

Artigo

Início e Fim da Estação Chuvosa no Estado de Minas Gerais: Comparação de Duas Metodologias Diferentes

Luiz Fernando dos Santos¹ e Sâmia Regina Garcia²¹*Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Cachoeira Paulista, SP, Brasil.*²*Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, Brasil.*

Recebido: 6/3/2015 – Aceito: 18/5/2015

Resumo

O Início e Fim da Estação Chuvosa (IEC e FEC, respectivamente) são encontrados em Minas Gerais (MG) para 1998-2012 através de duas metodologias: uma que utiliza dados diários de precipitação e outra que utiliza dados diários de Radiação de Onda Longa antissimétrica equatorialmente (ROL_{ant}). O IEC (FEC) é indicado pela mudança de sinal positivo-negativo (negativo-positivo) das médias espaciais do ROL_{ant} , como em Garcia e Kayano (2009; 2013), e, pelo método de Liebmann *et al.* (2007), determina-se pelo mínimo (máximo) da curva do acumulado das anomalias diárias de precipitação. Para comparação, as séries de precipitação diária na região também são analisadas. As datas de IEC encontradas por ambos os métodos são mais próximas entre si quando comparadas às do FEC, que apresenta maior variabilidade em ambos os métodos. Ambos os métodos detectam com qualidade as datas de IEC e FEC em MG, sendo discutidas suas principais diferenças. Cabe ressaltar que o método de Garcia e Kayano (2009;2013) é relativamente mais vantajoso quando comparado ao de Liebmann *et al.* (2007), pois utiliza dados de ROL, disponíveis em tempo quase real, diferente dos índices baseados em precipitação; e, ainda, por ser independente do período analisado, característica do método de Liebmann *et al.* (2007).

Palavras chave: precipitação, monção, radiação onda longa, sudeste do Brasil.

Onset and Demise of the Rainy Season in Minas Gerais: Comparison of Two Different Methodologies

Abstract

The Onset and Demise of the rainy season (ONR and DER, respectively) are found in Minas Gerais (MG) for the 1998-2012 period with two methodologies: one using daily rainfall data and another that using daily data of antisymmetric equatorially outgoing longwave radiation (AOLR). The ONR (DER) is indicated by a sign change from positive-negative (negative-positive) of the AOLR spatial averages, as in Garcia and Kayano (2009; 2013), whereas for the Liebmann *et al.* (2007) method that date is determined by the minimum (maximum) of the anomalous accumulation of daily precipitation. For comparison, the daily precipitation series in the region are also analyzed. The ONR dates found by both methods are closer to each other compared to the DER, which has greater variability in both methods. Both methods detect the ONR and DER dates in MG with quality and the main differences between them are discussed in the text. It is worth noting that the Garcia and Kayano (2009; 2013) method is relatively more advantageous when compared to the method of Liebmann *et al.* (2007), because it depends solely on the OLR data, which are available on near real-time basis, different of the indices based on precipitation; and also to be independent of the analyzed period, which is characteristic of the Liebmann *et al.* (2007) method.

Keywords: precipitation, monsoon, outgoing longwave radiation, southeast of Brazil.

1. Introdução

O estado de Minas Gerais (MG) destaca-se nacionalmente nas atividades agropecuárias como possuidor do segundo maior rebanho bovino, com 19,9 milhões de cabeças; é responsável por 65% da produção de café arábica e, ainda, teve um aumento de 273 mil hectares de área reservada para lavouras em 2006 (IBGE, 2006). Isso se torna possível, entre outros aspectos, devido às características peculiares do estado: vasta extensão territorial, cortada por cadeias de montanha e posição geográfica que lhe proporciona uma expressiva diversidade climática (Mello *et al.*, 2007; Alvares *et al.*, 2013), além dos sistemas atmosféricos de escala espaço-temporal distintas que atuam e interagem sobre a região.

No que concerne ao aspecto meteorológico, a precipitação é uma das variáveis mais importantes para a sociedade e ainda mais expressiva em MG. O estado é afetado por precipitação de diferentes origens: orográfica, ciclônica e de sistemas frontais, com chuvas de longa duração e de baixa a média intensidade (Vianello e Alves, 2000). Durante o verão, comumente há a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) - faixa de nebulosidade orientada no sentido noroeste-sudeste, cuja área de atuação engloba o centro sul da Amazônia, regiões Centro-Oeste e Sudeste, centro sul da Bahia, norte do Paraná e prolonga-se até o Oceano Atlântico sudoeste (Kodama, 1992; Ferreira *et al.*, 2004; Quadro *et al.*, 2012). A ZCAS integra o Sistema de Monção da América do Sul (SMAS) – sistema atmosférico que se desenvolve sobre regiões continentais de baixas latitudes em resposta ao contraste térmico entre continente e regiões oceânicas adjacentes; o maior componente dos regimes de precipitação de verão do continente e caracteriza um inverno seco e verão chuvoso (Rao *et al.*, 1996; Zhou e Lau, 1998; Marengo *et al.*, 2001; Gan *et al.*, 2004; Mechoso *et al.*, 2005; Garcia e Kayano, 2009; Marengo *et al.*, 2012; Garcia e Kayano, 2013).

Logo, um maior conhecimento das características da Estação Chuvosa (EC) como início, fim, intensidade, duração e variabilidade intrasazonal e interanual, principalmente, possibilita um melhor planejamento em várias atividades socioeconômicas. Na produção agrícola, *e.g.*, permite definir melhores épocas de plantio, preparo do solo, aplicação de defensivos agrícolas e fertilizantes e colheita (Santana *et al.*, 2007). Sendo assim, a detecção do início e fim da EC (IEC e FEC, respectivamente) é extremamente importante. Tais datas podem ser identificadas de várias formas, sendo mais comum a utilização de médias ou acumulados de precipitação em períodos de 5, 7 ou 10 dias. Porém, esses métodos podem fornecer datas dúbias ou errôneas de IEC e FEC, já que valores limítrofes de precipitação podem sofrer influência das características regionais.

Kousky (1988) determinou a climatologia em pêntadas do IEC e FEC para a América do Sul utilizando dados de Radiação de Onda Longa (ROL) no período de janeiro de 1979 a dezembro de 1987. Sua metodologia define o IEC

quando o valor de ROL for menor que 240 W.m^{-2} em uma pêntada, desde que 10 das 12 pêntadas anteriores (subsequentes) apresentem ROL acima (abaixo) de 240 W.m^{-2} . Em relação ao FEC, o mesmo se dá quando o valor de ROL é superior a 240 W.m^{-2} em uma pêntada e, desde que 10 das 12 pêntadas anteriores (subsequentes) possuam valores de ROL inferiores (superiores) a 240 W.m^{-2} . Sugahara (1991) usou um índice combinado de ROL e precipitação, também em pêntadas, para o estado de São Paulo. Ele identificou o IEC na primeira ocorrência de precipitação de 10 mm com, pelo menos, três pêntadas subsequentes com precipitação não inferiores a 15 mm; e o FEC quando três pêntadas consecutivas apresentam precipitação inferior a 15 mm, seguido de precipitação inferior a 10 mm. Ele encontrou resultados semelhantes aos de Kousky (1988).

A partir da precipitação acumulada em pêntadas, San-sigolo (1989) analisou a variabilidade interanual da EC em Piracicaba/SP para o período de 1917-1986. O IEC ocorre no primeiro dia após a data de referência (1 de setembro), determinada pela climatologia, com 20 mm acumulados em 1 ou 2 dias consecutivos e condicionado à não ocorrência de 10 dias secos nos 30 dias subsequentes; o FEC é determinado pela primeira ocorrência de uma longa sequência de 10 ou mais dias secos, após a data de referência (30 de janeiro).

Marengo *et al.* (2001) analisaram o IEC e o FEC na Bacia Amazônica para o período de 1979 a 1996 utilizando valores limítrofes de precipitação. Assim, o IEC (FEC) é definido como a pêntada com valores de precipitação média superior (inferior) a 4 mm.dia^{-1} , desde que 6 das 8 pêntadas anteriores (subsequentes) sejam inferiores a $3,5 \text{ mm.dia}^{-1}$; e 6 das 8 pêntadas subsequentes (anteriores) tenham valores de precipitação maiores que $4,5 \text{ mm.dia}^{-1}$. O critério de pêntadas anteriores e subsequentes é incluído para auxiliar na identificação dessas datas.

Liebmann e Marengo (2001) determinaram o IEC e o FEC baseados na evolução do acumulado local de precipitação na região do SMAS. Liebmann *et al.* (2007) também determinaram tais datas baseados na evolução do acumulado anômalo de precipitação na região do SMAS, definindo o IEC como o primeiro dia antes do maior período em que o acumulado anômalo permanece positivo e o FEC como o dia, dentro deste período, em que o acumulado anômalo é máximo. Bombardi e Carvalho (2008) utilizaram o mesmo método, mas adaptado com dados diários de precipitação em pêntadas.

