



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
INSTITUTO DE RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

**DETERMINAÇÃO DO INÍCIO E FIM DA ESTAÇÃO
CHUVOSA NO ESTADO DE MINAS GERAIS E
POSSÍVEIS IMPACTOS NO CULTIVO DO FEIJÃO**

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO

Luiz Fernando dos Santos

Itajubá, MG, Brasil

2013

**DETERMINAÇÃO DO INÍCIO E FIM DA ESTAÇÃO
CHUVOSA NO ESTADO DE MINAS GERAIS E POSSÍVEIS
IMPACTOS NO CULTIVO DO FEIJÃO**

por

Luiz Fernando dos Santos

Monografia apresentada à comissão examinadora Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas da Universidade Federal Itajubá (UNIFEI, MG), como requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Ciências Atmosféricas.

Orientadora: Sâmia Regina Garcia Calheiros

**Itajubá, MG, Brasil
2013**

**Universidade Federal de Itajubá
Instituto de Recursos Naturais
Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a
Monografia

**DETERMINAÇÃO DO INÍCIO E FIM DA ESTAÇÃO CHUVOSA NO ESTADO
DE MINAS GERAIS E POSSÍVEIS IMPACTOS NO CULTIVO DO FEIJÃO**

elaborada por

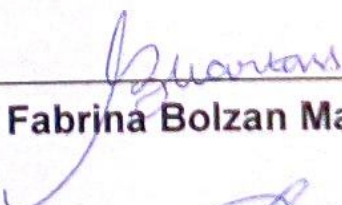
Luiz Fernando dos Santos

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
Bacharel em Ciências Atmosféricas

Comissão Examinadora:



Sâmia Regina Garcia Calheiros, Dr^a (UNIFEI)
(Orientadora)



Fabrina Bolzan Martins, Dr^a. (UNIFEI)



Roger Rodrigues Torres, Dr. (UNIFEI)

Itajubá, 13 de novembro de 2013.

A meus pais
JOÃO BATISTA DOS SANTOS e
BENEDITA MARIA DE OLIVEIRA SANTOS

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a meus pais João e Benedita pelo apoio e incentivo aos estudos, sempre acreditaram no meu potencial e me motivaram a continuar assim como meus irmãos João Kleber, José Augusto e Leonardo.

À Dra. Sâmia Regina Garcia Calheiros pela orientação, tanto da minha iniciação científica quanto do presente trabalho, atenção, motivação, paciência e conhecimento transmitidos ao longo dos anos de minha graduação.

Ao Grupo de Previsão Climática do CPTEC/INPE, em especial à Dra. Mári Ândrea Feldman Firpo pela orientação, atenção e conhecimento transmitido durante uma visita técnica que me auxiliou na escolha do tema e desenvolvimento do presente trabalho, além da disposição em sempre me ajudar quando necessário.

À banca examinadora, composta pela Dra. Fabrina Bolzan Martins e Dr. Roger Rodrigues Torres, pelas sugestões para a elaboração da versão final da monografia.

Aos amigos e colegas de CAT-2010, assim como todos do curso de Ciências Atmosféricas pelo companheirismo, motivação, apoio e momentos vividos durante todos esses anos da graduação.

Ao corpo docente do Curso de Ciências Atmosféricas por sempre acreditar em nosso potencial e por passar o máximo de conhecimento durante as atividades acadêmicas.

E aos demais que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para minha formação pessoal e acadêmica, meu muito obrigado.

“Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo para a vitória é o desejo de vencer”.
MAHATMA GANDHI

“Se enxerguei mais longe, foi porque estava sobre os ombros de gigantes”.
ISAAC NEWTON

RESUMO

Monografia de Graduação
Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Itajubá, MG, Brasil

DETERMINAÇÃO DO INÍCIO E FIM DA ESTAÇÃO CHUVOSA NO ESTADO DE MINAS GERAIS E POSSÍVEIS IMPACTOS NO CULTIVO DO FEIJÃO

AUTOR: LUIZ FERNANDO DOS SANTOS
ORIENTADORA: SÂMIA REGINA GARCIA CALHEIROS
Local e Data da Defesa: Itajubá, 13 de novembro de 2013.

A estação chuvosa (EC) em termos de duração, intensidade e variabilidade espaço-temporal são aspectos fundamentais do clima, já que o abastecimento de água depende da variabilidade das chuvas, assim como lavouras e atividades de agropecuária são dependentes da regularidade das mesmas, principalmente no estado de Minas Gerais (MG). Assim, as datas de início e fim da EC (IEC e FEC, respectivamente) podem ser identificadas de várias maneiras, sendo, mais comum, a utilização de valores acumulados de precipitação sobre períodos de 5, 7 ou 10 dias. Entretanto, esses métodos podem fornecer datas errôneas de IEC e FEC, já que tais valores limítrofes de precipitação podem ser características regionais, o que limitaria a aplicação do método em outras áreas. Sendo assim, diferentes metodologias vêm sendo desenvolvidas para contornar este problema, os quais não utilizam tais valores limítrofes, baseando-se em aspectos globais da circulação. Logo, o objetivo deste trabalho é determinar as datas de IEC e FEC, para todo o estado de MG utilizando, para posterior comparação, dois métodos distintos: o método de Liebmann et al. (2007), que utiliza dados diários de precipitação, assim como o de Garcia e Kayano (2009; 2013), o qual utiliza dados diários de Radiação de Onda Longa. Adicionalmente, pretende-se identificar se há uma relação da variabilidade das datas de IEC e FEC com o rendimento médio do feijão (RMF; em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) já que, juntamente com a temperatura, a precipitação é uma das principais variáveis meteorológicas para a agricultura. Ambos os métodos apresentaram boa concordância na determinação do IEC, porém apresentaram dificuldades em identificar o FEC para MG. Sobre o RMF nas macrorregiões (MMG), a MMG-1 e a MMG-2 apresentaram maior sensibilidade na variabilidade do IEC e FEC, assim como sua intensidade; já na MMG-3 e na MMG-4, tal impacto é menos pronunciado, sendo possivelmente estes influenciados por outros fatores.

Palavras-chave: Monção. Precipitação. Agricultura. Radiação de onda longa.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ESTADO DE MINAS GERAIS E SUAS MACRORREGIÕES	11
FIGURA 2 - REGIÃO DE MG E ÁREA ANTISSIMÉTRICA	15
FIGURA 3 – PÊNTADAS DE $[ROL_{ant}]$ SOBRE RMG (EM $W.M^2$) NO PERÍODO 1998-2012. LINHAS VERTICAIS INDICAM O IEC E FEC (ESQUERDA E DIREITA, RESPECTIVAMENTE) PARA CADA ESTAÇÃO	18
FIGURA 4 - CICLO DO ACUMULADO DAS ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO (EM MM), NO PERÍODO DE 1998-2012. LINHAS VERTICAIS INDICAM O IEC E FEC, EM PÊNTADAS	20
FIGURA 5 – A) $[ROL_{ant}]$ E (B) ACUMULADO DAS ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO DA ESTAÇÃO CHUVOSA 2000-2001	23
FIGURA 6 - A) PRECIPITAÇÃO ACUMULADA (EM MM) DE JULHO DE 2000 A JUNHO DE 2001; B) DETERMINAÇÃO DO IEC E FEC PELO MÉTODO DE LIEBMANN ET AL. (2007); SÉRIE DA PRECIPITAÇÃO DIÁRIA (EM MM), NO ANO 2000 (C) E 2001 (D).....	25
FIGURA 7 – IDEM A FIGURA 5, MAS PARA A ESTAÇÃO CHUVOSA 2004-2005	27
FIGURA 8 – IDEM A FIGURA 6, MAS PARA A ESTAÇÃO CHUVOSA 2004-2005.	28
FIGURA 9 – RMF NAS QUATRO MACRORREGIÕES DE MG (EM $KG.HA^{-1}$) DE 1998-2012. À DIREITA TÊM-SE AS SÉRIES COM TENDÊNCIA LINEAR E, À ESQUERDA, AS MESMAS SEM TENDÊNCIA.....	31
FIGURA 10 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA (EM MM) DE JULHO DE 2000 A JUNHO DE 2001 PARA A MMG-1 (ESQUERDA) E DETERMINAÇÃO DO IEC E FEC PELO MÉTODO DE LIEBMANN <i>ET AL.</i> (2007) (DIREITA).....	32
FIGURA 11 – IDEM A FIGURA 10, MAS PARA MMG-1 E EC 2006-2007.....	32
FIGURA 12 – IDEM A FIGURA 10, MAS PARA MMG-2 E EC 2000-2001.....	34

FIGURA 13 – IDEM A FIGURA 10, MAS PARA MMG-2 E EC 2001-2002.....	34
FIGURA 14 – IDEM A FIGURA 10, MAS PARA MMG-3 E EC 2004-2005.....	35
FIGURA 15 – IDEM A FIGURA 10, MAS PARA MMG-3 E EC 2011-2012.....	36
FIGURA 16 – IDEM A FIGURA 10, MAS PARA MMG-4 E EC 2003-2004.....	37
FIGURA 17 – IDEM A FIGURA 10, MAS PARA MMG-4 E EC 2000-2001.....	37

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – NÚMERO DE PÊNTADAS E AS DATAS DO ANO REFERENTES ÀS MESMAS.....	14
TABELA 2 – DATAS DE IEC E FEC, EM PÊNTADAS, A PARTIR DO MÉTODO DE GARCIA E KAYANO (2009; 2013) E MÉTODO DE LIEBMANN <i>ET AL.</i> (2007), PARA A RMG NO PERÍODO DE 1998-2012.....	21
TABELA 3 – DIFERENÇA ENTRE AS DATAS, EM PÊNTADAS, DE IEC E FEC DADA PELOS MÉTODOS DE GARCIA E KAYANO (2009; 2013) E LIEBMANN <i>ET AL.</i> (2007), RESPECTIVAMENTE	22
TABELA 4 - DATAS DE IEC, FEC E DURAÇÃO, EM PÊNTADAS, DAS MACRORREGIÕES DE MG NO PERÍODO DE 1998-2012.....	29

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ASAS: Alta Subtropical do Atlântico Sul

ATSM: Anomalia de Temperatura à Superfície do Mar

BAC: Bacia Amazônica Central

BB: Banco do Brasil

CEM: Centros Estaduais de Meteorologia

COB: Centro-Oeste do Brasil

CPTEC: Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

EC: Estação Chuvosa

ENOS: El Niño/Oscilação Sul

EOF: Funções Ortogonais Empíricas

FAO: Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura

FEC: Fim da Estação Chuvosa

GPC: Grupo de Previsão Climática

HN: Hemisfério Norte

HS: Hemisfério Sul

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEF: Início da Estação Chuvosa

