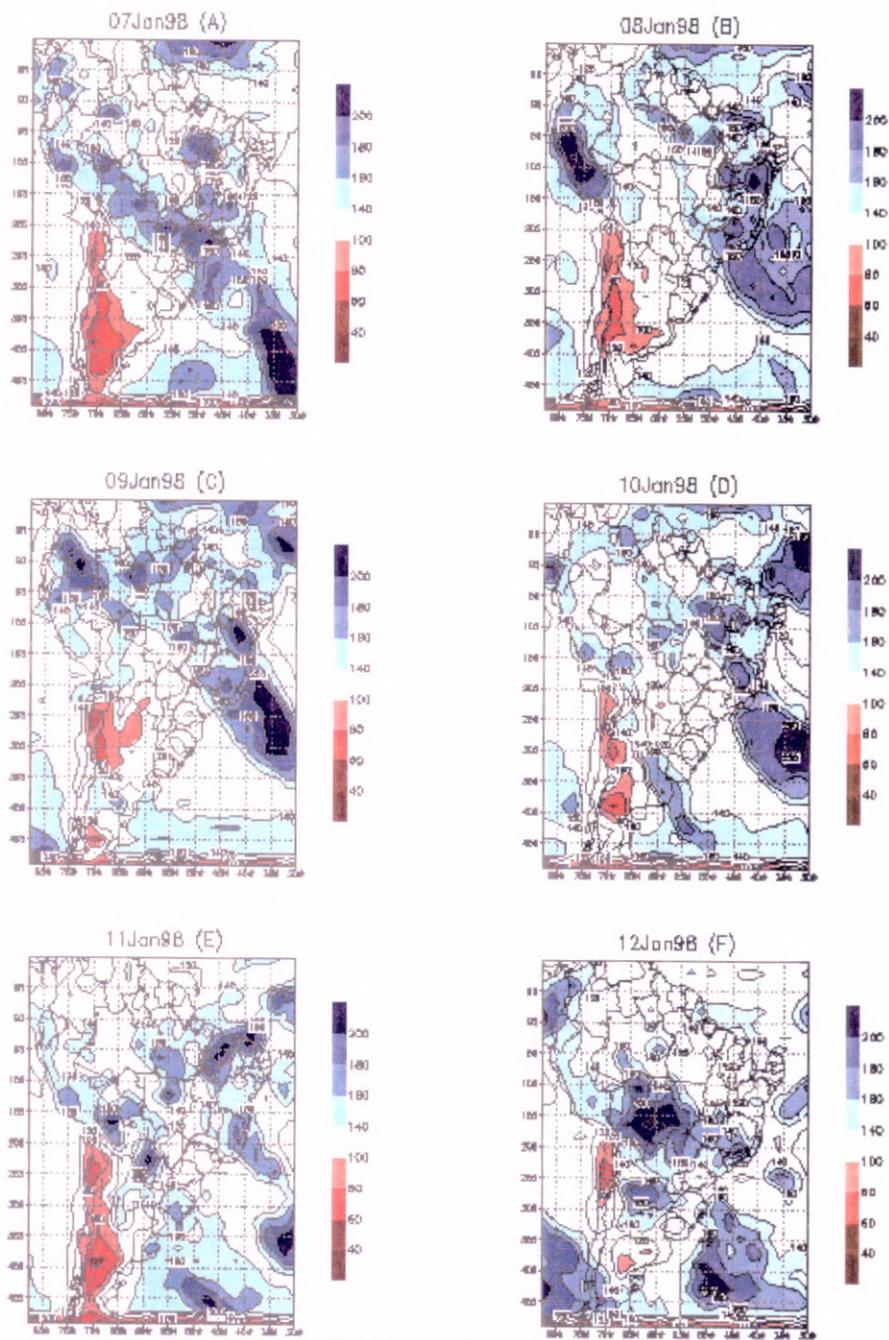


Fig. 31 - Período de dias selecionados em Janeiro/98 para análises

ANEXO I

VARIABILIDADE INTERANUAL E SAZONAL DA ATIVIDADE CONVECTIVA SOBRE A AMÉRICA DO SUL UTILIZANDO DADOS DIGITAIS DE IMAGENS DE SATÉLITE

Eduardo Batista de Moraes Barbosa
Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Rod. Presidente Dutra, Km. 40 - Cachoeira Paulista - SP - 12630-000
eduardo@cptec.inpe.br

Iracema Fonseca Albuquerque Cavalcanti
Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Rod. Presidente Dutra, Km. 40 - Cachoeira Paulista - SP - 12630-000
iracema@cptec.inpe.br

ABSTRACT

In this paper the daily infrared data are averaged monthly from 1996 to 1999 and the results are used to show the seasonal and interannual variability of convective activity over South America. The mean field of each season during the four years show the contrasts among the seasons. Concerning the interannual variability of the spring season, there are differences related to the organization of convection from the Amazonia region and Southeast Brazil. Specific analyses in several areas of South America show that there is not high variability with respect to the intensity of mean convective activity from year to year, but there is high interannual variation in number of days with strong activity in all the analyzed areas.