A partir de um índice combinado de precipitação e vento, Gan *et al.* (2004) identificaram as pêntadas de IEC e FEC na região Centro-Oeste do Brasil (COB) para as ECs de 1979-80 a 1996-97. Eles confirmaram os resultados obtidos por Kousky (1988), Horel *et al.* (1989) e Marengo *et al.* (2001) a respeito da direção noroeste-sudeste de propagação da convecção associada ao SMAS. Encontraram, ainda, uma maior variabilidade nas datas de IEC quando comparadas às de FEC, justificada pela possível

dependência de sistemas transientes para iniciar a convecção profunda. Nesse contexto, Veiga *et al.* (2002) também encontraram grande variabilidade nas datas de IEC (pêntadas referentes a setembro, outubro e novembro) e FEC (referentes a fevereiro e março) e, ainda, na duração das chuvas de monção em parte das regiões Sudeste e COB para o período de 1974 a 1998.

Cabe ressaltar que, segundo Franchito *et al.* (2008), a determinação do IEC e FEC nas regiões do SMAS utilizando somente dados de ROL pode inserir erros às análises, quando comparado à precipitação. Eles avaliaram a EC na região sudeste do Brasil para o verão de 2001, ano em que se observou grande déficit de precipitação, e encontraram as datas de IEC e FEC com pêntadas de ROL e precipitação. Notaram, ainda, a partir de dados de ROL através do método de Kousky (1988), que as datas de IEC (FEC) são erroneamente antecipadas (atrasadas), visto que baixos valores de ROL, inferiores a 240 W.m^{-2} , são indicativos de nuvens profundas e apresentam maior probabilidade de ocorrência de precipitação. Porém, algumas nuvens do tipo cirrus (nuvens altas), não precipitantes, por serem muito altas e frias, também apresentam baixo valor de ROL e, portanto, podem superestimar a precipitação. Apesar de existirem limitações intrínsecas à análise da precipitação via ROL, trata-se de uma metodologia de sensoriamento remoto que preenche as deficiências inerentes aos sistemas de observação na superfície, principalmente no que se refere à densidade espacial e temporal das estações.

Por outro lado, a maioria dos trabalhos que utilizam precipitação para detecção do IEC e FEC, definem valores limítrofes, o que torna o resultado dependente de aspectos regionais. Nesse contexto, González *et al.* (2007) fizeram um estudo detalhado dos métodos de detecção do IEC desenvolvidos por Kousky (1988), Marengo *et al.* (2001), e Liebmann e Marengo (2001), e concluíram que o método baseado em ROL de Kousky (1988) foi melhor para representar o IEC em escalas continentais quando comparado àqueles baseados em precipitação.

Fundamentadas nesses aspectos, Garcia e Kayano (2009; 2013), a partir de agora chamado de GK (09;13), empregaram uma nova metodologia de detecção das datas de IEC que utiliza o campo equatorialmente antissimétrico de ROL (ROL_{ant}) proposto por Murakami e Nakazawa (1985), para o período de 1979-2007 nas regiões da Bacia Amazônica Central (BAC) e COB, anteriormente estudadas por Marengo *et al.* (2001) e Gan *et al.* (2004), respectivamente. O ROL_{ant} refere-se ao valor de ROL do Hemisfério Sul (HS) menos o valor de ROL do Hemisfério Norte (HN), localizados à mesma distância do equador, *i.e.*, indica aspectos da transição monçônica entre os hemisférios (Murakami e Nakazawa, 1985; Vera *et al.*, 2006). Assim, valores negativos (positivos) de ROL_{ant} ao sul do equador indicam presença (ausência) de convecção nesta área. Além disso, GK (09;13) utilizaram estimativas de precipitação do projeto Tropical Rainfall Measuring Mis-

sion (TRMM) para validação do método e notaram que o mesmo é bastante eficaz em determinar o IEC em ambas as regiões.

Com base nessas informações, o presente trabalho busca identificar as datas de IEC e FEC em MG utilizando dois métodos distintos e comparando-os: Liebmann *et al.* (2007) que utiliza dados diários de precipitação e GK (09;13) com dados diários de ROL. Cabe ressaltar que os trabalhos de GK (09;13) não fizeram a comparação com métodos que utilizaram precipitação, sendo um dos aspectos importantes destacados no presente trabalho, além da área de estudo (o estado de MG), não utilizada por GK (09;13).

2. Material e Métodos

Dados de precipitação diária (mm.dia^{-1}) são obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (*Surface Synoptic Observations* - SYNOP e Estação Meteorológica Automática), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE; Plataforma de Coleta de Dados), Centros Estaduais de Meteorologia (CEM) e de pluviômetros convencionais pelo Programa de Monitoramento de Tempo Clima e Recursos Hídricos (PMTCRH) do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) combinados com as estimativas do satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) pela técnica denominada MERGE, para suprir a falta de dados de superfície e a distribuição espacial irregular (Rozante *et al.*, 2010). Os dados possuem espaçamento de $0,25^\circ$ de latitude e longitude e são utilizados para o estado de MG.

Valores diários de ROL (W.m^{-2}), medidos por satélite de órbita polar, obtidos da *National Oceanic and Atmospheric Administration/Cooperative Institute for Research in Environment Science* (NOAA-CIRES) *Climate Diagnostics Center* (CDC) também são utilizados. Esses dados de ROL representam a média diária das passagens do satélite durante o dia e a noite e são selecionados para MG na área limitada por $22,5^\circ \text{ S}$, 15° S , 50° W e 40° W , além da respectiva região antissimétrica (15° N - $22,5^\circ \text{ N}$ e $107,5^\circ \text{ W}$ - $97,5^\circ \text{ W}$), justificada adiante, para a determinação das datas do IEC e FEC a partir do método de GK (09;13). Em função da disponibilidade dos dados de precipitação, o período utilizado dos dados de ROL é de janeiro de 1998 a dezembro de 2012.

O método de Liebmann *et al.* (2007) é utilizado para determinar as datas do IEC e do FEC sobre MG, com base nos dados diários de precipitação. Partindo de um valor médio diário de precipitação, calcula-se o acumulado da anomalia de precipitação, de acordo com a Eq. (1):

$$A(\text{dia}) = \sum_{n=1}^{\text{dia}} [R(n) - \bar{R}] \quad (1)$$

em que $R(n)$ é a precipitação no dia n e \bar{R} é a precipitação média diária anual climatológica. O cálculo é iniciado no

dia 1 de julho, mês no qual está centrada a estação seca da região (inverno). O IEC (FEC) é determinado pelo mínimo (máximo) da curva, ou seja, as inflexões da onda gerada pelo acumulado das anomalias calculado em (1). A série de anomalias de precipitação acumulada é suavizada a partir da média móvel de 21 dias, para uma melhor exibição do ciclo anual. Para comparação com o método de GK (09;13), as datas de IEC e FEC são convertidas em pên-tadas referentes. Pên-tadas são médias de cinco dias não sobrepostos.

A identificação do IEC e FEC pelo método de GK (09;13) utiliza dados diários de ROL, agrupados em pên-tadas. O cálculo de ROL_{ant} é feito seguindo a metodologia proposta por Murakami e Nakazawa (1985), em relação ao equador geofísico ($y = 0$), da seguinte maneira:

$$ROL_{ant}(x, y) = \frac{ROL(x, y) - ROL(x, -y)}{2} \quad (2)$$

em que x é a longitude e y é a distância latitudinal em relação ao equador. O ROL_{ant} refere-se ao valor de ROL do HS menos o valor de ROL do HN. Assim, valores negativos (positivos) de ROL_{ant} ao sul do equador indicam presença (ausência) de convecção nesta área. Logo, como mostrado por GK (09;13), o campo de ROL_{ant} é uma variável apropriada para determinar o IEC e FEC relacionado ao SMAS, já que essa componente está relacionada apenas à sazonalidade monçônica.

De acordo com a definição de região antissimétrica proposta por Murakami e Nakazawa (1985), tem-se que a região antissimétrica de MG estaria no oceano Atlântico Norte, pois seria a área de mesmos limites longitudinais da área de estudo, mas ao norte do equador. Como tal área não pertence à área do SMAS e nem à área do Sistema de Monção da América do Norte (SMAN), faz-se necessário o ajuste do segundo método, assim como em Garcia e Kayano (2013). Igualmente, ajusta-se em virtude à disposição espacial do continente americano, que possui uma orientação noroeste-sudeste bem como a trajetória anual da atividade convectiva, como mostrado em Matsumoto e Murakami (2002). Ainda, o início do SMAN localiza-se em 98° W e se propaga para noroeste (Vera *et al.*, 2006), assim, a região antissimétrica designada para o estado de MG é limitada por $22,5^\circ$ N, 15° N, $107,5^\circ$ W e $97,5^\circ$ W (Figura 1).