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia

INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LISAM: Large-scale index for South America Monsoon

MG: Minas Gerais

MMG: Macrorregião de Minas Gerais

NEB: Nordeste Brasileiro

NOAA-CIRES: National Oceanic and Atmospheric Administration/Cooperative Institute for Research in Environment Science

ONI: Oceanic Niño Index

PAM: Produção Agrícola Municipal

RMF: Rendimento Médio do Feijão

RMG: Região de Minas Gerais

ROL: Radiação de Onda Longa

ROL_{ant}: campo antissimétrico de ROL

SIDRA: Sistema IBGE de Recuperação Automática

SMAS: Sistema de Monção da América do Sul

SYNOP: Surface Synoptic Observations

TRMM: Tropical Rainfall Measuring Mission

ZCAS: Zona de Convergência do Atlântico Sul

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	VII
LISTA DE TABELAS.....	IX
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.....	X
1. INTRODUÇÃO E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	9
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
3.1. COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE GARCIA E KAYANO (2009; 2013) E DE LIEBMANN ET AL. (2007).....	17
3.1.1. IEC e FEC dos anos 2000-2001	23
3.1.2. IEC e FEC dos anos 2004-2005	26
3.2. IEC E FEC NAS MACRORREGIÕES DE MG E O RMF	28
3.2.1. MMG-1	31
3.2.2. MMG-2.....	33
3.2.3. MMG-3.....	35
3.2.4. MMG-4.....	36
4. CONCLUSÕES	38
5. REFERÊNCIAS	40

1. INTRODUÇÃO E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O tempo e clima influenciam, direta ou indiretamente, a população em muitas de suas atividades socioeconômicas, tais como as agrícolas, pesqueiras, industriais, turismo, geração de energia, construção civil, entre outras. Os sucessos e fracassos nas atividades econômicas de uma região, estado ou país apresentam uma forte relação com a variação, temporal e espacial, dos elementos meteorológicos. Assim, estudar e monitorar a variabilidade climática para se entender as causas da variação do tempo e do clima é fundamental para prevenir e minimizar os prejuízos provocados por eventos adversos.

Dentre as principais variáveis meteorológicas, a de maior interesse para a sociedade é a precipitação, além de ser um dos elementos que mais influenciam a produtividade agrícola (BRUNINI et al., 1982 apud SANTANA et al., 2007). Por exemplo, o feijão é um dos mais importantes componentes da dieta alimentar do brasileiro, por ser reconhecidamente uma excelente fonte protéica, além de possuir bom conteúdo de carboidratos, vitaminas, minerais, fibras e compostos fenólicos com ação antioxidante que podem reduzir a incidência de doenças (EMBRAPA, 2005). O Brasil é o maior produtor mundial e cerca de 85% de toda produção está concentrada em 10 estados: Paraná, Minas Gerais, Bahia, São Paulo, Goiás, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Ceará, Pernambuco e Pará, atingindo anualmente cerca de 3 milhões de toneladas, distribuídas em três safras distintas: águas, seca e inverno. A atividade está, comumente, associada ao pequeno produtor, ao emprego de baixos níveis tecnológicos e a grandes oscilações na produção e na produtividade. Entretanto, desde a última década, essa situação vem se alterando. A crescente incorporação de áreas irrigadas ao processo produtivo tem permitido a expansão da safra de inverno (terceira safra). Essas alterações eliminaram as entressafras; com isso, os problemas de abastecimento diminuíram, pois houve maior estabilidade na quantidade ofertada e nos preços (GURGEL, 2007).

Segundo o boletim de Produção Agrícola Municipal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – PAM/IBGE (2013), a produção nacional de feijão obtida em 2012, considerando-se as três safras, totalizou 2.794.854 toneladas, registrando uma diminuição de 18,6% frente ao ano anterior (3.435.366 toneladas). A queda de produção do grão nesse ano deve-se, principalmente, à estiagem ocorrida na

Região Nordeste. A área colhida foi de 2.709.485 hectares contra os 3.673.162 hectares do ano anterior, representando uma diminuição de 26,2%. O feijão é cultivado em todo o território nacional. Os seis principais estados (Paraná, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, São Paulo e Santa Catarina) foram responsáveis por 80% do total produzido no País. O valor da produção aumentou 20,7% em relação a 2011, pois houve acréscimo de 48,4% no preço médio pago ao produtor, em função da menor oferta do grão produzido no País. O Estado de Minas Gerais permaneceu na segunda posição, produzindo 633.827 toneladas, mostrando aumento de 8,7%, comparativamente à obtida no ano anterior.

No que concerne ao aspecto meteorológico, os elementos que mais influenciam na produção do feijão são a radiação solar, a temperatura e a precipitação pluvial. Em relação ao fotoperíodo, a planta de feijão pode ser considerada fotoneutra. A temperatura do ar é responsável pelo vingamento de vagens assim como o efeito prejudicial sobre o florescimento e a frutificação do feijoeiro devido às altas temperaturas. Além disso, o feijão é mais suscetível à deficiência hídrica durante a floração e o estágio inicial de formação das vagens, sendo o período crítico 15 dias antes da floração. Ocorrendo déficit hídrico, haverá queda no rendimento devido à redução do número de vagens por planta e à diminuição do número de sementes por vagem (GURGEL, 2007; MAPA, 2011).

Devido à irregularidade na distribuição pluvial, o risco climático, que é caracterizado pela quantidade de água no solo disponível para as culturas, é acentuado em função da diminuição frequente na quantidade de água para as culturas. Muitas vezes, esta irregularidade pluvial é traduzida por períodos sem chuva que duram de 5 a 35 dias, podendo provocar redução na produção de grãos. Entretanto, acredita-se que o efeito negativo causado pela diminuição de água pode ser minimizado conhecendo-se as características pluviais de cada região e o comportamento das culturas em suas distintas fases fenológicas, ou seja, semeando nos períodos em que a probabilidade de diminuição da precipitação pluvial é menor durante, principalmente, a fase de florescimento-enchimento de grãos.

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2006), o plantio do feijão é realizado ao longo do ano em três safras distintas. A primeira safra ou "das águas", que é plantada entre os meses de agosto e dezembro, está concentrada nas regiões Sul, Sudeste e Sul da Bahia. A segunda safra ou "da seca" que é plantada entre janeiro e julho, abrange todos os estados brasileiros, com

concentração na região Nordeste, que em anos normais contribui com mais de 50% da produção dessa safra. Destaca-se, que nessa região está concentrada a produção de feijão-de-corda, caracterizado pelo consumo regional. A terceira safra ou "de inverno" divide-se em safra de sequeiro e irrigada, que é plantada de maio a julho ou agosto, dependendo da região e está concentrada nos Estados de Minas Gerais, São Paulo, Goiás e Bahia. As duas primeiras safras somadas representam 90% da produção nacional, influenciando diretamente no comportamento dos preços do feijão, pois seu desempenho depende das condições climáticas.

A necessidade de água para a máxima produção pode variar dependendo do clima, do solo, da época de semeadura, do ciclo cultural, da cultivar além de outros fatores. Entretanto, de maneira geral, a cultura do feijão é melhor sucedida quando as precipitações, durante seu ciclo de desenvolvimento, situam-se entre 300 e 400 mm (GURGEL, 2007; MAPA, 2011).

Nesse contexto, tem-se que os sistemas precipitantes em Minas Gerais estão relacionados a mecanismos de grande escala, espacial ou temporal, como as zonas frontais e a Zona de Convergência do Atlântico Sul, aos fenômenos de mesoescala como os complexos convectivos, bem como aos mecanismos de microescala, tais como as circulações orográficas e pequenas células convectivas (MINUZZI, 2003), os quais podem sofrer influência de eventos representativos distantes, por meio de teleconexões.

Um exemplo de teleconexão é o El Niño/Oscilação Sul (ENOS), pois estudos globais indicam que o Brasil sofre influência de tal fenômeno na precipitação do Nordeste brasileiro e do extremo Sul do país (ROPELEWSKI e HALPERT, 1989; KILADIZ e DIAS, 1989 apud GRIMM e FERRAZ, 1998). Entretanto, a resposta aos fenômenos El Niño e La Niña não são tão lineares no Sudeste do Brasil. Existe, ainda, pouca consistência das anomalias no Sudeste devido, justamente, ao caráter de transição da região, já que, as anomalias podem se deslocar para norte ou para sul de um evento para outro, podendo, assim, alterar o sinal, em relação a eventos anteriores. Assim, conclui-se que, como o Sudeste é uma região de transição entre efeitos opostos de evento ENOS e possui uma topografia bastante acidentada, havendo grande variabilidade espacial dos efeitos El Niño/La Niña (GRIMM e FERRAZ, 1998).

Logo, um maior conhecimento das características da Estação Chuvosa (EC) como início, fim, intensidade, duração e variabilidade espaço-temporal possibilita um

maior conhecimento dos efeitos dessa característica e, no contexto da produção agrícola, um planejamento mais racional, permitindo a definição das melhores épocas de plantio, preparo do solo, tratos culturais, aplicação de defensivos agrícolas e fertilizantes e colheita (SANTANA et al., 2007). Sendo assim, a detecção das datas de início e fim da EC (IEC e FEC, respectivamente) é extremamente importante nesse contexto.

Tais datas podem ser identificadas de várias maneiras, sendo, mais comum, a utilização de valores acumulados de precipitação sobre períodos de 5, 7 ou 10 dias. Entretanto, esses métodos podem fornecer datas imprecisas e/ou errôneas de IEC e FEC, já que tais valores limítrofes de precipitação podem ser características regionais e, geralmente, os métodos são aplicados para áreas maiores.