1. INTRODUÇÃO

A região tropical é caracterizada por grande variabilidade espacial e temporal da cobertura de nuvens devida às flutuações diurnas, interdiurnas e intrasazonais, que de uma forma geral, organizam a convecção em grandes aglomerados de nuvens (Guedes e Machado, 1998). Nos últimos anos surgiram várias técnicas que possibilitaram estimar precipitação de nuvens convectivas utilizando-se imagens de satélites meteorológicos geoestacionários (Adler and Negri, 1988; Arkin and Ardanuy, 1989; Ferreira and Oliveira, 1982). O processamento dos dados digitais das imagens de satélite possibilita uma análise objetiva das áreas de atividade convectiva e permite um registro de estimativa de precipitação em qualquer área, principalmente naquelas de difícil acesso.

Uma das variáveis utilizada em análises de atividade convectiva é a radiação de onda longa emergente (ROLE), que foi extensivamente utilizada como um indicador de variabilidade intrasazonal. Dados de ROLE são obtidos por satélites "sun-synchronous", que fazem a coleta diária a cada 12 horas (Kousky, 1988). A radiação terrestre derivada de medidas de satélite é altamente dependente da variabilidade das nuvens. A cobertura das nuvens é a principal variável que afeta no equilíbrio da radiação, e no clima global. Sua magnitude e duração variam de acordo com a região, (Minnis e Harrison, 1984).

A atividade convectiva (AC), que é associada à forte nebulosidade e precipitação sobre uma região, pode também ser inferida através de dados digitais de imagens de satélite no canal infravermelho. A diferença da AC entre as estações do ano de 1993 foi analisada em Sargaço e Cavalcanti (1996). Nessas análises foram destacadas algumas das características da nebulosidade associadas a AC. A partir de estudos feitos com dados digitais no canal infravermelho, de 1993 e 1994, foi observado que a máxima atividade convectiva em várias regiões do Brasil era associada à presença de sistemas frontais (Barbosa, 1999).

O presente trabalho tem por objetivo analisar a variabilidade sazonal e interanual da atividade convectiva sobre a América do Sul, utilizando dados de 1996 a 1999. A variabilidade interanual será discutida para a primavera, estação que marca o início da estação chuvosa nas regiões Central e Sudeste do Brasil.

2. DADOS E METODOLOGIA

Dados digitais de imagens de satélite no canal infravermelho fornecem valores de "Count", em uma escala com variações de 0 a 255, podendo-se associar os valores mais baixos à ausência de nuvens e os valores mais altos à presença de nuvens convectivas.

Os arquivos de dados digitais de imagens de satélite no canal infravermelho, correspondem à radiância emitida pelo sistema Terra-atmosfera, no intervalo de 10,2 - 11,2 μm , convertidos de forma discreta em 256 níveis, onde o nível mais alto, 255 refere-se aos valores mais baixos de radiância (baixas temperaturas), e o nível mais baixo, 0 refere-se aos valores mais altos de radiância (altas temperaturas).

Para fazer a navegação nas imagens do satélite Goes-8, foi utilizado um programa que ajusta as linhas e colunas da imagem às latitudes e longitudes. O programa foi adaptado para fazer a degradação das imagens originais, que são recebidas com 512 X 512 (linhas/colunas), ajustando-as em matrizes de 28 X 30 (linhas/colunas), processadas em grades de 2,5°. Essa matriz é obtida fazendo-se uma média dos pixels das imagens originais, dentro de uma área de 2,5° X 2,5° (latitude/longitude) que correspondem aproximadamente a 17 pixels na imagem original.

Foram calculadas médias trimestrais dos anos de 1996 a 1999 para a obtenção dos campos médios de Primavera, Verão, Outono e Inverno. As médias trimestrais para a Primavera foram analisadas ano a ano para estudar a variabilidade interanual. Esta variabilidade foi também analisada considerando várias áreas sobre a América do Sul; as áreas analisadas correspondem a: área A (4,25° N - 10,75° S; 76,25° W - 51,25° W), B (0,75° S - 10,75° S; 51,25° W - 33,75° W), C (10,75° S - 20,75° S; 76,25° W - 51,25° W), D (10,75° S - 20,75° S; 51,25° W - 33,75° W), E (20,75° S - 33,75° S; 61,25° W - 33,75° W) e NE (3,25° S - 10,75° S; 43,75° W - 33,75° W).