O valor do ROL_{ant} é obtido em cada ponto de grade e, em seguida, médias espaciais ($[ROL_{ant}]$) na área de estudo são calculadas. As séries temporais de $[ROL_{ant}]$ são utilizadas para identificar o IEC e FEC: o IEC (FEC) é definido pela pên-tada de valor negativo (positivo) de $[ROL_{ant}]$ dentro do período de tal ocorrência que inicia um período dominante de valores negativos (positivos) de $[ROL_{ant}]$.

Após a detecção das datas do IEC e do FEC em MG por ambos os métodos (o de Liebmann *et al.* (2007) e o de GK (09;13)), é feita sua comparação, que consiste em analisar as séries de valores diários de precipitação buscando encontrar concordâncias e discrepâncias entre ambos. A análise da precipitação diária é feita para cada EC, com

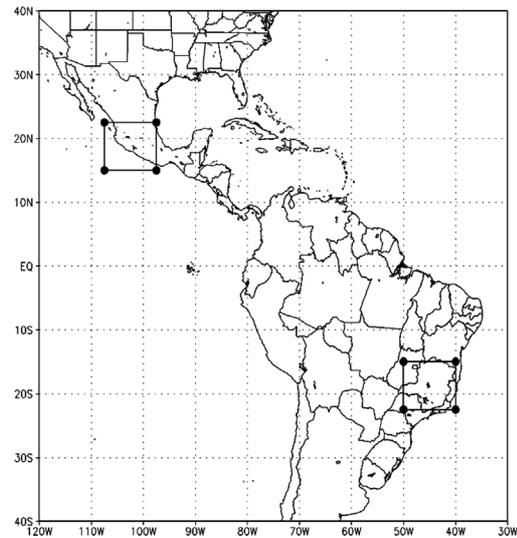


Figura 1 - Região de MG e respectiva área antissimétrica.

início em julho do ano inicial a junho do ano seguinte. Assim, para análise da EC 1998-1999, por exemplo, a série de precipitação é de julho de 1998 a junho de 1999.

3. Resultados e Discussão

3.1 IEC e FEC com os métodos Liebmann *et al.* (2007) e GK (09; 13)

Com base em GK (09;13) e Liebmann *et al.* (2007), é possível determinar as datas de IEC e FEC na região de MG. Assim, o objetivo aqui é comparar o método de GK (09;13), o qual utiliza ROL e analisa a atividade convectiva monçônica sobre a região, com o método de Liebmann *et al.* (2007), que auxilia na validação do anterior, já que utiliza dados medidos de precipitação.

Pela Eq. (1) do método de Liebmann *et al.* (2007), é possível notar inflexões (mínimo e máximo) no acumulado das anomalias de precipitação durante o ciclo anual, *i.e.*, a área de estudo apresenta Estação Seca (ES) e EC bem definidas, característica de uma região que sofre influência do regime de monção, no caso, o SMAS (Figura 2). Essas séries oscilam entre valores positivos e negativos por serem acumulados das anomalias de precipitação. Como o método de GK (09;13) utiliza pên-tadas e de Liebmann *et al.* (2007) utiliza precipitação diária, as datas de IEC e FEC do último foi identificado pela pên-tada referente para comparação dos métodos. Assim, as datas de IEC (FEC) foram observadas entre as pên-tadas 54 e 63 (8 e 22), sendo a 59 (18) a pên-tada média, referente ao período 18-22 de outubro (27-31 de março), porém com acentuada variação interanual, principalmente para o FEC, com desvio padrão de 2,62 (4,32) para IEC (FEC). As datas de IEC e FEC podem ser encontradas na Tabela 1.

Nota-se ainda que nem todos os anos possuem apenas duas inflexões na série (IEC e FEC, respectivamente). Esse aspecto ocorre em anos anômalos que apresentaram chuvas

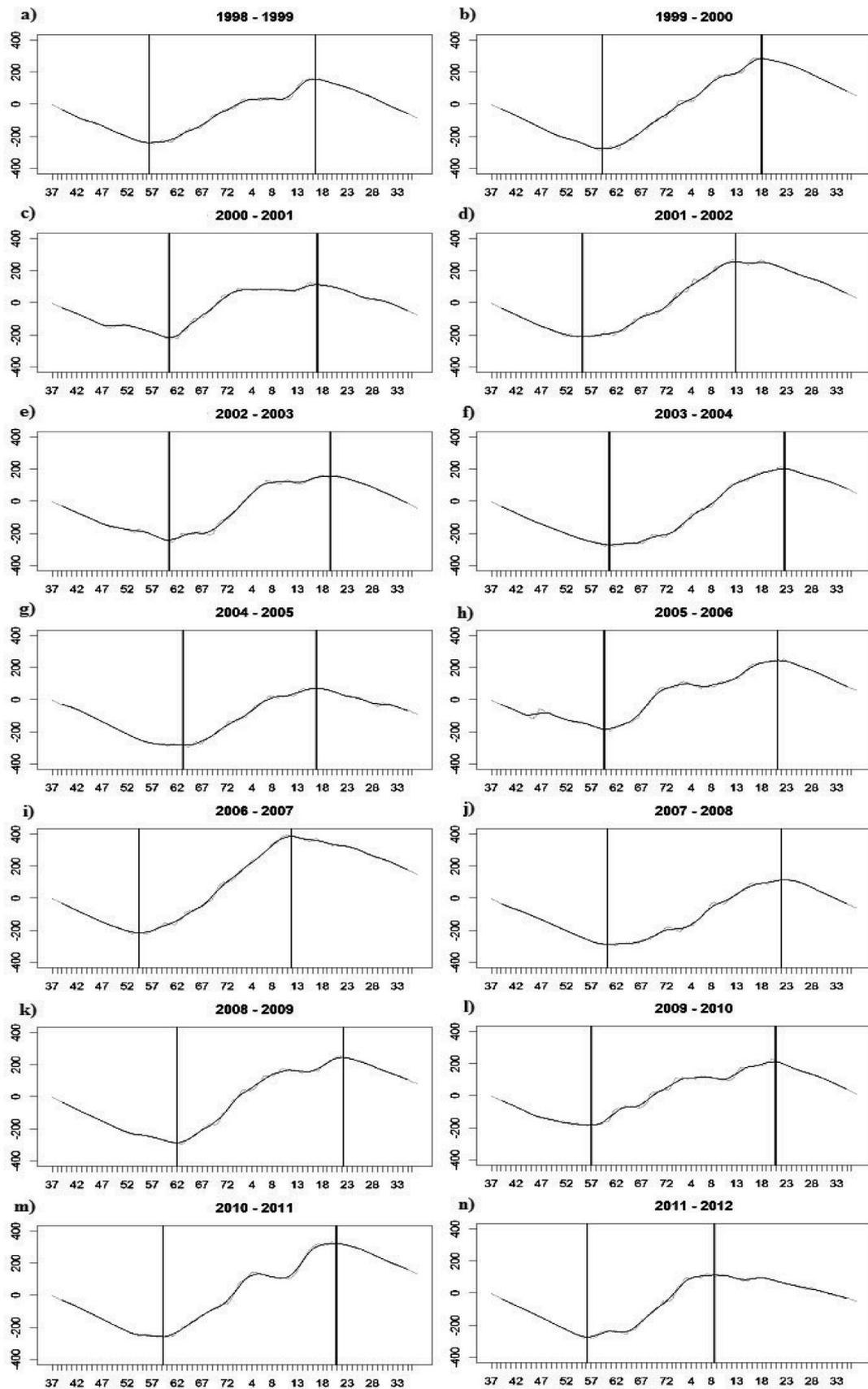


Figura 2 - Acumulado da anomalia de precipitação (em mm) sobre MG para as ECs do período 1998-2012. Barras verticais indicam o IEC e FEC, respectivamente, para cada EC.