Kousky (1988), a fim de estudar 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 o continente e regiões oceânicas adjacentes, sendo o maior componente dos regimes de precipitação de verão do continente, caracterizando um inverno seco e verão chuvoso (RAO et al., 1996; ZHOU e LAU, 1998; GAN et al., 2004; MECHOSO et al., 2005; GARCIA e KAYANO, 2009; MARENGO et al., 2012; GARCIA e KAYANO, 2013), e sua relação com a EC, determinou a climatologia em pântadas (médias de 5 dias) do IEC e FEC utilizando dados de Radiação de Onda Longa emergente (ROL) para o 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 pântada, desde que 10 das 12 pântadas anteriores (subsequentes) apresentassem ROL acima (abaixo) de 240 W.m^{-2} . Já em relação ao FEC, o mesmo se daria quando o valor de ROL estivesse superior a 240 W.m^{-2} em uma pântada e, desde que 10 das 12 pântadas anteriores (subsequentes) possuísem valores de ROL inferiores (superiores) de 240 W.m^{-2} . Determinou-se assim que, geralmente, o início desenvolve-se de noroeste a sudeste na América do Sul e, o fim, ocorre na direção noroeste. Sugahara (1991) usou um índice combinado de ROL e precipitação, também em pântadas, para o estado de São Paulo. Nesse método, o IEC é determinado na primeira ocorrência de precipitação de 10 mm com, pelo menos, três pântadas subsequentes com precipitação não inferiores a 15 mm; e o FEC quando três pântadas 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 pântadas, Sansigolo (1989) analisou a variabilidade interanual da EC em Piracicaba/SP para o período de 1917-1986. O início das chuvas 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 fim das chuvas é determinado pela primeira ocorrência de uma longa sequência de 10 ou mais dias secos, após a data de referência (30 de janeiro). Com as distribuições de probabilidade acumulada, ele encontrou datas medianas para IEC e FEC: 24 de setembro para início potencial da EC, 13 de outubro para início efetivo, 5 de março para o fim e duração mediana de 135 dias da EC. Porém, devido ao uso de valores limítrofes de precipitação, este pode apresentar uma limitação da aplicação do mesmo para áreas maiores ou com características (distribuição, intensidade e duração) de precipitação diferentes das analisadas pelo autor. Stern et al. (1981) e Santana et al. (2007) também utilizaram tal método, porém adaptado para as condições locais da região de estudo.

Marengo et al. (2001) analisaram o IEC e o FEC na Bacia Amazônica brasileira para o período de 1979 a 1996 utilizando um critério semelhante ao de Kousky (1988), porém usaram valores limítrofes de precipitação. Assim o IEC (FEC) é definido como a pântada que apresenta valores de precipitação média diária superior (inferior) a 4 mm.dia^{-1} , desde que 6 das 8 pântadas anteriores (subsequentes) sejam inferiores a $3,5 \text{ mm.dia}^{-1}$; e 6 das 8 pântadas subsequentes (anteriores) tenham valores de precipitação maiores (menores) que $4,5 \text{ mm.dia}^{-1}$. Os critérios de pântadas anteriores e subsequentes são incluídos porque a precipitação é uma quantidade bastante ruidosa (ou seja, muito oscilatória) e deseja-se capturar a transição mais explicitamente. Eles observaram também que o início avança na direção sudeste e, o fim, na direção norte, sendo este mais lento que o primeiro.

Liebmann e Marengo (2001) determinaram o IEC e o FEC baseados na evolução do acumulado local de precipitação na região do SMAS. A vantagem deste método é que é simples e depende apenas da precipitação. Bombardi e Carvalho (2008) utilizaram o mesmo método adaptado, agrupando os dados diários de precipitação em pântadas. Nota-se que o IEC progride de sul para norte, coerentemente com Marengo et al. (2001), que também encontraram esse sentido de IEC quando o valor limítrofe do critério utilizado por eles é duplicado, ou seja 7,8

e 9 mm.dia^{-1} . Embora exista concordância na maioria dos trabalhos sobre o sentido noroeste-sudeste do ciclo do SMAS, tanto no estágio de início quanto de fim (KOUSKY, 1988; HOREL et al., 1989; RAO et al., 1996; MARENGO et al., 2001; NOGUÉS-PAEGLE et al., 2002; GAN et al., 2004; VERA et al., 2006; GARCIA e KAYANO, 2009;2013). Janowiak e Xie (2003) mostraram uma diferença de 90° na direção da propagação da precipitação durante o início do SMAS. Eles identificaram que a precipitação sobre grande parte do sudoeste do Brasil e norte da Bolívia se propaga bidirecionalmente para nordeste e sudoeste durante o início do SMAS.

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). Os autores concluíram que o método baseado em ROL desenvolvido por Kousky (1988) foi melhor para representar o IEC em escalas continentais quando comparado aos outros dois baseados em precipitação, já que esses são definidos por um valor limítrofe, o que os torna dependentes de aspectos regionais.

Veiga et al. (2002) encontraram uma grande variabilidade nas datas de início (pêntadas referentes a setembro, outubro e novembro) e fim (referentes a fevereiro e março) e, ainda, na duração das chuvas de monção em parte das regiões sudeste e centro-oeste do Brasil para o período de 1974 a 1998. Eles observaram também uma associação nas datas de IEC aos eventos El Niño (chuvas de monção atrasadas) e La Niña (chuvas de monção antecipadas), além de anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (ATSM) negativas a oeste do Atlântico tropical sul resultando em chuvas do SMAS mais intensas. Essa relação é justificada pelo fato de que tais ATSM negativas intensificam a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), o que aumenta o gradiente de temperatura entre continente-oceano e, conseqüentemente, aumenta o transporte de umidade para a região de monção.

A partir de um índice combinado de precipitação e vento, Gan et al. (2004) identificaram as pêntadas de IEC e FEC para a região Centro-Oeste do Brasil (COB) no período de 1979 a 2000. Caracteriza-se o início (término) da estação chuvosa quando há a ocorrência de vento zonal de oeste (leste) em 850 hPa sobre a longitude de 60°W e na faixa de 10°S a 20°S , ao mesmo tempo em que a taxa de precipitação na pêntada deve ser superior (inferior) a 4 mm.dia^{-1} por, pelo menos, 75% das pêntadas subsequentes. Eles encontraram uma maior variabilidade nas datas de IEC quando comparadas às de FEC, justificada pela possível dependência

de sistemas transientes para iniciar a convecção profunda. Eles confirmaram os resultados obtidos pelos autores citados anteriormente (KOUSKY, 1988; HOREL *et al.*, 1989; MARENGO *et al.*, 2001) no que diz respeito à direção noroeste-sudeste de propagação da convecção associada ao SMAS. Também com dados de vento, Gan *et al.* (2006) determinaram quatro índices monçônicos para identificar as datas de IEC e FEC, sendo um deles o mesmo utilizado por Gan *et al.* (2004). Eles concluíram que tal índice representa melhor as datas de IEC e FEC.

Alves *et al.* (2005) analisaram o IEC na região Sudeste do Brasil a partir de estudos observacionais e basearam-se na avaliação conjunta dos campos de precipitação, circulação em baixos níveis e convecção, guiados por diferentes critérios e limiares de precipitação, proposto por Virmani (1975) e Sugahara (1991), e ROL, utilizado por Kousky (1988), para o período de 1979 a 1997. A correlação entre ROL e precipitação foi considerada forte (- 0,97). Assim, concluíram que, em média, o IEC ocorre na pântada 57 (08 a 12 de outubro), com desvio padrão de duas pântadas; há uma diferença de 15 a 20 pântadas entre Sul e Norte e as datas coincidem com a maior frequência de frentes frias (setembro) e fase ativa da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), em dezembro. Eles ainda variaram o valor limítrofe de ROL de 240 W.m^{-2} , estabelecido no método, para 230 W.m^{-2} e 220 W.m^{-2} e notaram um atraso das datas de IEC, já que se aumenta o rigor no critério de determinação. Logo, nota-se que a variabilidade temporal da pântada média é dependente dos limiares escolhidos.

Silva e Carvalho (2007) utilizaram dados de precipitação, umidade específica, vento zonal e meridional e temperatura do ar em 850 hPa e aplicaram a técnica de Funções Ortogonais Empíricas (EOF, em inglês) combinada nas anomalias dessas variáveis para a obtenção de um índice de grande escala para o SMAS (LISAM, em inglês) como sendo a série temporal referente ao primeiro modo da EOF. Notaram que esse índice, além de descrever variações interanuais e intrasazonais do SMAS, identifica as datas de IEC e FEC na região limitada por 0° , 40°S , 65°W e 20°W . Elas definiram o IEC (FEC) quando a média móvel de 3 pântadas do LISAM torna-se positiva (negativa). Seus resultados apresentaram pequenas diferenças quando comparados aos de Gan *et al.* (2004), explicadas possivelmente pelo fato do LISAM ser um índice de grande escala e não estar restrito ao COB, região de estudo de Gan *et al.* (2004).

Assim, pode ser observado que o IEC e o FEC na região monçônica da América do Sul têm sido amplamente estudados através de diferentes dados e metodologias: ROL, precipitação, vento, entre outros. Cabe ressaltar que a determinação das datas de IEC e FEC nas regiões monçônicas da América do Sul utilizando somente dados de ROL pode inserir erros nas análises, quando comparado à precipitação (FRANCHITO et al., 2008). Avaliando o IEC e FEC na região sudeste do Brasil para o verão de 2001, ano em que se observou grande déficit de precipitação, Franchito et al. (2008) encontraram as datas de IEC e FEC com pântadas de ROL e precipitação. Eles observaram que quando os dados de ROL são utilizados através do método de Kousky (1988), as datas de IEC (FEC) são erroneamente antecipadas (atrasadas), já que baixos valores de ROL, menores que 240 W.m^{-2} , são indicativos de nuvens profundas que apresentam maior probabilidade de ocorrência de precipitação. Todavia, algumas nuvens do tipo cirrus (nuvens altas), não precipitantes, por serem muito altas e frias, também apresentam baixo valor de ROL e, portanto, podem levar a uma superestimativa da 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 a densidade espacial e temporal das estações (BARBIERI, 2007; GARCIA, 2010). Logo, aconselha-se o uso combinado desses métodos e dados.

Fundamentadas nessa limitação do campo de ROL em determinar as datas de IEC e FEC, Garcia e Kayano (2009; 2013) empregaram uma nova metodologia de IEC que utiliza o campo antissimétrico de ROL (ROL_{ant}) proposto por Murakami e Nakazawa (1985), para o período de 1979 a 2007 nas regiões da Bacia Amazônica Central (BAC) e Centro-Oeste do Brasil (COB), anteriormente também utilizadas 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, ou seja, indica aspectos da transição monçônica entre os hemisférios (MURAKAMI e NAKAZAWA, 1985; VERA et al., 2006). Assim, valores negativos (positivos) de ROL_{ant} numa área ao sul do equador indicam presença (ausência) de convecção nesta área. Além disso, elas utilizaram também dados de precipitação do projeto TRMM – Tropical Rainfall Measuring Mission, para validação do método e notaram que o mesmo é bastante eficaz em determinar as datas de IEC em ambas as regiões.

Com base nessas informações, o presente trabalho busca identificar o IEC e FEC utilizando dois métodos distintos e fazer a comparação entre os mesmos: Liebmann et al. (2007), adaptado de Liebmann e Marengo (2001), que utiliza dados diários de precipitação e Garcia e Kayano (2009; 2013) com dados diários de ROL no período de 1998-2012 para o estado de Minas Gerais (MG). Em virtude de sua localização, há a necessidade de ajuste do segundo método, assim como acontece na região COB (GARCIA e KAYANO, 2013). Adicionalmente, pretende-se identificar se há uma relação da variabilidade das datas de IEC e FEC com o rendimento médio ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) do feijão em MG, já que este se destaca no país por sua diversidade climática e por sua relevante contribuição na balança comercial através das atividades agrícolas (SANTOS et al., 2012), e mostrar que, além da intensidade e quantidade de chuva, o IEC e FEC, tanto precoce quanto tardio, podem interferir no rendimento médio desta cultura.