3. VARIAÇÃO SAZONAL

A variação sazonal obtida através das médias trimestrais das estações do ano (média de 1996 a 1999), é apresentada na figura 1. No campo médio para a estação do Verão (figura 1-A), pode-se observar uma banda de nebulosidade intensa com orientação NW/SE, caracterizando a presença da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). A ZCAS mostra-se bastante intensa durante esta estação, sobre grande parte do Brasil. As áreas que apresentam forte AC são A, C, D e parte da área E.

No Outono (figura 1-B), verifica-se o enfraquecimento da ZCAS. Pode-se observar forte nebulosidade sobre as regiões Amazônica e parte do Nordeste do Brasil. A nebulosidade sobre o oceano Atlântico tropical indica a presença da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que mostra-se bastante intensa ao sul do Equador, e exercendo forte influência sobre as regiões citadas anteriormente. Na estação do Inverno (figura 1-C), deve-se destacar que toda a região do Brasil apresenta-se sem a presença de AC. Na Primavera (figura 1-D), começo da estação chuvosa principalmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, observa-se o começo da formação de nebulosidade convectiva sobre a região leste da Amazônia, e sobre o litoral do Sudeste. Na próxima estação, há organização da banda de nebulosidade com orientação NW/SE, outra vez, caracterizando a ZCAS.

4. VARIABILIDADE INTERANUAL DA ATIVIDADE CONVECTIVA NA PRIMAVERA

Na figura 2 são apresentados os campos para a Primavera dos anos de 1996 a 1999. Em 1996 (figura 2-A) observa-se principalmente sobre as regiões Amazônica, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil, uma banda de nebulosidade muito intensa com as características da ZCAS. Em 1997 (figura 2-B) pode-se verificar o início de AC sobre a região oeste da Amazônia e litoral do Sudeste e Sul do Brasil, porém sem a configuração da banda de nebulosidade. Na Primavera de 1998 (figura 2-C) a AC mostrou-se mais intensa sobre a região leste da Amazônia, e com menor intensidade sobre a região Sudeste do Brasil, comparada a 1997. Em 1999 (figura 2-D), a configuração mostrou-se semelhante à mesma estação do ano anterior, ou seja, AC intensa sobre a região leste da Amazônia e pouca AC nas outras regiões.

4.1 INTENSIDADE E EVOLUÇÃO DA ATIVIDADE CONVECTIVA

Nos gráficos abaixo (figuras 3, 4 e 5), pode-se observar a intensidade com que a AC apresentou-se sobre as áreas selecionadas, durante cada mês que compõe a estação da Primavera, entre os anos de 1996 a 1999.

No mês de Setembro (figura 3), início do período de Primavera e conseqüentemente transição entre duas estações (Inverno/Primavera), verifica-se que a intensidade de AC apresentou-se sem muitas variações sobre as áreas.

Destaca-se a área E (região Sul do Brasil), em que os valores foram os mais altos de todas as regiões durante todos os anos analisados.

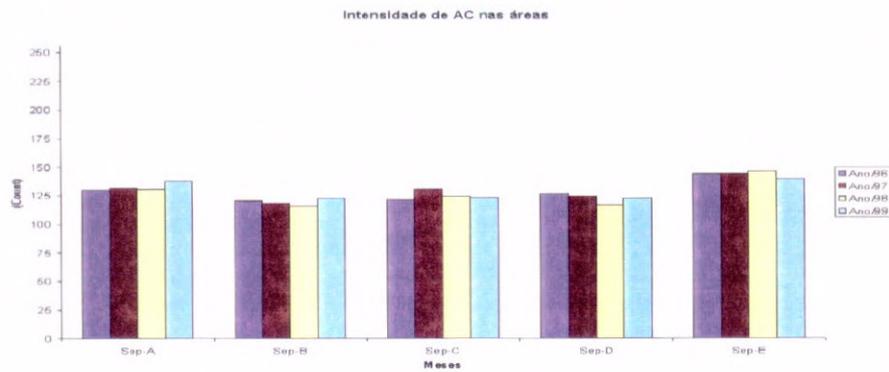


Fig. 3 – Gráfico de Intensidade de AC em Setembro

No segundo mês da Primavera (Outubro), já com a estação estabelecida (figura 4) os valores de AC foram mais intensos sobre todas as áreas, se comparados com os valores encontrados no mês de Setembro (figura 3). Principalmente sobre as regiões Amazônica, Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil foram apresentados valores associados à AC mais altos, destacando-se a região Sul com os maiores valores durante o período. Na região que engloba o Nordeste, os valores encontrados são os menores para este mês.