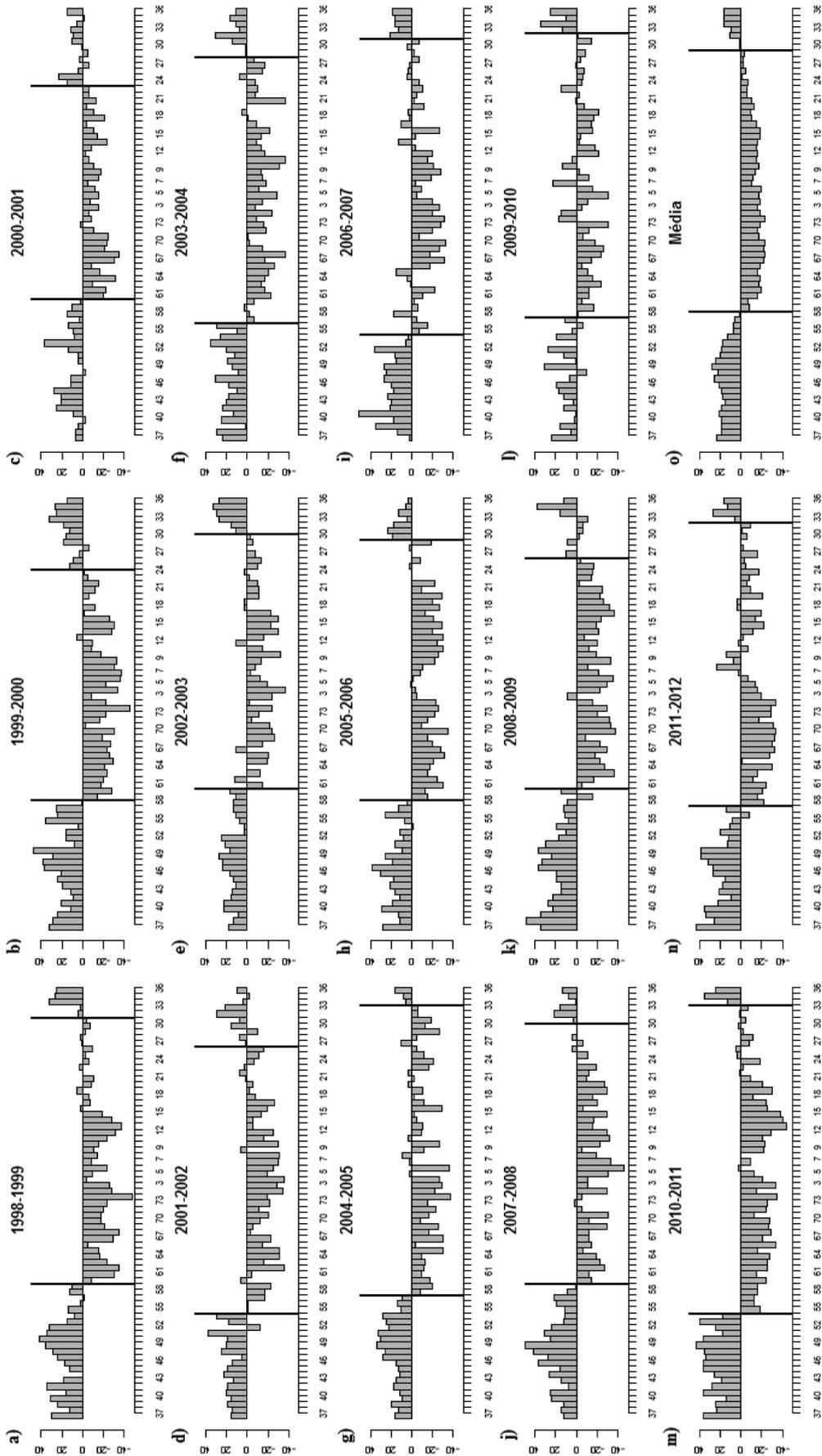


Figura 3 - Idem à Figura 2, mas para o $[ROL_{min}]$ (em $W \cdot m^{-2}$).

acima da climatologia durante a ES e estiagens durante a EC, dificultando a identificação das datas de IEC e FEC. Isso é notado nas ECs de 2000-2001, 2002-2003, 2005-2006, 2008-2009 e 2010-2011. Além disso, apesar de o método não depender de valores limítrofes para determinar as datas de IEC e FEC, como outros métodos que utilizam dados de precipitação, o mesmo fica subordinado ao período climatológico escolhido e ao tamanho da área de estudo, uma vez que a precipitação não apresenta uma distribuição uniforme em todas as regiões do estado, mesmo dentro da EC (Assunção *et al.*, 2006; Mello *et al.*, 2007; Mello e Viola, 2013).

O campo de $[ROL_{amt}]$ para as ECs de 1998-1999 a 2011-2012 em MG pode ser visto na Figura 3, onde barras verticais indicando as datas de IEC e o FEC. A transição da ES para a EC na região é observada na mudança do sinal positivo (atividade convectiva reduzida) para negativo (atividade convectiva intensificada) de $[ROL_{amt}]$ e vice-versa na transição da EC para a ES. Assim como o método anterior, tais datas são apresentadas na Tabela 1.

Percebe-se que o ciclo anual é bem definido com predominância de valores negativos durante a EC e positivos na ES, porém alguns anos apresentam uma pequena oscilação nos valores de $[ROL_{amt}]$. As ECs com maiores oscilações são: 1998-1999, 2004-2005, 2006-2007 e 2009-2010, sendo que, tais oscilações ocorrem mais no período de FEC que de IEC. Como este método utiliza os valores de ROL sobre MG e de sua área antissimétrica, essas oscilações podem estar relacionadas, entre outros fatores, com a oscilação intrasazonal (Kayano e Kousky, 1999; Jones e Carvalho, 2002). Cabe ressaltar que as ECs que tiveram maiores oscilações de $[ROL_{amt}]$ são diferentes daquelas que apresentaram mais do que duas inflexões na série do acumulado das anomalias de precipitação.

O IEC é identificado, predominantemente, entre as pântadas 54 e 60, sendo a 57 a pântada média (8-12 de outubro); e o FEC, entre 23 e 33 (29 como pântada média, 21-25 de maio), o que corresponde ao início e fim, respectivamente, da atividade convectiva sobre MG. Observa-se uma variação interanual das datas, sobretudo no FEC, e pode ser notada nos respectivos desvios padrão: 2,21 para o IEC e 3,28 para o FEC. Nesse caso, a variação interanual é menos acentuada quando comparado ao método anterior. Esse aspecto das datas de IEC e FEC em MG é diferente daquele encontrado por Veiga *et al.* (2002) e Gan *et al.* (2004) que identificaram as datas médias do IEC (FEC) na pântada 58 (nas pântadas 21 e 22, respectivamente), tendo em vista que ambos observaram maior variabilidade das datas de IEC na região do SMAS. Entretanto, cabe ressaltar que as áreas de estudo são relativamente diferentes.

Na comparação das pântadas de IEC e FEC pelos métodos de GK (09;13) e Liebmann *et al.* (2007) nota-se que há maior concordância referente ao IEC, cujas pântadas médias foram 57 e 59, respectivamente, assim como seus desvios padrão, 2,21 e 2,62. Quanto ao FEC, há divergência

Tabela 1 - Datas de IEC e FEC, em pântadas, a partir do método de GK (09; 13) e de Liebmann *et al.* (2007) para MG nas ECs do período 1998-2012. A diferença entre os métodos foi feita subtraindo-se as pântadas de Liebmann *et al.* (2007) das pântadas de GK (09;13).

Estação Chuvosa	IEC (GK 09;13)	IEC (Liebmann <i>et al.</i> , 2007)	Diferença entre os métodos	FEC (GK 09;13)	FEC (Liebmann <i>et al.</i> , 2007)	Diferença entre os métodos
1998-1999	59	56	3	31	16	15
1999-2000	58	59	-1	24	18	6
2000-2001	60	60	0	23	17	6
2001-2002	54	55	-1	26	13	13
2002-2003	60	60	0	30	19	11
2003-2004	56	60	-4	28	22	6
2004-2005	57	63	-6	33	17	16
2005-2006	58	59	-1	29	21	8
2006-2007	54	54	0	31	12	19
2007-2008	59	60	-1	30	22	8
2008-2009	60	62	-2	26	22	4
2009-2010	57	57	0	32	21	11
2010-2011	54	59	-5	33	21	12
2011-2012	57	56	1	32	8	24
Média	57	59		29	18	
Desvio-Padrão	2,21	2,62		3,28	4,32	

na detecção das datas, visto que as pêntricas médias foram 29 e 18, e desvios padrão de 3,28 e 4,32 respectivamente. A diferença média de 11 pêntricas para o FEC é expressiva, pois, quando convertida em dias, tem-se 55 dias, *i.e.*, quase dois meses de diferença.