1.1 Objetivos

Frente ao exposto acima, o presente trabalho possui o objetivo de ajustar o método de detecção das datas de IEC e FEC encontrado por Garcia e Kayano (2009; 2013) para o estado de MG e comparar com o método de Liebmann et al. (2007). Além disso, pretende-se comparar as datas de IEC e FEC encontradas com valores do rendimento médio do feijão (RMF) para o estado. Como objetivos específicos, tem-se:

- a) Ajustar o método de IEC e FEC de Garcia e Kayano (2009; 2013) para o estado de MG e encontrar as datas de IEC e FEC;
- b) Encontrar as datas de IEC e FEC utilizando o método de Liebmann et al. (2007) e comparar com as datas encontradas pelo item a);
- c) Fazer um estudo de caso com os valores de precipitação em 2 estações chuvosas discordantes entre os métodos;
- d) Comparar as datas de IEC e FEC encontradas pelo método de Liebmann et al. (2007) com a série de RMF para o estado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de precipitação diária (mm.dia^{-1}) foram 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) e Centros Estaduais de Meteorologia - CEM, interpolados pelo método Kriging (KRIGE, 1951; MATHERON, 1973) pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE), para todo o estado de Minas Gerais. Assim, esses dados apresentam uma resolução de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ de latitude e longitude.

Valores diários de ROL (W.m^{-2}), medidos por satélite de órbita polar, foram obtidos da “National Oceanic and Atmospheric Administration/Cooperative Institute for Research in Environment Science” (NOAA-CIRES) Climate Diagnostics Center (CDC), Boulder, Colorado, EUA, também para a Região de Minas Gerais (RMG), em uma área limitada por $15^\circ\text{S} - 22,5^\circ\text{S}$ e $40^\circ\text{W} - 50^\circ\text{W}$, além da região antissimétrica referente ($15^\circ\text{N} - 22,5^\circ\text{N}$ e $97,5^\circ\text{W} - 107,5^\circ\text{W}$) para a determinação das datas do IEC e FEC a partir do método de Garcia e Kayano (2009, 2013). A escolha dessa área antissimétrica será justificada adiante. Esses dados representam a média diária das passagens do satélite durante o dia e durante a noite. Tais médias minimizam os efeitos do ciclo diurno (SCHMETZ e LIU, 1988) e reduzem as diferenças entre satélites devido aos vários tempos de passagem no equador (KOUSKY, 1988). As falhas destes dados são preenchidas através de um processo de interpolação espacial e temporal feita por Liebmann e Smith (1996). Os mesmos estão disponíveis no site do CDC: <http://www.cdc.noaa.gov/> em uma grade de $2,5^\circ$ de latitude por longitude. O período utilizado para ambos os dados foi de janeiro de 1998 a dezembro de 2012, em função da disponibilidade do primeiro.

Já os dados de RMF, em kg.ha^{-1} , foram obtidos a partir do SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática disponíveis no site <http://www.sidra.ibge.gov.br/>, para todo o estado de Minas Gerais no período de 1998 à 2011. Como a produção de feijão em Minas Gerais divide-se em 3 safras e essas podem exceder o ano civil, o IBGE utiliza procedimentos complementares na contabilização do total anual. Em geral, no caso de produto agrícola, cujo período de colheita normalmente ultrapassa

o ano civil, para efeito de estimativa da produção, considera-se o total, no ano civil em que for registrada a maior parte da quantidade produzida (IBGE, 2013).

O Estado de Minas Gerais, devido à sua grande extensão e para a diminuição do tempo computacional, foi dividido em quatro macrorregiões como mostra a FIGURA 1: a) MMG – 1: Noroeste, Norte, Jequitinhonha, Vale do Mucuri (18,25°S-14,25°S e 47,5°W-40°W); b) MMG – 2: Metropolitana e Vale do Rio Doce (20,25°S-18,25°S e 45°W-41°W); c) MMG – 3: Oeste, Sul, Zona da Mata, Campo das Vertentes (22,75°S-20,25°S e 47,25°W-42°W); d) MMG – 4: Triângulo Mineiro e Central (20,25°S-18,25°S e 51°W-45°W).

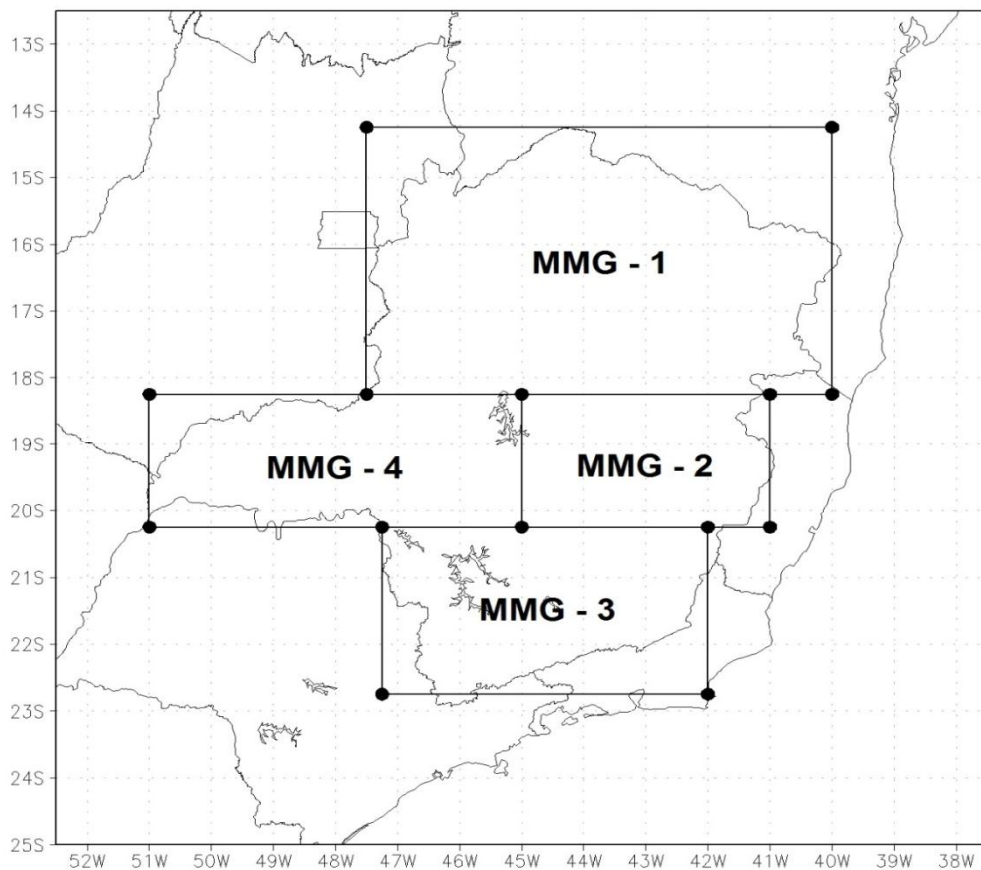


FIGURA 1 - Estado de Minas Gerais e suas macrorregiões.

Para quantificar a média do RMF por macrorregião, o RMF das mesorregiões referentes a cada macrorregião foram integradas e distribuídas uniformemente por meio da média aritmética, como mostra o exemplo da MMG-1 (1):

$$\text{MMG-1} = \frac{\text{RMF(Noroeste)} + \text{RMF(Norte)} + \text{RMF(Jequitinhonha)} + \text{RMF(Vale do Mucuri)}}{4} \quad (1)$$

Como a série de RMF apresentou tendência linear no período de estudo, esta poderia influenciar na comparação dos dados de precipitação, já que a mesma pode não ser reflexo do clima, mas de outros fatores, como maiores incentivos, por exemplo. Assim, a tendência foi removida utilizando-se o Método dos Mínimos Quadrados, no qual se tem n valores q_0, \dots, q_n , cuja ordem numérica de 1 a n está representada por p_0, \dots, p_n . Assim, o i -ésimo valor sem tendência linear é obtido pela equação 2:

$$(q_i)_s = q_i - (Ax_i + B) \quad (2)$$

em que $(q_i)_s$ é o i -ésimo valor sem tendência linear; q_i é o i -ésimo valor com tendência linear; n é o número total de pontos e

$$A = \frac{n \sum pq - \sum q \sum p}{n \sum p^2 - (\sum p)^2} \quad (3)$$

$$B = \frac{\sum q - A \sum p}{n} \quad (4)$$

A metodologia adotada por Liebmann et al. (2007) foi utilizada para determinar o IEC e FEC sobre a área de estudo, tanto da Região de Minas Gerais (RMG; 22,5°S-15°S e 50°W-40°W) assim como de suas macrorregiões, com base nos dados de precipitação diária (em mm) do CPTEC/INPE. Partindo de um valor médio diário de precipitação, calculou-se a quantidade de “anomalia de precipitação acumulada” de acordo com a equação 5:

$$A(\text{dia}) = \sum_{n=1}^{\text{dia}} [R(n) - \bar{R}], \quad (5)$$

em que $R(n)$ é a precipitação diária e “ \bar{R} ” é a média anual de precipitação diária.

O cálculo foi iniciado no dia 1 de julho, mês no qual está centrada a estação seca da região (inverno), mas poderia ser iniciado em qualquer outra data. O IEC

(FEC) é determinado pelo ponto mínimo (máximo), ou seja, as inflexões da onda gerada pelo acúmulo das anomalias dados em (5).

Para a geração e análise do ciclo anual das anomalias de precipitação foi utilizada uma metodologia aplicada em um novo produto do Grupo de Previsão Climática (GPC) do CPTEC, “Monitoramento da Estação Chuvosa”, disponível em http://clima1.cptec.inpe.br/~rclima1/estacao_chuvosa.shtml. O autor deste trabalho teve contato com tal metodologia durante a realização de uma visita técnica ao setor. O método utiliza a comparação entre a chuva acumulada em determinado ano com a chuva acumulada na média climatológica do período. A fim de comparação com o método que será explicitado a seguir, tais dados de precipitação diária foram identificados pela pântada referente. A Tabela 1 mostra as pântadas e as datas do ano referentes às mesmas.