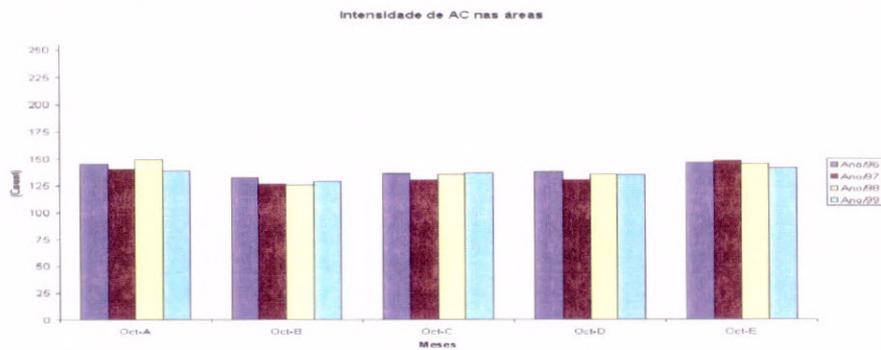


Fig. 4 – Gráfico de Intensidade de AC em Outubro

Em Novembro, terceiro mês da Primavera (transição entre Primavera/Verão), o gráfico de intensidade de AC (figura 5), mostra-nos um aumento na intensidade de AC em todas as regiões quando comparada com o mês anterior. A AC manteve-se com altos valores sobre as áreas A, C, D e E. Nesta época é comum que estas regiões apresentem altos valores de AC, destacando-se as áreas A e D, que apresentaram os maiores valores para o período. Embora pequenas, há variações de intensidade entre os anos em cada área. Novamente a área B, que engloba a região Nordeste apresenta os menores valores encontrados no período.

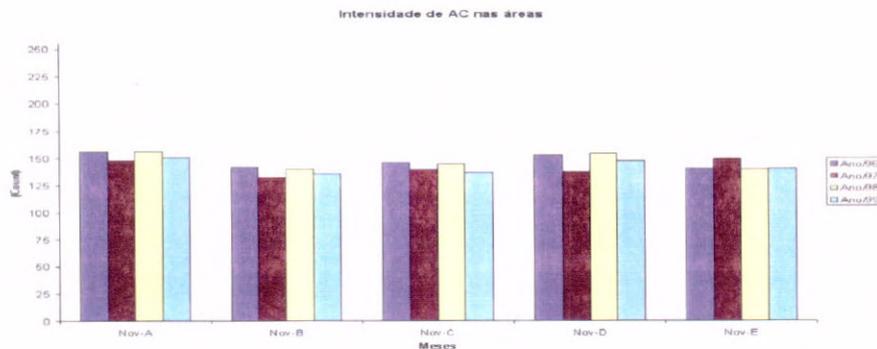


Fig. 5 – Gráfico de Intensidade de AC em Novembro

Nos gráficos abaixo (figuras 6 a 10), são apresentadas as frequências de dias em que a AC apresentou-se acima de 135 Counts, nos meses de Primavera em cada uma das áreas selecionadas. Esse valor corresponde à média na

Primavera para todas as áreas, e está representando o limite inferior para a AC forte. Nos gráficos foram selecionados somente valores acima deste valor definido.

A figura 6, apresenta a frequência na área A, durante a estação de Primavera, no período entre 1996 a 1999. Analisando-se o gráfico, iremos observar que no mês de Setembro poucos dias apresentaram-se com valores acima da média, porém esta frequência aumenta no segundo mês da estação (Outubro), com exceção de 1999, em que o número de dias de Setembro é maior que o apresentado em Outubro. Sobre esta área o número maior de dias para o mês de Setembro ocorreu em 1999. Em Novembro, esta frequência ainda permanece alta e em todos os casos do período analisado mais que a metade do mês apresenta valores acima da média, destacando o ano de 1996 que apresentou o maior número de dias para este mês no período analisado.