Outra informação importante é a diferença das datas, em pêntricas, do IEC e FEC entre os métodos (Tabela 1). A diferença é feita subtraindo-se as pêntricas de Liebmann *et al.* (2007) das de GK (09;13). Assim, quando o valor é negativo (positivo) no IEC tem-se que a data identificada pelo método de Liebmann *et al.* (2007) foi atrasada (adiantada) comparada à de GK (09;13). Nota-se um predomínio de valores negativos, ou seja, as datas de IEC identificadas pelo método de GK (09;13) são antecipadas quando comparadas às de Liebmann *et al.* (2007). Exceções como as ECs de 1998-1999 e 2011-2012 apresentam o IEC do método com precipitação antecipado ao do método de ROL_{ant} , e nas ECs 2000-2001, 2002-2003, 2006-2007 e 2009-2010, nota-se que as pêntricas de IEC coincidem. Sobre o FEC, a subtração resulta em valores positivos, o que indica que as datas detectadas pelo método de Liebmann *et al.* (2007) estão sempre adiantadas às do método de GK (09;13) para este período de estudo.

Nesse contexto, destaca-se o trabalho de Franchito *et al.* (2008), no qual foi observado que, quando os dados de ROL são utilizados, o IEC (FEC) é erroneamente antecipado (atrasado), já que ROL é uma medida de convecção e não necessariamente de precipitação. Cabe ressaltar que, conforme sugerido por GK (09;13), a utilização do campo de $[ROL_{ant}]$ melhora a detecção de tais datas, visto que não utiliza valor limítrofe, como em Kousky (1988), mas aspectos da sazonalidade monçônica. Contudo, as datas de IEC (FEC) continuam sendo adiantadas (atrasadas), o que requer uma análise detalhada do campo de precipitação em MG e, assim, o comportamento da precipitação em cada EC é avaliado.

3.2 Análise da precipitação

Como as pêntricas de FEC detectadas pelo método de Liebmann *et al.* (2007) são sempre adiantadas das de GK (09;13), o comportamento do IEC é utilizado para selecio-

nar a disposição das figuras de precipitação diária. Assim, a Figura 4 mostra as séries de precipitação para as ECs 1998-1999 e 2011-2012, cujas pêntricas de IEC do método de Liebmann *et al.* (2007) foram adiantadas comparadas ao de GK (09;13); a Figura 5 para as ECs 2000-2001, 2002-2003, 2006-2007 e 2009-2010, cujas pêntricas de IEC coincidiram para ambos os métodos; e a Figura 6 para as ECs 1999-2000, 2001-2002, 2003-2004, 2004-2005, 2005-2006, 2007-2008, 2008-2009 e 2010-2011, cujas pêntricas de IEC do método de Liebmann *et al.* (2007) foram atrasadas comparadas ao de GK (09;13).

Nas ECs 1998-1999 e 2011-2012 (Figura 4), o IEC pelo método de Liebmann *et al.* (2007) foi adiantado comparado ao de GK (09;13), sendo, respectivamente, as pêntricas 56 e 59 para 1998-1999 e 56 e 57 para 2011-2012. Apesar da diferença do IEC encontrada pelos dois métodos ter sido maior para a EC 1998-1999, tem-se que, em ambas ECs, o método de Liebmann *et al.* (2007) detectou o início da ocorrência de precipitação não detectada pelo método de GK (09;13), com valores próximos a 10 mm, antes da pêntrica 59 para 1998-1999 e 57 para 2011-2012. Entretanto, observa-se valor negativo de $[ROL_{ant}]$ na pêntrica 56 em ambas as ECs (Figuras 3a e 3n). Assim, mesmo não atribuindo o IEC em tal pêntrica pelo método de GK (09;13), tem-se que o mesmo detectou as variações de precipitação na região.

Quanto ao FEC, as datas foram bastante discordantes, sendo as pêntricas 16 e 31 em 1998-1999 e 8 e 32 em 2011-2012 para Liebmann *et al.* (2007) e GK (09;13), respectivamente (Figuras 2 e 3). Assim, a partir do comportamento da precipitação nessas ECs, percebe-se que, após a pêntrica de FEC detectada pelo método de Liebmann *et al.* (2007), valores de precipitação acima da climatologia do período ainda são observados, principalmente em 2011-2012 (Figuras 4b). Vale ressaltar que, em ambas as ECs, o índice de $[ROL_{ant}]$ mostra um caráter oscilatório logo após as pêntricas de FEC indicadas pelo método de Liebmann *et al.* (2007), o que pode indicar períodos ativos e inativos do SMAS durante a EC (Jones e Carvalho, 2002) e podem influenciar diretamente na detecção do FEC. Entretanto, especificamente em 2011-2012, o índice de $[ROL_{ant}]$ ainda

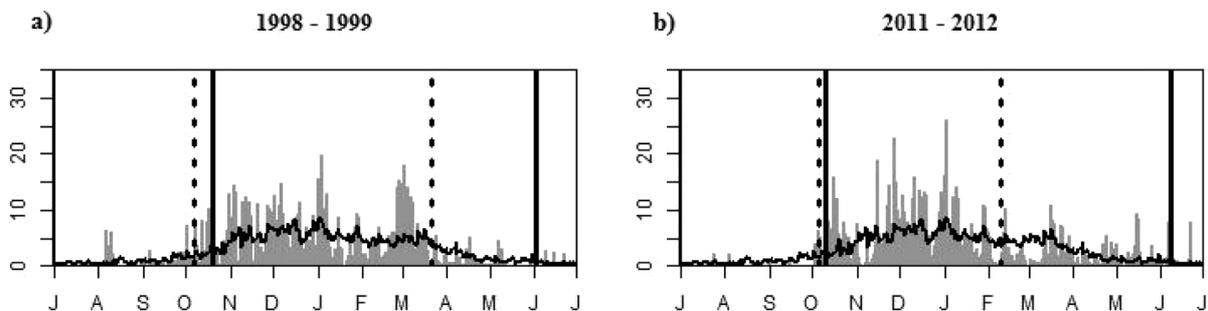


Figura 4 - Precipitação (mm.dia^{-1}) das ECs 1998-1999 e 2011-2012 em MG, de julho do primeiro ano a junho do segundo. A série de tonalidade preta refere-se à climatologia do período. Barras verticais tracejadas e contínuas indicam as pêntricas de IEC e FEC detectadas pelo método de Liebmann *et al.* (2007) e de GK (09;13), respectivamente.

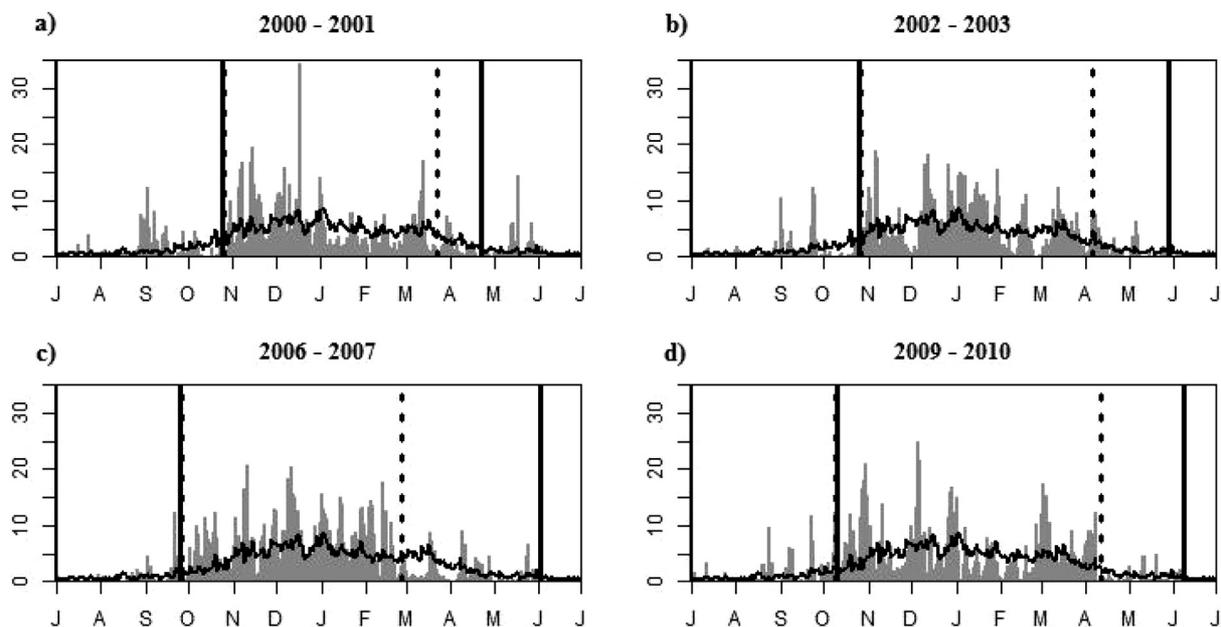


Figura 5 - Idem à Figura 4, mas para as ECs 2000-2001, 2002-2003, 2006-2007 e 2009-2010.

se mantém negativo por algumas pênatas (Figura 3n), o que pode ser inferido como possível falha do método de Liebmann *et al.* (2007), uma vez que a precipitação continuou a ser observada após tal pênata (Figura 4b), mesmo tendo apresentado uma pequena inflexão no acumulado das anomalias de precipitação na pênata 15 (Figura 2n).