O método para a identificação do IEC e FEC empregado por Garcia e Kayano (2009; 2013) utiliza dados diários de ROL, agrupados em pântadas. O cálculo de ROL_{ant} é feito seguindo a metodologia proposta por Murakami e Nakazawa (1985), sendo determinado em relação ao equador geofísico ($y = 0$) da seguinte maneira:

$$ROL_{ant}(x, y) = \frac{ROL(x, y) - ROL(x, -y)}{2} \quad (6)$$

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} numa área ao sul do equador indicam presença (ausência) de convecção nesta área. Logo, o campo de ROL_{ant} pode ser uma variável mais apropriada para se determinar também o IEC e FEC relacionado ao SMAS, já que essa componente está relacionada apenas à sazonalidade monçônica. Assim, o cálculo foi feito para a RMG (22,5°S-15°S e 50°W-40°W).

Tabela 1 – Número de pântadas e as datas do ano referentes às mesmas.

PÊNTADA	DATAS	PÊNTADA	DATAS	PÊNTADA	DATAS
1	1-5janeiro	26	6-10	51	8-12
2	6-10	27	11-15	52	13-17
3	11-15	28	16-20	53	18-22
4	16-20	29	21-25	54	23-27
5	21-25	30	26-30	55	28set-2out
6	26-30	31	31mai-4jun	56	3-7
7	31jan-4fev	32	5-9	57	8-12
8	5-9	33	10-14	58	13-17
9	10-14	34	15-19	59	18-22
10	15-19	35	20-24	60	23-27
11	20-24	36	25-29	61	28out-1nov
12	25fev-1mar	37	30jun-4jul	62	2-6
13	2-6	38	5-9	63	7-11
14	7-11	39	10-14	64	12-16
15	12-16	40	15-19	65	17-21
16	17-21	41	20-24	66	22-26
17	22-26	42	25-29	67	27nov-1dez
18	27-31	43	30jul-3ago	68	2-6
19	1-5abr	44	4-8	69	7-11
20	6-10	45	9-13	70	12-16
21	11-15	46	14-18	71	17-21
22	16-20	47	19-23	72	22-26
23	21-25	48	24-28	73	27-31
24	26-30	49	29ago-2set		
25	1-5maio	50	3-7		

É importante ressaltar que a região antissimétrica de Minas Gerais encontra-se no oceano Atlântico, ou seja, fora da área de monção da América do Sul e da América do Norte. Assim, esse cálculo é ajustado em virtude da disposição espacial do continente americano, o qual possui uma orientação noroeste-sudeste e, como visto em Matsumoto e Murakami (2002) apud Garcia e Kayano (2013), a trajetória anual da atividade convectiva também segue essa orientação. Como o início do

sistema de monção da América do Norte localiza-se em 98°W e se propaga para noroeste (VERA et al., 2006), a região antissimétrica designada para o estado de Minas Gerais é limitada por $22,5^{\circ}\text{N}$ - 15°N e $107,5^{\circ}\text{W}$ - $97,5^{\circ}\text{W}$ (FIGURA 2).

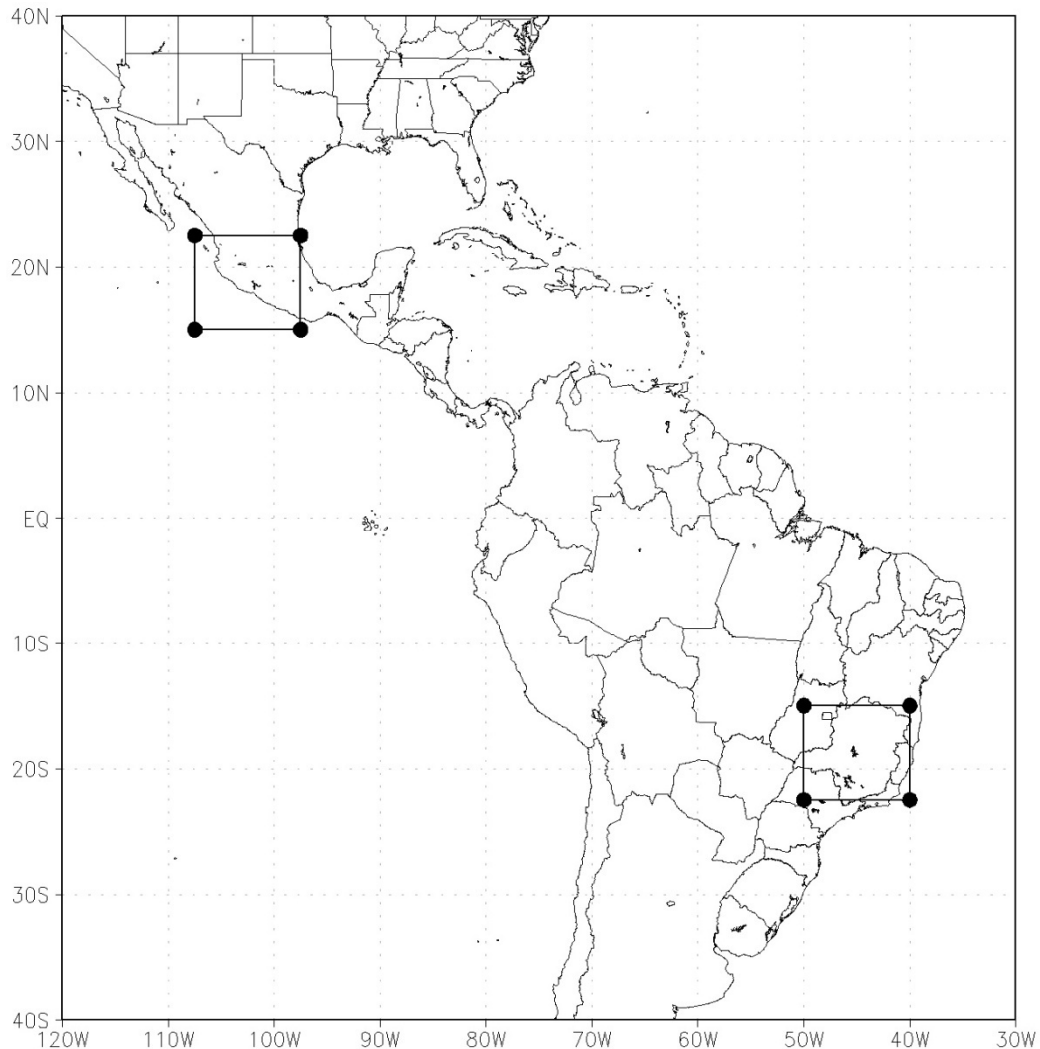


FIGURA 2 - Região de MG e área antissimétrica.

O valor do ROL_{ant} é obtido em cada ponto de grade para a RMG. Em seguida, médias espaciais do campo de ROL_{ant} ($[ROL_{ant}]$) são obtidas para os períodos de estudo sobre a RMG e as séries desses valores médios são plotadas e analisadas detalhadamente para cada EC. As séries são utilizadas para indicação das datas de IEC e FEC, através da alternância de sinais do $[ROL_{ant}]$, com auxílio da média móvel. Foi utilizado uma média móvel de 3 pêntadas para suavizar a oscilação que acontece, principalmente, nos períodos de transição. Logo, a mudança da série com

média móvel aplicada de positivo para negativo (negativo para positivo) indica a pântada de IEC (FEC). Tal escolha facilita a identificação das datas de IEC e FEC, já que mostra mais claramente essa variação de sinal do campo de $[ROL_{ant}]$, tornando o método menos subjetivo. Cabe ressaltar que Silva e Carvalho (2007) também utilizaram média móvel de 3 pântadas no índice LISAM encontrado por elas.

Após a identificação das características da EC de Minas Gerais por ambos os métodos, foi feita a comparação entre os mesmos. A comparação consistiu em analisar o IEC, FEC e duração da EC assim como seu caráter oscilatório dentro de cada temporada, buscando encontrar concordância e discrepâncias entre ambos. Os anos antagônicos, ou seja, o que apresentaram maior e menor concordância em todos os quesitos ou, pelo menos, na maioria deles foram escolhidos para uma análise mais detalhada.

Posteriormente, através do método de Liebmann et al. (2007) e o novo produto do CPTEC, as datas de IEC e FEC e sua duração foram comparadas, também, com o RMF nas quatro macrorregiões de MG (MMG-1, MMG-2, MMG-3 e MMG-4) para avaliar se o rendimento dessa cultura é influenciado pela variabilidade, espacial e temporal, da EC em Minas Gerais. A escolha do método de Liebmann et al. (2007) se dá pelo pressuposto que este demonstra melhor as características regionais da EC, uma vez que utiliza dados de precipitação diária, elemento mais sensível, se comparado aos dados de ROL, às características particulares de cada região como, por exemplo, topografia. Além disso, tem-se que sua distribuição espacial é influenciada, além de sistemas de grande escala, por eventos regionais e/ou locais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Comparação entre os métodos de Garcia e Kayano (2009; 2013) e de Liebmann et al. (2007)

A partir dos métodos de Garcia e Kayano (2009; 2013) e Liebmann et al. (2007), foi possível determinar o IEC e FEC da RMG. Neste item, o objetivo é comparar os métodos de IEC e FEC pelo método de Garcia e Kayano (2009; 2013), que utiliza dados de ROL antissimétrico, analisa a atividade convectiva monçônica sobre a RMG e pelo método de Liebmann et al. (2007) que auxilia na validação da anterior, já que este utiliza dados medidos de precipitação ao invés de estimativas de precipitação do satélite TRMM utilizado em trabalhos anteriores.

A FIGURA 3 mostra o campo de $[ROL_{ant}]$ para as estações chuvosas de 1998-1999 a 2011-2012, com a indicação das datas de IEC e o FEC para a RMG. A transição da Estação Seca (ES) para a Estação Chuvosa (EC) na região pode ser observada através da mudança do sinal positivo (atividade convectiva reduzida) para negativo (atividade convectiva intensificada) de $[ROL_{ant}]$ e vice-versa na transição da EC para a ES. Nota-se que, na maioria dos anos, o ciclo anual é bem definido com valores negativos durante a EC e positivos na ES, porém alguns anos apresentam uma pequena oscilação intrasazonal. Os anos com maiores oscilações são: 2004-2005, 2006-2007, 2009-2010 e 2011-2012. Esta oscilação pode, entre outros fatores, estar relacionado com a dependência da área antissimétrica da RMG localizada no HN, uma vez que o método utiliza a comparação de valores de ROL em ambas as regiões. Assim fenômenos de grande escala, podem atuar nestas regiões, simultânea ou separadamente, e influenciar o campo de $[ROL_{ant}]$.

O IEC é observado no período entre as pântadas 54 e 62, sendo a 57 a pântada média; e o FEC, entre 21 e 33 (28 como pântada média), porém com variação interanual. Assim, essas datas correspondem ao início e fim, respectivamente, da atividade convectiva sobre a RMG.