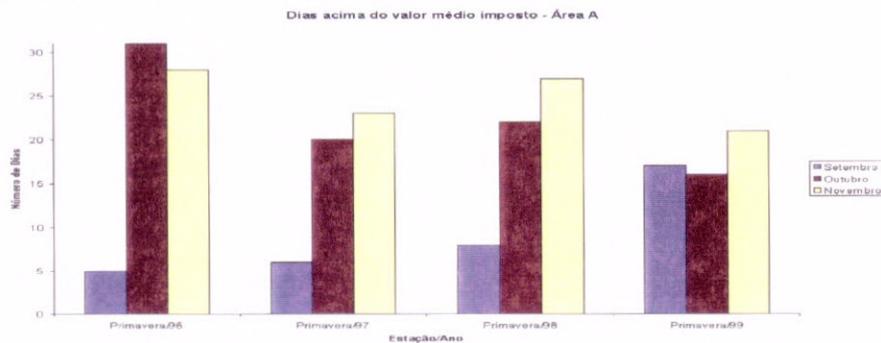


Fig. 6 - Dias com valores acima da média na área A

Sobre a área B, que engloba a região Nordeste (figura 7), observa-se que nos anos de 1996 a 1998 o mês de Setembro não apresentou nenhum dia acima do valor limite. Em Outubro há ocorrência de poucos dias (menos que a metade) em todos os anos, porém esta frequência aumenta bastante em Novembro, com número de ocorrências acima da metade deste mês. O número maior de dias em Novembro é encontrado no ano de 1999.

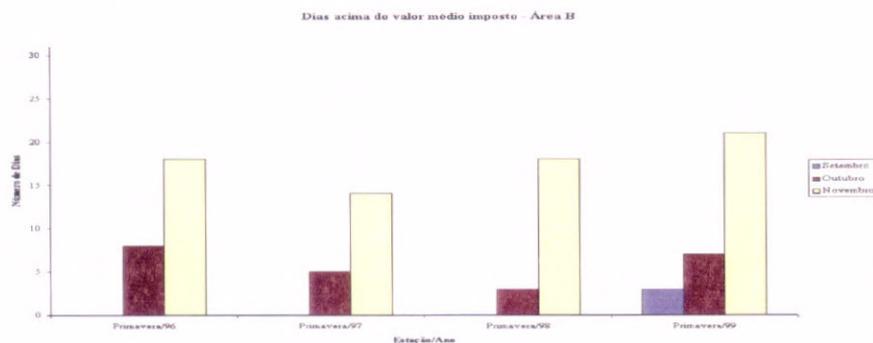


Fig. 7 - Dias com valores acima da média na área B

Sobre a região C (figura 8), observamos que o mês de Setembro sempre apresenta poucos dias acima da média. A frequência aumenta relativamente em Outubro, permanecendo com valores ainda altos em Novembro. Na Primavera de 1999, ocorrem poucos dias com AC acima da média, bem menor que nos anos anteriores.

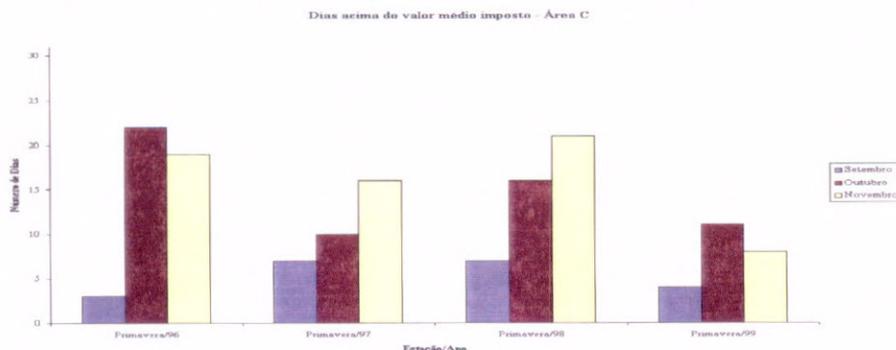


Fig. 8 - Dias com valores acima da média na área C

Na figura 9, pode-se observar o gráfico com dias acima do valor médio sobre a região Sudeste do Brasil. Sobre esta região observamos que no mês de Setembro de todos os anos, os dias são poucos, ou como na Primavera de 1998, nenhum. Esta frequência tende sempre a aumentar em Outubro. O mês de Novembro, nesta região, registra os maiores índices de dias acima do valor limite. Em todos os anos, mais que a metade do mês apresentou-se com valores acima de 135 Counts. O ano de 1997 apresentou os menores valores do período estudado em todos os meses da Primavera.