As ECs nas quais o IEC coincide em ambos os métodos são apresentadas na Figura 5. As pênatas 60, 60, 54 e 57 marcam o IEC nas ECs 2000-2001, 2002-2003, 2006-2007 e 2009-2010, respectivamente. Mesmo com a concordância dos métodos, pode-se observar que, apenas na EC 2006-2007 tais métodos indicam o IEC quando os valores de precipitação começaram a serem observados, *i.e.*, a precipitação e atividade convectiva atuaram concomitantemente sobre a região de MG (Figura 5c). Apesar de não classificar como IEC, detectou-se por ambos os métodos a presença de precipitação no fim de agosto e começo de setembro de 2000, próximo às pênatas 47 e 48, quando nota-se chuva acima da média climatológica (Figura 5a) o que causou uma pequena inflexão da série do acumulado das anomalias de precipitação (Figura 2c) e reversão do campo de $[ROL_{ant}]$ (Figura 3c). Segundo o boletim Infoclima do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE) <http://infoclima.cptec.inpe.br/>, isso aconteceu devido à passagem do quinto sistema frontal naquele mês favorecendo instabilidades, chuvas generalizadas, ventos fortes e queda de granizo em algumas localidades destas regiões. Para as outras duas ECs, 2002-2003 e 2009-2010, o método de GK (09;13) indicou presença de precipitação pela redução do valor positivo de $[ROL_{ant}]$ e seu valor negativo (Figura 3e e 3l, respectivamente), enquanto que, no método de Liebmann

et al. (2007), não há indicativo de precipitação antes da pênata de IEC nas duas ECs.

Referente ao FEC, as pênatas encontradas por ambos os métodos continuam a ser discordantes. No caso da EC 2000-2001, as pênatas de FEC foram 23 e 17 para GK (09;13) e Liebmann *et al.* (2007), respectivamente. De janeiro a março de 2001, as chuvas foram abaixo da média do período (Figura 5a), o que gerou uma pequena inflexão na série de anomalias de precipitação acumulada (Figura 2c) que poderia influenciar na determinação do FEC caso a chuva não estivesse se restabelecido em março do mesmo ano. A justificativa dessa estiagem está associada à penetração anômala da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) sobre o continente que inibiu a formação das chuvas e resultou em valores em torno de 100 mm abaixo da média sobre a região sudeste (INFOCLIMA, 2001). Esse comportamento também pode ser visto no campo de $[ROL_{ant}]$, onde há uma pequena inversão de seu sinal na pênata 73 (negativo-positivo) que é restabelecido logo em seguida, porém a intensidade do sinal, a partir de então, enfraquece até ocorrer a reversão definitiva na pênata 23 (Figura 3c). Vale destacar que, mesmo depois da pênata 23, observou-se precipitação acima da média climatológica (Figura 5a) e o método de GK (09;13) detectou tal aspecto pelo sinal negativo de $[ROL_{ant}]$ nas pênatas 26 e 28 (Figura 3c). Nas demais ECs, notou-se, ainda, precipitação acima da média climatológica após as datas de FEC encontradas pelo método de Liebmann *et al.* (2007), o que também foi detectado pelo sinal negativo de $[ROL_{ant}]$ (Figura 2 e 3, respectivamente). Logo, o método de GK (09;13) mostrou satisfatoriamente as maiores oscilações de precipitação em MG comparado ao método de Liebmann *et al.* (2007).

A Figura 6 mostra as séries de precipitação diária para as ECs que tiveram as pântadas de IEC do método de Liebmann *et al.* (2007) atrasadas comparadas ao de GK (09;13), sendo, respectivamente: 59 e 58 para 1999-2000, 55 e 54 para 2001-2002, 60 e 56 para 2003-2004, 63 e 57 para 2004-2005, 59 e 58 para 2005-2006, 60 e 59 para 2007-2008, 62 e 60 para 2008-2009 e 59 e 54 para 2010-2011. Exceto para 2005-2006 e 2008-2009, tem-se que nas ECs, após a pântada de IEC indicada pelo método de GK (09;13), valores de precipitação acima de média climatológica são observados na região de estudo. Ou seja, as pântadas de IEC mostradas pelo método de Liebmann *et al.* (2007) são localizadas após o período de início das chuvas. Em 2005-2006, os altos valores de precipitação em meados de agosto foram detectados pelo método de Liebmann *et al.* (2007) através da quase inflexão da curva do acumulado da anomalia de precipitação por volta da pântada 44 (Figura 2h), precipitação que o método de GK (09;13) não mostrou (Figura 3h). Tal precipitação pode ter sido favorecida pela intensificação da oscilação intrasazonal no final de julho/início de agosto (INFOCLIMA, 2005). No caso da EC 2008-2009, tem-se que os valores de precipitação acima da média climatológica no fim de setembro e início de outubro foram detectados pelo método de Liebmann *et al.* (2007) através da quase inflexão da curva do acumulado da anomalia de precipitação por volta da pântada 53 (Figura 2k), precipitação que o método de GK (09;13) também não mostrou (Figura 3k); segundo o boletim Infoclima (2008), isso foi devido à atuação de dois sistemas frontais e o deslocamento de cavados na média e alta troposfera na segunda quinzena de setembro, que causaram temporais seguidos por episódios de precipitação de granizo em cidades da Região Sudeste. Em Minas Gerais, especificamente, destacaram-se as cidades de Carandaí, Betim, Belo Horizonte, Santana da Vargem e Uberaba, onde foram registradas precipitações de granizo no período de 15 a 17 e no dia 26. Entretanto, a precipitação de meados de outubro levemente acima da média climatológica foi detectada pelo $[ROL_{ant}]$ negativo na pântada 58 (Figura 3k). Quanto às ECs de 1999-2000, 2003-2004, 2004-2005, 2007-2008 e 2010-2011, características semelhantes podem ser notadas, pois não se observa precipitação acima da média climatológica antes da pântada de IEC detectada pelo método de GK (09;13) ou, quando se observa, a mesma não é intensa. Logo, esse método indica com exatidão o início da precipitação em MG nesses anos.

Quanto ao FEC, tem-se que as datas identificadas pelo método de Liebmann *et al.* (2007) são novamente adiantadas comparadas às de GK (09;13) sendo, respectivamente: 18 e 24 para 1999-2000, 13 e 26 para 2001-2002, 22 e 28 para 2003-2004, 17 e 33 para 2004-2005, 21 e 29 para 2005-2006, 22 e 30 para 2007-2008, 22 e 26 para 2008-2009 e 21 e 33 para 2010-2011. Vale destacar que, nessas ECs, a precipitação acima da média climatológica é observada após a pântada de FEC detectada pelo método de

Liebmann *et al.* (2007; Figura 6). Uma das razões desse fato pode ser pelo fato de tal método ser dependente da climatologia de precipitação da região no período estudado, *i.e.*, muda-se o período, muda-se a climatologia e, provavelmente, as datas de FEC. No caso das ECs 2005-2006, 2007-2008 e 2010-2011, tem-se que a série de $[ROL_{ant}]$ apresenta uma característica bastante oscilatória no período de FEC (Figura 3), o que dificulta a detecção da data de FEC. Assim, nesses casos, a partir da série de precipitação, conclui-se que a data de FEC, provavelmente, foi antes da pântada detectada pelo método de GK (09;13).

4. Conclusões

O Início e Fim da Estação Chuvosa (IEC e FEC, respectivamente) são identificados no estado de Minas Gerais (MG), área limitada por 22,5° S, 15° S, 50° W e 40° W, a partir de dois métodos distintos: o de Liebmann *et al.* (2007), que utiliza dados diários de precipitação e determina o IEC (FEC) como o ponto mínimo (máximo) da curva do acumulado das anomalias de precipitação; e o de Garcia e Kayano (2009;2013), chamado de GK (09;13), com dados diários de Radiação de Onda Longa (ROL) equatorialmente antissimétricos (ROL_{ant}), que indica o IEC (FEC) como a pântada de valor negativo (positivo) das médias espaciais de ROL_{ant} ($[ROL_{ant}]$) dentro do período de tal ocorrência que inicia um período dominante de valores negativos (positivos) de $[ROL_{ant}]$. O período de estudo é 1998-2012, em virtude da disponibilidade dos dados de precipitação. A área antissimétrica referente à região de MG utilizada para o ROL_{ant} é limitada por 15° N, 22,5° N, 107,5° W e 97,5° W. Assim, o principal objetivo deste trabalho é fazer a comparação dos métodos citados.