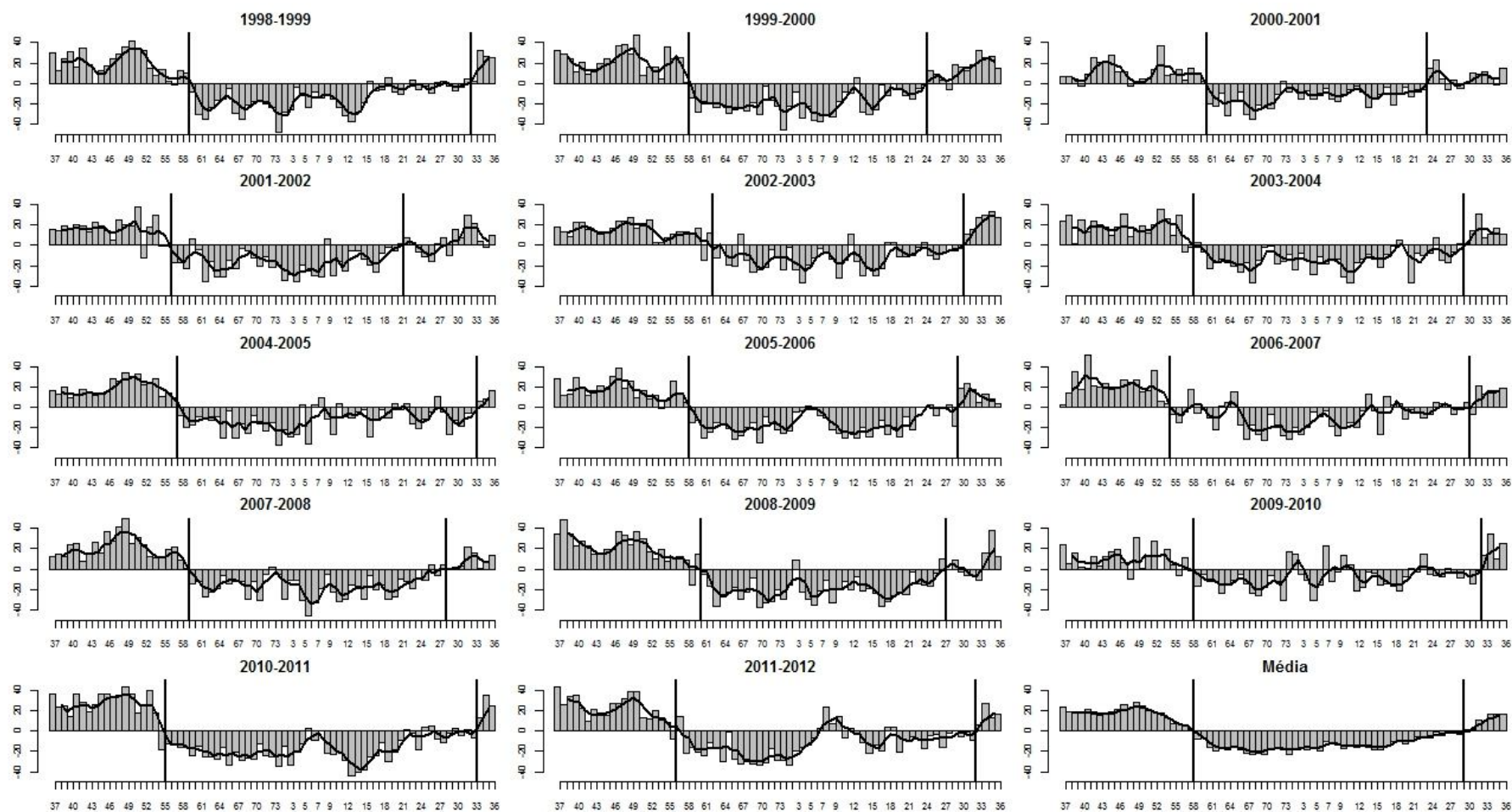


FIGURA 3 – Pêntadas de $[ROL_{ant}]$ sobre RMG (em $W.m^{-2}$) no período 1998-2012. Linhas verticais indicam o IEC e FEC, respectivamente, para cada estação.

Pelo método de Liebmann et al. (2007), a partir da equação (5), é possível ver a oscilação de um máximo e mínimo (inflexões) de precipitação durante o ciclo anual, ou seja, a RMG apresenta estações seca e chuvosa bem definidas, característica de uma região que sofre influência do regime de monção (Figura 4). Esses valores oscilam entre valores positivos e negativos por serem anomalias de precipitação acumulada. A série de anomalias de precipitação acumulada foi suavizada a partir da média móvel de 21 dias, para uma melhor exibição do ciclo anual. Como o método de Garcia e Kayano (2009; 2013) utiliza $[ROL_{ant}]$ em pântadas e de Liebmann et al. (2007) utiliza precipitação diária, as datas de IEC e FEC do último foi identificado pela pântada referente para comparação entre ambos os métodos (Tabela 2).

Assim, as datas de IEC foram notadas entre as pântadas 54 e 63, sendo a 58 a pântada média e FEC, entre 8 e 22 (17, pântada média), porém com variações interanuais assim como o método anterior. Cabe ressaltar que, comparando as pântadas de ambos os métodos (GARCIA e KAYANO, 2009; 2013 e LIEBMANN *et al.*, 2007), a maior concordância está nas datas de IEC (57 e 58, respectivamente), sendo o FEC (28 e 17, respectivamente) bastante discrepante.

Pode-se notar também na FIGURA 4 que nem todos os anos possuem somente duas inflexões na série (IEC e FEC, respectivamente), isso ocorre em anos anômalos que apresentaram chuvas acima da climatologia durante a ES e estiagens durante a EC (figuras não mostradas), o que dificulta a identificação das datas de IEC e FEC. Tal aspecto é notado nas estações de 2000-2001, 2002-2003, 2005-2006, 2008-2009 e 2010-2011. Além disso, apesar do 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 escolhido para o cálculo da climatologia assim como o 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 (GUIMARÃES et al., 2005; ASSUNÇÃO et al., 2006; MELLO et al., 2007; MELLO e VIOLA, 2013).

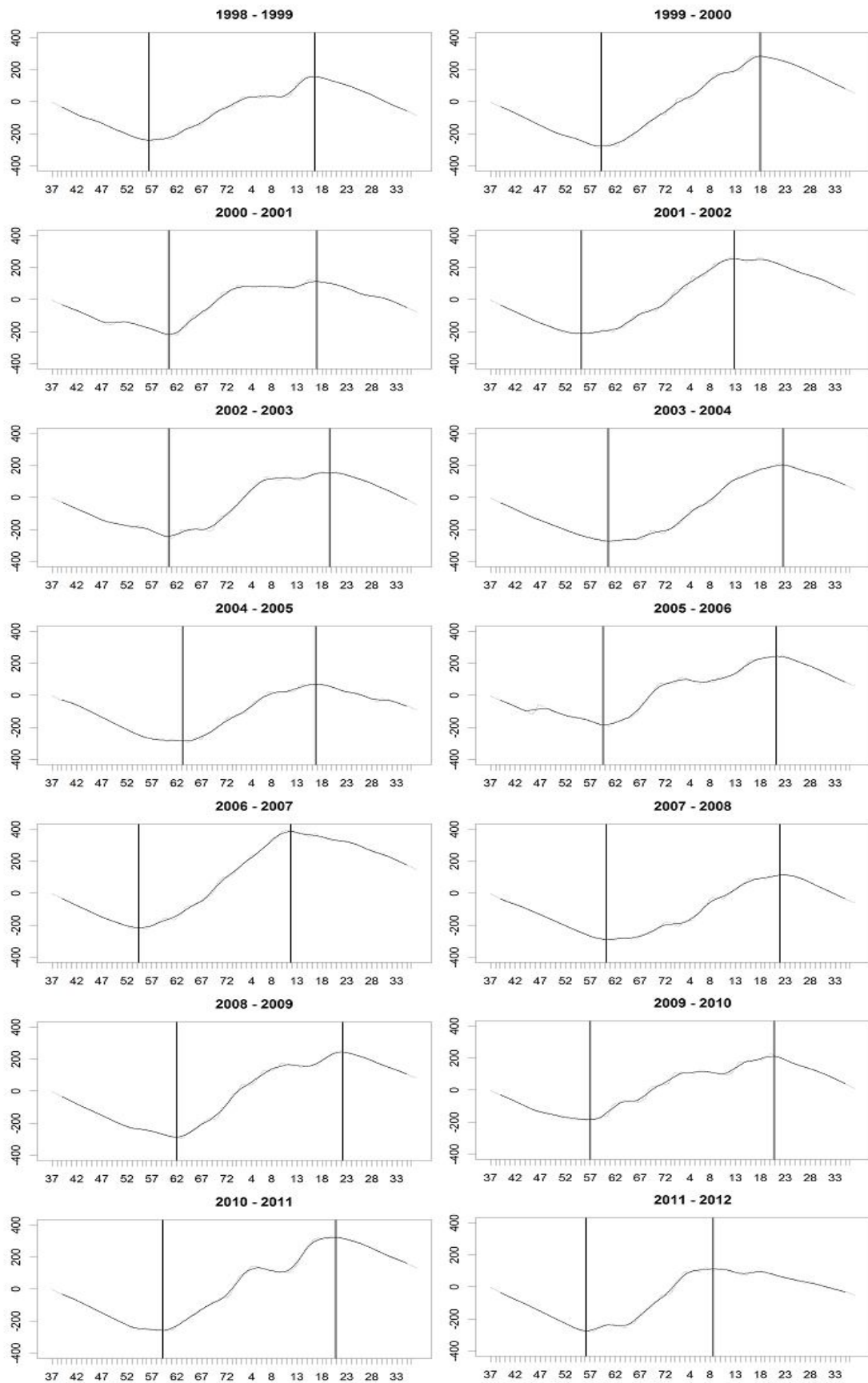


FIGURA 4 - Ciclo do acumulado das anomalias de precipitação (em mm), no período de 1998-2012. Linhas verticais indicam o IEC e FEC, respectivamente, em pântadas.

Tabela 2 – Datas de IEC e FEC, em pântadas, a partir do método de Garcia e Kayano (2009; 2013) e método de Liebmann et al. (2007), para a RMG no período de 1998-2012.