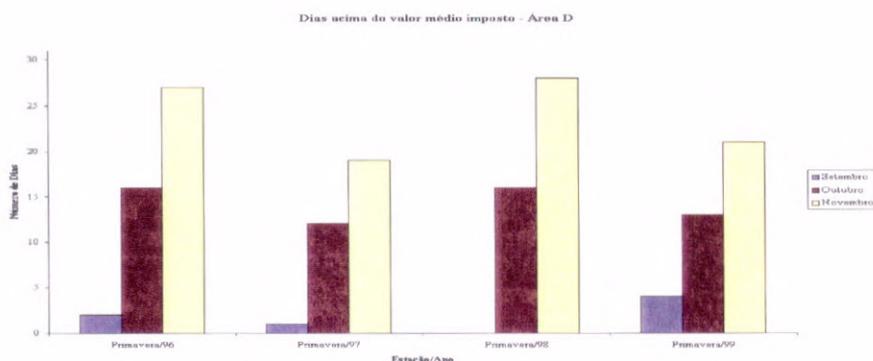


Fig. 9 - Dias com valores acima da média na área D

No gráfico abaixo (figura 10), é apresentada a frequência de dias acima do valor limite sobre a área E. Nesta área pode-se verificar que o mês de Setembro apresenta boa frequência, com vários dias acima do limite. No mês de Outubro mais que a metade do mês está acima desse valor, em todos os anos analisados. Em Novembro a frequência diminui um pouco, destacando-se o ano de 1999, em que a frequência de dias é a menor no período, embora em Setembro tenha sido maior que no mesmo mês em 1996 e 1997.

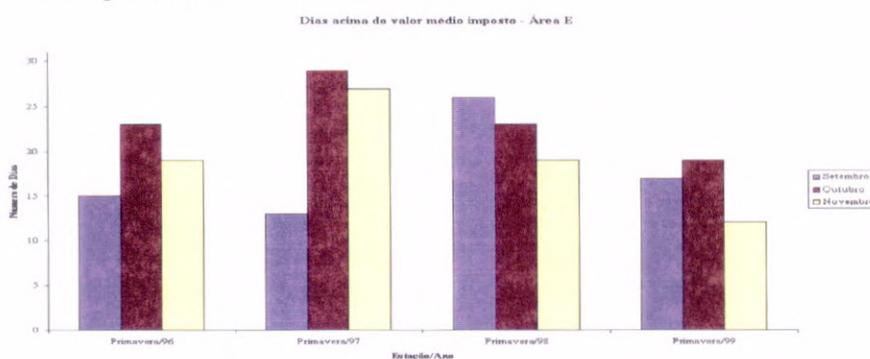


Fig. 10 - Dias com valores acima da média na área E

5. CONCLUSÃO

Com o processamento de dados digitais de imagens de satélite no canal infravermelho foi possível identificar as características sazonais da AC e analisar a variabilidade interanual durante a Primavera de 1996 a 1999. Nos campos médios sazonais dos dados digitais, foram identificadas a ZCAS no verão, a ZCIT no outono, a ausência de AC na maior parte da América do Sul no inverno, e novamente o início de organização de AC na Amazônia e Sudeste do Brasil na Primavera. Nos compostos da variação interanual, durante o período de Primavera, quando ocorre o início da estação chuvosa sobre as regiões Centro-Oeste e Sudeste, nota-se na Primavera de 1996 a formação de nebulosidade intensa (altos valores de Counts) sobre a Amazônia, Brasil Central e Sudeste.

Através das análises feitas nos gráficos de intensidade de AC sobre as áreas, verificou-se pequena variação entre os anos, e no decorrer dos meses a intensidade aumenta de Setembro para Novembro. Entretanto através dos gráficos de frequência da AC, notou-se uma grande variação entre os meses e os anos. Nas áreas A e C o mês com maior número de dias com forte AC foi Outubro de 1996, na área B, Novembro de 1999, área D, Novembro de 1996 e na área E, Outubro de 1997. O menor número de dias ocorreu nas áreas A e C em Setembro de 1996, na área B em

Setembro de 1996, 1997 e 1998 quando não ocorreu nenhum dia, na área D em Setembro de 1998 e na área E em Novembro de 1999. Foi possível também identificar as áreas com maiores freqüências, destacando-se as áreas A e E. Destacam-se também as áreas B e D, que apresentam maior número de dias com forte AC em Novembro.