De uma maneira geral, as datas de IEC encontradas pelos dois métodos são mais próximas quando comparadas às do FEC. Esse resultado pode ser em razão do IEC na região do SMAS ter características convectivas bem definidas, o que implica no fato do método de GK (09;13) detectar com eficiência essas datas. Quanto ao FEC, tem-se que as datas possuem maior variabilidade, o que é confirmado pelo maior desvio padrão em ambos os métodos.

Nas ECs que apresentaram grande variabilidade e caráter oscilatório no ciclo anual da precipitação, notam-se limitações em ambos os métodos para a detecção das datas de IEC e FEC. Influências da variabilidade intrasazonal na detecção dessas datas já foram discutidas por Silva e Carvalho (2007), Raia e Cavalcanti (2008), GK (09;13), tal como a influência da variabilidade interanual abordada por Nieto-Ferreira e Rickenbach (2011). Cabe ressaltar que a análise mais específica da influência dessas escalas de variabilidade não foi foco deste trabalho.

Nota-se, também, que as principais oscilações do campo de precipitação são detectadas pelo campo de ROL_{ant} . A limitação do método de GK (09;13) pode estar ligada à região antissimétrica no HN, uma vez que, se esta região apresentar valores de ROL inferiores aos dos iden-

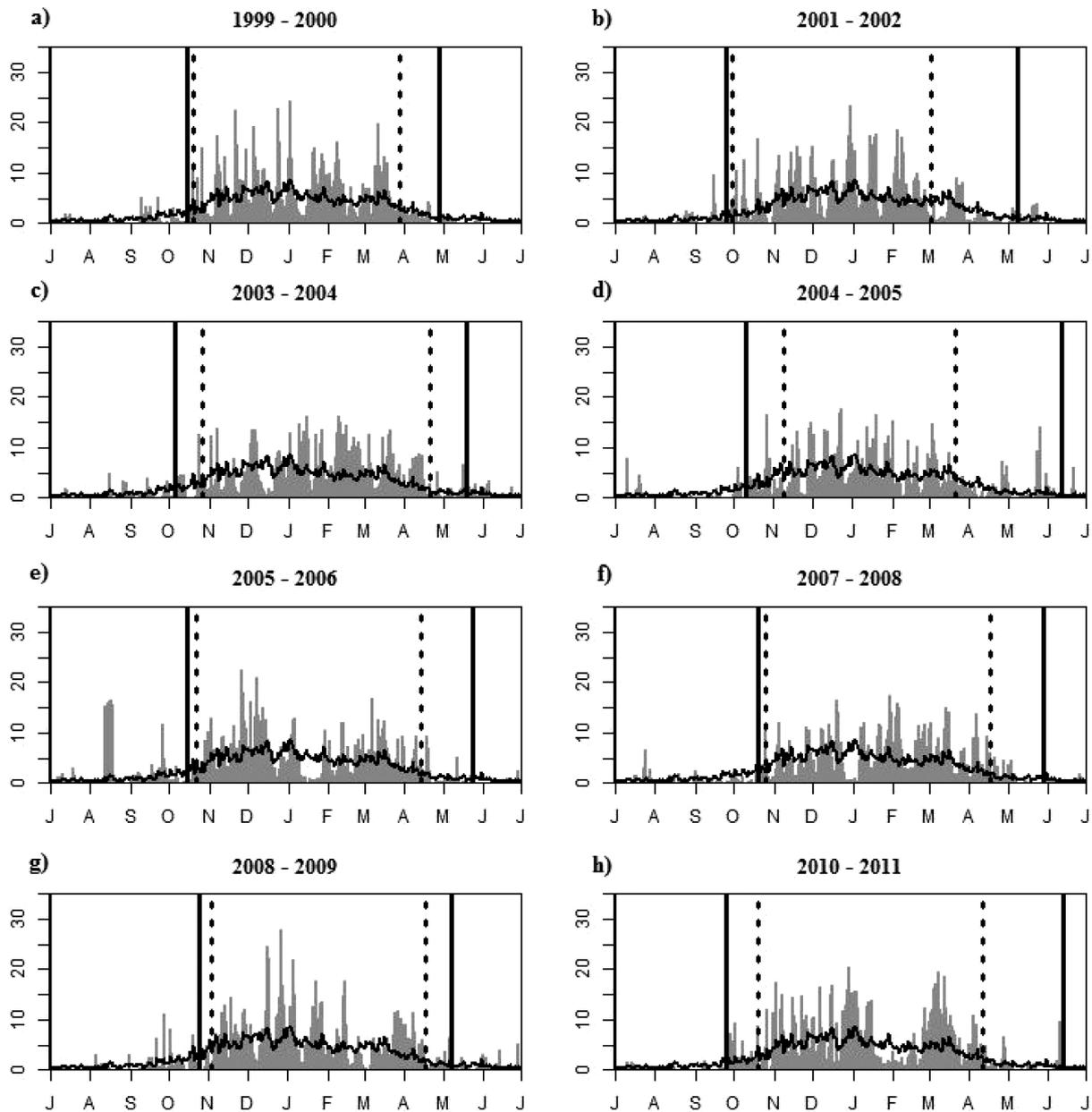


Figura 6 - Idem à Figura 4, mas para as ECs 1999-2000, 2001-2002, 2003-2004, 2004-2005, 2005-2006, 2007-2008, 2008-2009 e 2010-2011.

tificados no HS, há mudança no sinal de $[ROL_{ant}]$, mesmo dentro da EC e vice-versa. Sobre o método de Liebmann *et al.* (2007), o qual utiliza a precipitação média sobre MG, a determinação das datas de IEC e FEC em grande escala pode ser dificultada, uma vez que a distribuição das chuvas no estado não é uniforme. Ainda, se a precipitação for muito diferente da média climatológica e não persistir por alguns dias, pode-se impactar a detecção de tais datas. Assim, as peculiaridades citadas nos respectivos métodos podem levar à identificação errônea do IEC e FEC. Deve-se destacar, ainda, que a análise da eficiência dos métodos foi feita comparando com a série de precipitação, a qual foi utilizada para detectar as datas de IEC e FEC pelo método

de Liebmann *et al.* (2007), o que já deveria implicar em resultados melhores para tal método.

Assim, de modo geral, o método de GK (09;13) mostrou-se mais eficaz quando comparado ao de Liebmann *et al.* (2007), já que depende apenas de dados de ROL, os quais são disponíveis quase em tempo real para se calcular um índice rotineiramente, diferente dos índices baseados em dados de precipitação. Aliás, a pênstada de IEC e FEC é determinada unicamente pela mudança de sinal do $[ROL_{ant}]$ e, assim, não depende de valores limítrofes. Métodos anteriores de detecção dessas datas utilizam valores limítrofes de uma dada variável para detectar o IEC e o FEC (Kousky 1988; Marengo *et al.*, 2001; GAN *et al.*, 2004). Marengo *et*

al. (2001) observaram que as datas de IEC são bastante sensíveis ao valor limítrofe escolhido. Logo, as datas de IEC e FEC encontradas com os métodos baseados em valores limítrofes são dependentes de aspectos regionais, consistente com os resultados de González *et al.* (2007), que concluíram que o método baseado em ROL desenvolvido por Kousky (1988) foi melhor para representar o IEC em escalas continentais quando comparado aos de Marengo *et al.* (2001) e Liebmann e Marengo (2001) baseados em precipitação, os quais definem um valor limítrofe.

Apesar de o método de Liebmann *et al.* (2007) não utilizar valor limítrofe, esse é dependente do período analisado. Já o método de GK (09;13), além de não possuir valor limítrofe, não é dependente do período analisado e, ainda, mostrou-se que o mesmo detecta satisfatoriamente as características da precipitação na região. Assim, conclui-se que o método de GK (09;13) é mais vantajoso e útil para monitoramento do IEC e FEC em MG. Cabe ressaltar que essa comparação deve ser feita para as demais áreas monçônicas.

Agradecimentos

Os autores foram parcialmente financiados pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG APQ-00251-11) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq 472337/2010-6). E agradecem também ao CPTEC/INPE pela disponibilização dos dados de precipitação.