Estação Chuvosa	IEC (Garcia & Kayano)	IEC (Liebmann)	FEC (Garcia & Kayano)	FEC (Liebmann)	El Niño/La Niña
1998-1999	59	56	32	16	LN (moderado)
1999-2000	58	59	24	18	LN (forte)
2000-2001	60	60	23	17	LN (fraca)
2001-2002	56	55	21	13	Neutro
2002-2003	62	60	30	19	EN (moderado)
2003-2004	58	60	29	22	Neutro
2004-2005	57	63	33	17	EN (fraco)
2005-2006	58	59	29	21	LN (fraca)
2006-2007	54	54	30	12	EN (fraco)
2007-2008	59	60	28	22	LN (moderado)
2008-2009	60	62	27	22	LN (fraca)
2009-2010	58	57	32	21	EN (moderado)
2010-2011	55	59	33	21	LN (forte)
2011-2012	56	56	32	8	LN (fraca)
Média	57,86	58,57	28,79	17,79	
Desvio-padrão	2,14	2,62	3,83	4,32	

Ainda na Tabela 2, além das datas de IEC e FEC (em pântadas) na RMG no período de 1998-2012 para ambos o métodos, tem-se os anos em que ocorreram os eventos El Niño/La Niña e suas respectivas intensidades dado pelo *Oceanic Niño Index* (ONI), do *Climate Prediction Center* (CPC/NCEP), disponível em http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml. Esse índice é obtido através da ATSM na região de Niño 3.4 (5°N-5°S e 120°W-170°W). Percebe-se que, em média, nos anos de La Niña há um atraso em 1 pântada no IEC, pelo método de Garcia e Kayano (2009; 2013) e tal atraso não é identificado no FEC; pelo método de Liebmann et al. (2007), o atraso é identificado no FEC em 1 pântada. Já em anos de El Niño, não se nota variações no IEC e FEC pelo método de Liebmann et al. (2007) e há um atraso em até 3 pântadas no FEC pelo método de Garcia e Kayano (2009; 2013). Isso se dá pelas particularidades de cada método, uma vez que, por Liebmann *et al* (2007), as características regionais da área de estudo são mais determinantes e, como a RMG é uma região de transição no que diz respeito aos impactos do ENOS, tais impactos não são notados nas datas de IEC e FEC. Já por Garcia e Kayano (2009; 2013) esses impactos podem ser observados caso a região antissimétrica sofra influência do fenômeno.

A Tabela 3 mostra a diferença existente entre as datas (em pântadas) de IEC e FEC detectadas por ambos os métodos, auxiliando na comparação entre os

mesmos. No IEC, quando apresenta valor negativo, significa que a data identificada pelo método de Liebmann et al. (2007) foi dada antes que de Garcia e Kayano (2009; 2013), e quando positivo a data do último antecede aquela determinada pelo primeiro. Já para o FEC, os valores positivos mostram que as datas detectadas pelo método de Garcia e Kayano (2009; 2013) são subsequentes às obtidas pelo método de Liebmann et al. (2007). Cabe ressaltar que não há valores negativos neste caso. As Figuras 3 e 4 auxiliam na comparação, tomando como base o caráter oscilatório dentro da EC.

Tabela 3 – Diferença entre as datas, em pântadas, de IEC e FEC dada pelos métodos de Garcia e Kayano (2009; 2013) e Liebmann *et al.* (2007).

Estação Chuvosa	IEC	FEC
	(Garcia e Kayano)-(Liebmann et al.)	(Garcia e Kayano)-(Liebmann et al.)
1998-1999	3	16
1999-2000	-1	6
2000-2001	0	6
2001-2002	1	8
2002-2003	2	11
2003-2004	-2	7
2004-2005	-6	16
2005-2006	-1	8
2006-2007	0	18
2007-2008	-1	6
2008-2009	-2	5
2009-2010	1	11
2010-2011	-4	12
2011-2012	0	24

Dados os métodos e suas respectivas datas de IEC e FEC, foram escolhidos dois anos para uma análise mais detalhada da precipitação da EC: 2000-2001, o qual mostrou melhor concordância (principalmente no IEC e as oscilações ocorridas dentro da estação), e 2004-2005, que apresentou maior discrepância entre os quesitos analisados (IEC, FEC, duração da EC e o caráter oscilatório).

3.1.1. IEC e FEC dos anos 2000-2001

Pelo método de Garcia e Kayano (2009; 2013) as datas de IEC e FEC pra a estação chuvosa 2000-2001 foram encontradas nas pântadas 60 e 23, respectivamente; e pelo método de Liebmann et al. (2007) foram observadas nas pântadas 60 e 17, respectivamente (Figura 5). Assim, nota-se que ocorreu concordância entre os métodos para a determinação da data de IEC, ou seja, a atividade convectiva sobre a RMG iniciou-se entre os dias 23 e 27 de outubro de 2000 sendo seguido da precipitação. Porém o FEC não mostrou tal concordância, mesmo apresentando umas das menores diferenças do FEC entre os métodos no período de estudo. Isso porque, enquanto o método de Liebmann et al. (2007) mostra que há diminuição na precipitação por anomalias negativas de acumulado de precipitação (Figura 5), o método de Garcia e Kayano (2009; 2013) mostra que a atividade convectiva da RMG (indicado pelo valores negativos de $[ROL_{unt}]$), ainda é mais representativa que de sua área antissimétrica localizada no HN, ou seja, tal atividade indica que pode ocorrer chuva, mesmo em menor proporção.

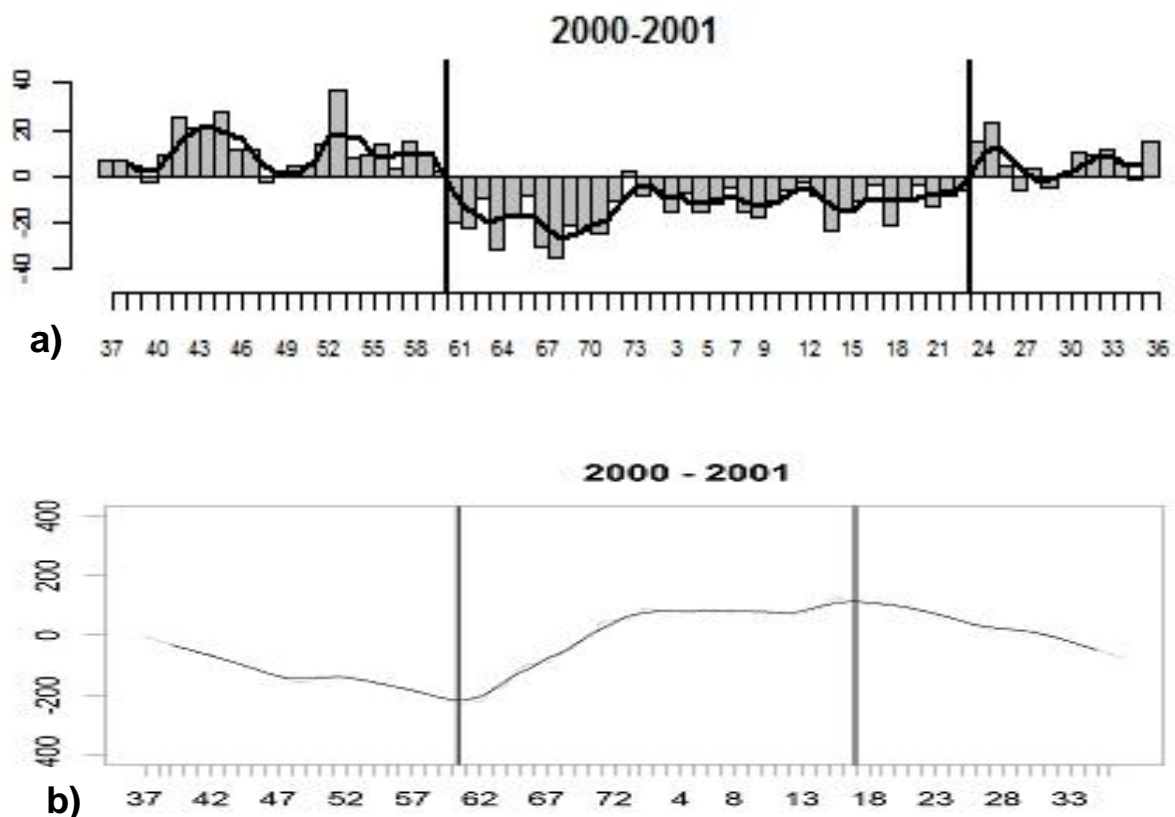


FIGURA 5 - (a) $[ROL_{unt}]$ e (b) acumulado das anomalias de precipitação da estação chuvosa 2000-2001.

Além disso, por Liebmann et al. (2007) utilizar a precipitação média sobre RMG e esta ser uma variável meteorológica que não tem distribuição uniforme, dificulta, assim, a determinação das datas de IEC e FEC em grande escala. No que diz respeito aos eventos de grande escala, este ano foi considerado o ano de La Niña de fraca intensidade, posterior a uma La Niña forte e caminhando para a condição de neutralidade (Tabela 2).

A Figura 6 mostra o produto desenvolvido pelo GPC do CPTEC/INPE e calculado para o estudo em questão, contendo a série anual das anomalias de precipitação acumulada (mm) na qual indica o IEC e FEC, determinado através do método de Liebmann et al. (2007) (direita superior); o ciclo anual de precipitação de julho de 2000 a junho de 2001 e sua comparação com a climatologia do período estudado, onde áreas em azul (vermelho) apresentam precipitação acima (abaixo) da média climatológica, ou seja, anomalias positivas (negativas) de precipitação. Além disso, a linha vertical azul (vermelha) explicita o IEC (FEC) do ano estudado, já as linhas pretas verticais indicam o início e fim médio da EC, respectivamente. Assim, pode-se notar se, em determinado ano, o ciclo de precipitação foi acima ou abaixo da média climatológica e também se o IEC e FEC foram adiantados ou atrasados com relação à média.

Neste caso, o ano de 2000-2001 apresentou anomalias positivas de precipitação acumulada até meados de fevereiro de 2001, sendo posteriormente marcado por anomalias negativas de precipitação acumulada. Tal estação chuvosa também apresentou o IEC um pouco atrasado e o FEC mais adiantado, porém ambos muito próximos da data climatológica (esquerda superior); e a série temporal de precipitação diária do ano de 2000 (esquerda inferior) e 2001 (direita inferior), além dos valores climatológicos (linha vermelha). Cabe ressaltar que, o fim de agosto e começo de setembro de 2000, próximo às pântadas 47 e 48, nota-se chuva acima da média climatológica (Figura 6c) o que causou uma pequena inflexão da série de anomalia de precipitação acumulada (Figura 5b) e reversão do campo de $[ROL_{ant}]$ (Figura 5a). Segundo o boletim Infoclima do CPTEC/INPE, 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. Além disso, de janeiro a março de 2001, as chuvas

foram abaixo da média do período, ocasionando, também, uma pequena inflexão na série de anomalias de precipitação acumulada (Figura 6b) que poderia influenciar na determinação errônea do FEC caso a chuva não estivesse se reestabelecido em março do mesmo ano. A justificativa dessa estiagem está associada à penetração anômala da Alta Subtropical do Atlântico Sul sobre o continente que inibiu a formação das chuvas. Este quadro 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 pântada 73 (negativo para positivo) que é restabelecido logo em seguida, porém a intensidade do sinal, a partir de então, torna-se mais fraco até ocorrer a reversão definitiva do sinal na pântada 23 (Figura 5a). Portanto, o método utilizando o campo de $[ROL_{ant}]$ detectou as maiores oscilações de precipitação.