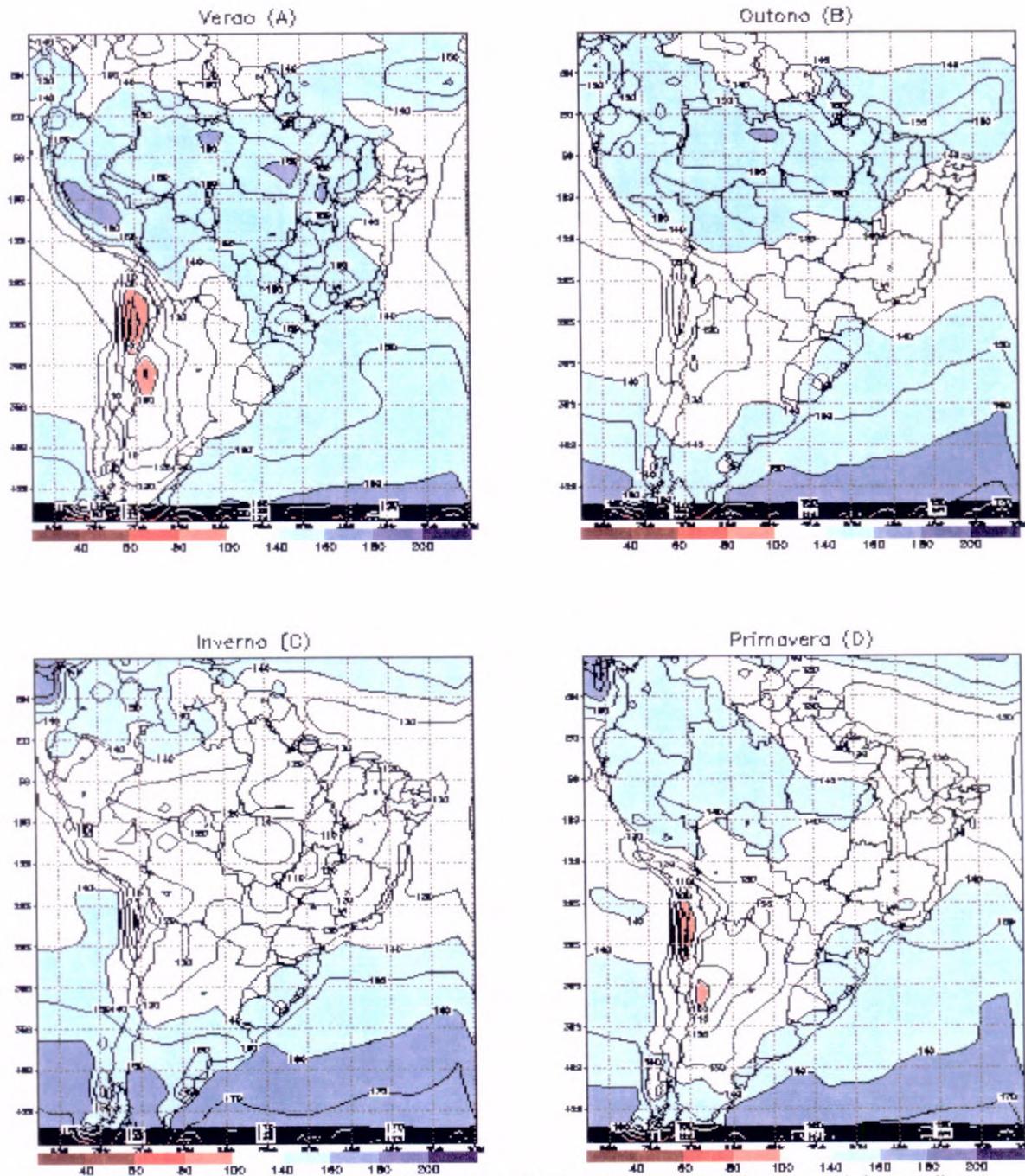


Fig. 1 - Médias Sazonais (1996 a 1999) dos dados digitais de imagens de satélite no canal infravermelho