Referências

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Acesso em: 9 out. 2014.
- ASSUNÇÃO, W. L.; BRITO, J. L. S.; SOARES, D. Z. Distribuição espacial das chuvas na bacia do Rio Araguari (MG). In: VII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2006, Rondonópolis - MT. **Anais...** Rondonópolis: UFMT - Campus de Rondonópolis, 2006. v. 1. p. 1-10.
- BOMBARDI, R. J.; CARVALHO, L. M. V. Variabilidade do regime de monções sobre o Brasil: o clima presente e projeções para um cenário com 2 x CO₂ usando o modelo MIROC. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, n.1, p. 58-72, 2008.
- FERREIRA, N. J.; SANCHES, M.; SILVA DIAS, M. A. F. Composição da Zona de Convergência do Atlântico Sul em Períodos de El Niño e La Niña. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.19, n.1, p. 89-98, 2004.
- FRANCHITO, S. H.; RAO, V. B.; BARBIERI, P. R. P.; SANTO, C. M. E. Rainy season duration estimated from OLR vs. raingauge data and the 2001 drought in Southeast Brazil. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 47, n. 05, p. 1493-1499, 2008.
- GAN, M. A.; KOUSKY, V. E.; ROPELEWSKI, C. F. The South America monsoon circulation and its relationship to rainfall over West-Central Brazil. **Journal of Climate**, v. 17, n. 01, p. 47-66, 2004.
- GARCIA, S. R.; KAYANO, M. T. Determination of the onset dates of the rainy season in Central Amazon with equatorially antisymmetric outgoing longwave radiation. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 97, p. 361-372, 2009.
- GARCIA, S. R.; KAYANO, M. T. Some considerations on onset dates of the rainy season in Western-Central Brazil with antisymmetric outgoing longwave radiation relative to the equator. **International Journal of Climatology**, v. 33, p. 188-198, 2013.
- GONZÁLEZ, M.; VERA, C.S.; LIEBMANN, B.; MARENGO, J.A.; KOUSKY, V.; ALLURED, D. The nature of the rainfall onset over central South America. **Atmosfera**, v. 20, p. 377-394, 2007.
- HOREL, J. D.; HAHMANN, A. N.; GEISLER, J. E. An investigation of the annual cycle of convective activity over the tropical Americas. **Journal of Climate**, v. 02, p. 1388-1403, 1989.
- IBGE – Instituto Nacional de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário 2006: Brasil, Grandes Regiões e Unidades de Federação**. Rio de Janeiro, p.1-777, 2009. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/agri_familiar_2006/familia_censoagro2006.pdf. Acesso em: 9 out. 2014.
- INFOCLIMA, Boletim de Informações Climáticas. **CPTEC/INPE**. Ano 8, n. 3, 2001. Disponível em: <http://infoclima1.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 2 nov. 2013.
- INFOCLIMA, **CPTEC/INPE**. Ano 12, n. 8, 2005. Disponível em: http://infoclima1.cptec.inpe.br/~rinfor/pdf_infoclima/200508.pdf. Acesso em: 27 jan. 2015.
- INFOCLIMA, **CPTEC/INPE**. Ano 15, n. 10, 2008. Disponível em: http://infoclima1.cptec.inpe.br/~rinfor/pdf_infoclima/200810.pdf. Acesso em: 27 jan. 2015.
- JONES, C.; CARVALHO, L.M.V. Active and break phases in the South American Monsoon System. **Journal of Climate**, v. 15, p. 905-914, 2002.
- KAYANO, M.T.; KOUSKY, V.E. Intraseasonal (30–60 day) variability in the global tropics: principal modes and their evolution. **Tellus**, 51, p. 373–386, 1999.
- KODAMA, Y. M. Large-scale common features of subtropical precipitation zones (the Baiu frontal zone, the SPCZ, and the ZCAS). Part I: Characteristics of subtropical frontal zones. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, v. 70, p. 813-836, 1992.
- KOUSKY, V. E. Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 03, p. 217-231, 1988.
- LIEBMANN, B.; MARENGO, J. Interannual variability of the rainy season and rainfall in the Brazilian Amazon Basin. **Journal of Climate**, v. 14, n. 22, p. 4308-4318, 2001.
- LIEBMANN, B.; CAMARGO, S. J.; SETH, A.; MARENGO, J. A. *et al.* Onset and end of the rainy season in South America in observations and the ECHAM 4.5 atmospheric general circulation model. **Journal of Climate**, n. 20, p. 2037–2050, 2007.
- MARENGO, J.; LIEBMANN, B.; KOUSKY, V. E.; FILIZOLA, N.; WAINER, I. On the onset and end of the rainy season in

- the Brazilian Amazon Basin. **Journal of Climate**, v. 14, n. 05, p.833-852, 2001.
- MARENGO J. A.; LIEBMANN, B.; GRIMM, A. M.; MISRA, V.; SILVA DIAS, P. L.; CAVALCANTI, I. F. A.; CARVALHO, L. M. V.; BERBERY, E. H.; AMBRIZZI, T.; AMBRIZZI, T.; VERA, C. S.; SAULO, A. C.; NOGUES-PAEGLE, J.; ZIPSER, E.; SETH, A.; ALVES, L. M. Recent developments on the South American monsoon system. **International Journal of Climatology**, v. 131, 2012.
- MATSUMOTO, J.; MURAKAMI, T. Seasonal migration of monsoons between the northern and southern hemisphere as revealed from equatorially symmetric and asymmetric OLR data. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, v. 80, n. 03, p. 419-437, 2002.
- MECHOSO, C. R.; ROBERTSON, A. W.; GRIMM, A. M.; VERA, C. S. South American Monsoon System. **GEWEX News** (Online), Maryland, USA, v. 15, n.1, p. 12-13, 2005. Disponível em: <http://www.gewex.org/Feb2005.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2013.
- MELLO, C. R.; SÁ, M. A. C.; CURI, N.; MELLO, J. M.; VIOLA, M. R.; SILVA, A. M. Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 537-545, 2007.
- MELLO, C. R.; VIOLA, M. R.. Mapeamento de chuvas intensas no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (Impresso), v. 37, p. 37-44, 2013.
- MURAKAMI, T.; NAKAZAWA, T. Transition from the southern to northern hemisphere summer monsoon. **Monthly Weather Review**, v. 113, n. 09, p. 1470-1486, 1985.
- NIETO-FERREIRA, R.; RICKENBACH, T.M. Regionality of monsoon onset in South America: a three-stage conceptual model. **International Journal of Climatology**, v. 31, p. 1309-1321, 2011.
- QUADRO, M. F. L., SILVA DIAS, M. A. F., HERDIES, D. L., GONCALVES, L. G. G. Análise Climatológica da Precipitação e do Transporte de Umidade na Região da ZCAS através da Nova Geração de Reanálises. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.27, p.152 -162, 2012.
- RAIA, A.; CAVALCANTI, I.F.A. The Life Cycle of the South American Monsoon System. **Journal of Climate**, v. 21, p. 6227-6246, 2008.
- RAO, V. B.; CAVALCANTI, I. F. A.; HADA, K. Annual variation of rainfall over Brazil and water vapor characteristics over South America. **Journal of Geophysical Research**, v. 101, n. D21, p. 26539-26551, 1996.
- ROZANTE, J.R.; MOREIRA, D.S.; GONÇALVES, L.G.G.; VIOLA, D.A. Combining TRMM and surface observations of precipitation: technique and validation over South America. **Weather and Forecasting**, v. 25, p. 885-894, 2010.
- SANSIGOLO, C. A. Variabilidade interanual da estação chuvosa em São Paulo. **Climanálise**, v. 04, p. 40-43, 1989.
- SANTANA, M. O.; SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, A.; da SILVA, D. D.. Caracterização da estação chuvosa para o Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 16, n.1 p. 114-120, 2007.
- SILVA, A.E.; CARVALHO, L.M.V. Large-scale index for South America Monsoon (LISAM). **Atmospheric Science Letters**, v. 8, p. 51-57, 2007.
- SUGAHARA, S. **Flutuações interanuais, sazonais e intrasazonais de precipitação no estado de São Paulo**. São Paulo. USP, 1991. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Curso de Pós-Graduação em Meteorologia, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- VEIGA, J. A. P.; MARENGO, J.; RAO, V. B. A influência das anomalias de TSM dos oceanos Atlântico e Pacífico sobre as chuvas de monção da América do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17, p. 181-194, 2002.
- VERA, C.; HIGGINS, W.; AMADOR, J.; AMBRIZZI, T.; GARREAU, R.; GOCHIS, D.; LETTENMAIER, D. D.; MARENGO, J.; MECHOSO, C. R.; NOGUES-PAEGLE, J.; SILVA DIAS, P. L.; ZHANG, C. A unified view of the American Monsoon Systems. **Journal of Climate – Special Section**, v. 19, n. 20, p. 4977-5000, 2006.
- VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Editora da UFV. 2000. 448 p.
- ZHOU, J. Y.; LAU, K. M. Does a monsoon climate exist over South America? **Journal of Climate**, v. 11, n. 05, p. 1020-1040, 1998.