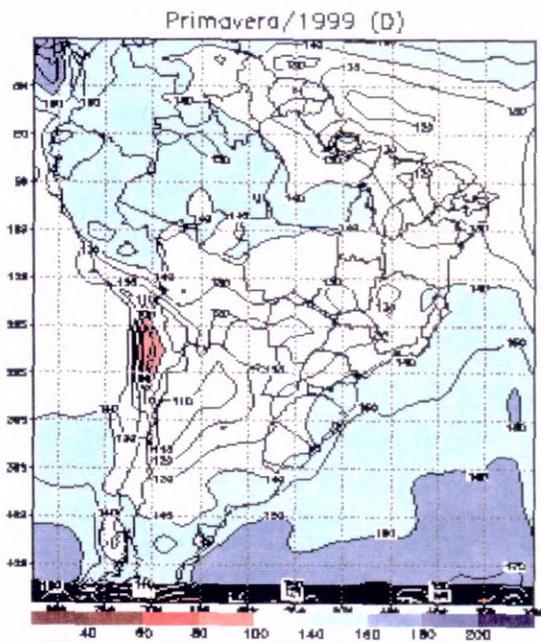
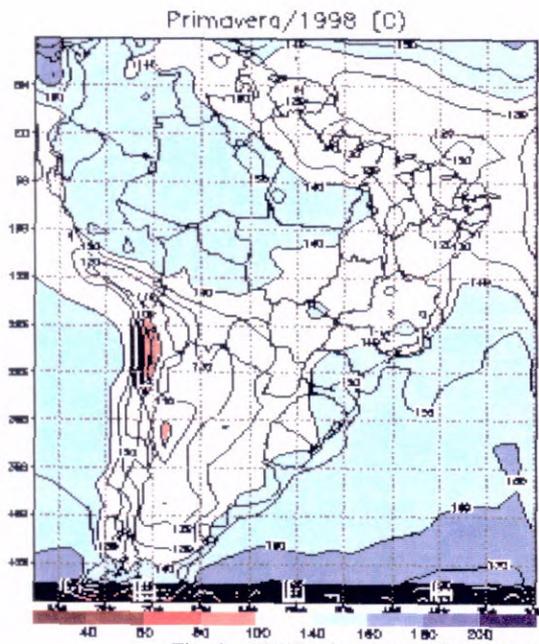
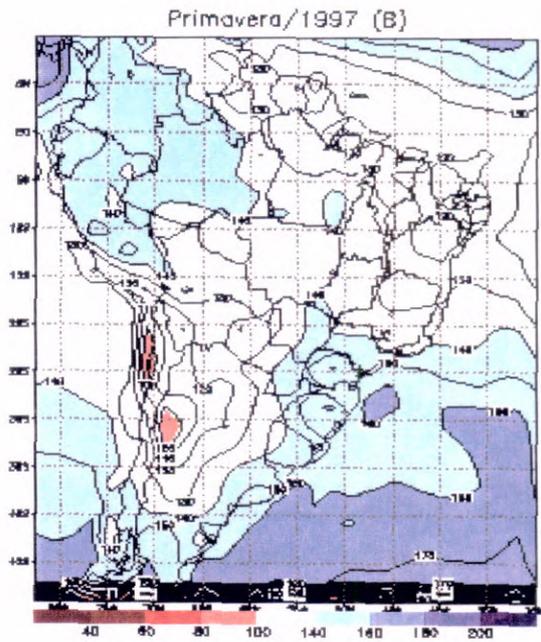
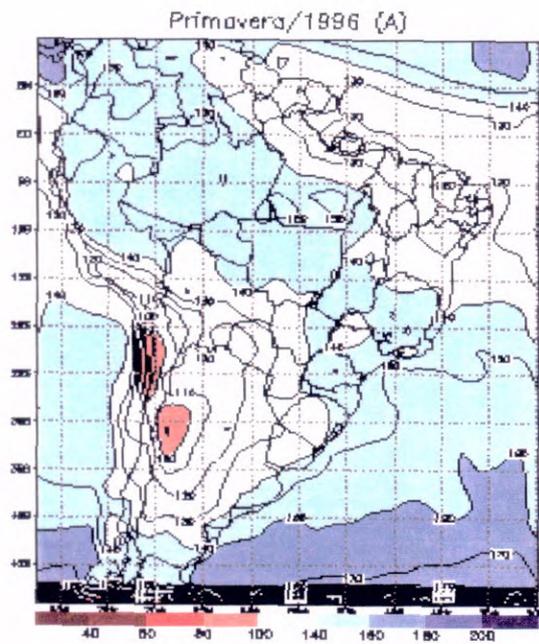


Fig. 2 - Médias dos dados digitais de imagens de satélite no canal infravermelho para a Primavera de cada ano de 1996 a 1999

6. BIBLIOGRAFIA

Adler, R.F., Negri, A.J., 1988. A satellite infrared technique to estimate tropical and stratiform rainfall. *J. Appl. Meteor.*, 27, 31 – 51.

Arkin, P.A., Ardanuy, P.E., 1989. Estimating climatic scale precipitation from space: A review. *J. Climate*, 2, 1229 – 1238.

Barbosa, E.B.M., Cavalcanti, I.F.A., 1999: Influências dos Sistemas Frontais na Atividade Convectiva em várias regiões do Brasil. Estudo com dados digitais de imagens de satélite. *Relat. Final PIBIC/CNPq*, 1 - 43.

Ferreira, N.J., Oliveira, 1992. Classificação de nuvens convectivas usando-se imagens de satélite meteorológicos. VII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Vol. 1, 195 – 198.

Guedes, R.L., Machado, L.A.T., 1998. Características da propagação dos Sistemas Convectivos no Oeste da Amazônia. X Congresso Brasileiro de Meteorologia, MS98013.

Kousky, V. E., 1988: Pentad Outgoing Longwave Radiation Climatology for the South American Sector. *Rev. Bras. Meteo.*, Vol. 3: 217 – 231.

Minnis, P., Harrison, E. F., 1984: Diurnal Variability of Regional Cloud and Clear-Sky Radiative Parameters Drived from GOES Data. Part I: Analysis Method. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, Vol. 23, nº 7: 993 – 1011.

Sargaço, F.A., Cavalcanti, I.F.A., 1996. Sazonalidade da Atividade Convectiva sobre a América do Sul e Anomalias extremas de 1993 e 1994. XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Vol. 2, 1380 – 1383.