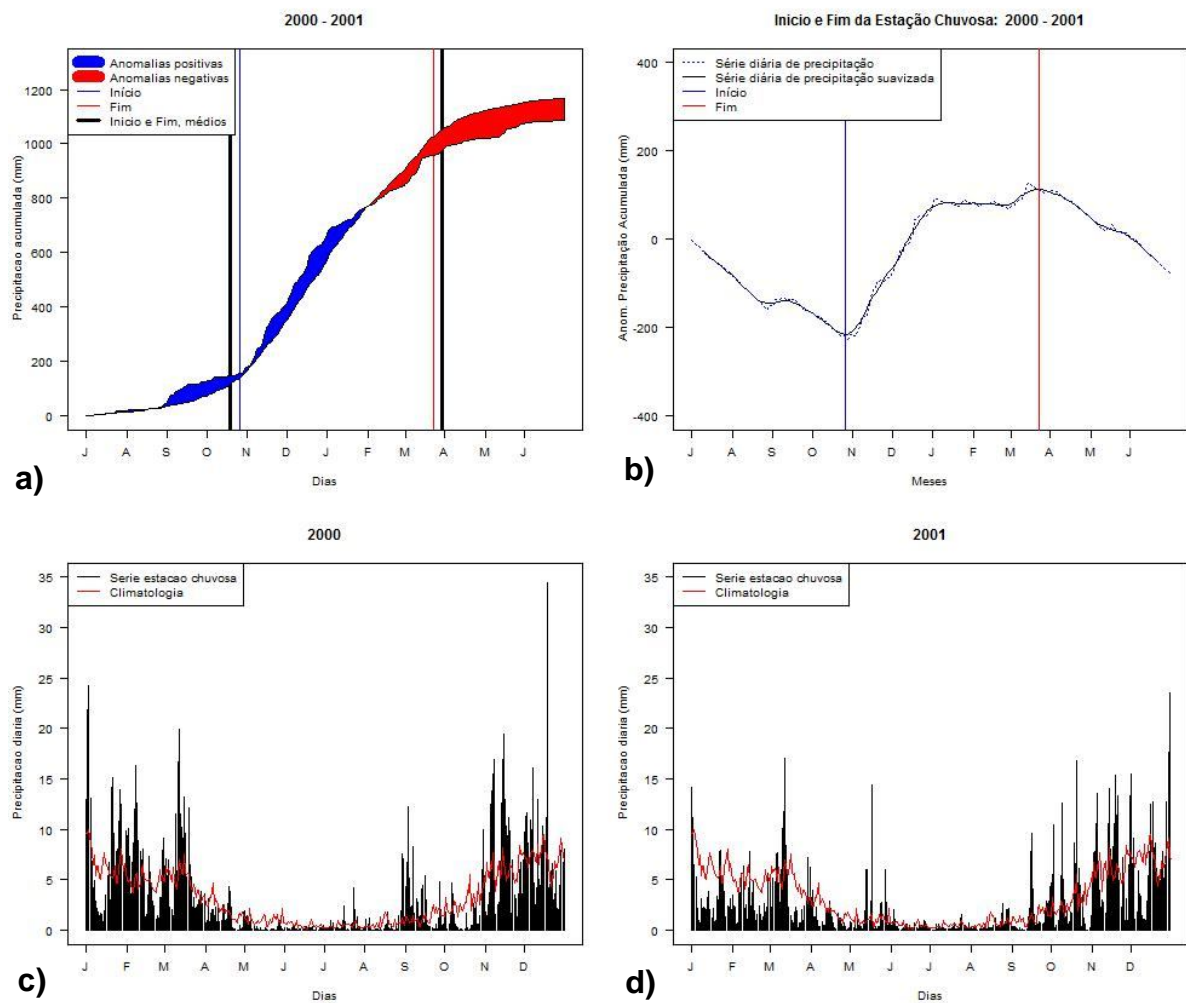


FIGURA 6 – a) Precipitação acumulada (em mm) de julho de 2000 a junho de 2001; b) determinação do IEC e FEC pelo método de Liebmann et al. (2007); série da precipitação diária (em mm), no ano 2000 (c) e 2001 (d).

3.1.2. IEC e FEC dos anos 2004-2005

No caso da estação chuvosa 2004-2005, tem-se que a mesma apresentou menor concordância entre as datas encontradas. Pelo método de Garcia e Kayano (2009; 2013) o IEC e FEC deste ano foram determinadas nas pântadas 57 e 33, respectivamente, e por Liebmann et al. (2007) nas pântadas 63 e 17, respectivamente (Figura 7a e 7b).

Apesar da discrepância entre os IEC identificados por ambos os métodos, nota-se que, de fato, a atividade convectiva na RMG começou na pântada 57, seguido de precipitação, porém a última foi abaixo e/ou muito próxima a média climatológica (FIGURA 8c), acumulando pouco ou quase nenhuma anomalia de precipitação e, assim, não apresentou inflexão representativa capaz de caracterizar o IEC pelo método de Liebmann et al. (2007).

Analisando o campo de $[ROL_{unt}]$, percebe-se que este ano apresentou oscilações dentro da estação chuvosa com períodos que alternavam entre positivo e negativo principalmente entre as pântadas 5 e 11, 19 e 21 e pântada 27 (FIGURA 7a). Pela série de anomalias de precipitação acumulada, observam-se inflexões, mesmo que sutis, nas pântadas 2, 12 e 29 (FIGURA 7b).

A grande oscilação também pode ser devido à região antissimétrica no HN, uma vez que, se esta região apresentar valores de ROL inferiores aos dos identificados na RMG, há uma mudança no sinal de $[ROL_{unt}]$, mesmo estando dentro da EC e vice-versa. Em contrapartida, se a precipitação não for representativa, ou seja, muito maior ou menor que a média climatológica e, além disso, não persistir por algum tempo pode-se impactar a detecção das datas pelo método de Liebmann et al. (2007). Assim, as características citadas nos respectivos métodos podem levar à identificação errônea das datas de IEC e FEC.

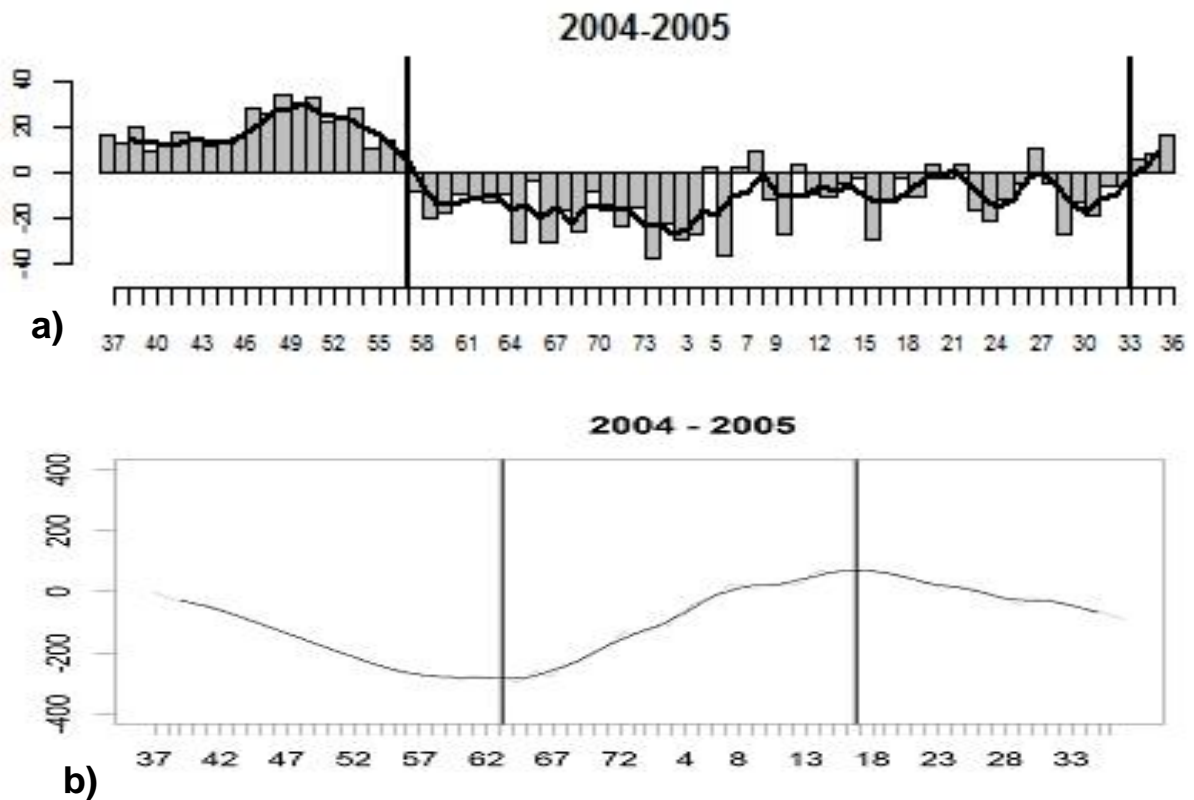


FIGURA 7 – Idem a Figura 5, mas para a estação chuvosa 2004-2005.

Na Figura 8, percebe-se que a EC de 2004-2005 foi mais curta que a média, com duração de 27 pêncladas. O ano de 2004-2005 foi caracterizado por chuvas abaixo da média do período sobre a RMG (Figura 8a).

Além disso, pelo ONI, nota-se que este ano ocorreu um evento de El Niño de intensidade fraca (Tabela 2). O El Niño é um fenômeno oceânico que, juntamente com a Oscilação Sul, modifica a circulação atmosférica e oceânica e várias partes do globo respondem a essas mudanças como, por exemplo, através do regime pluviométrico de certas regiões. Assim, pode-se notar que a região antissimétrica da RMG é impactada, parcialmente, pelo fenômeno e apresenta aumento de precipitação em outubro no ano que o evento ocorre até março do ano seguinte (ROPELEWSKI e HALPERT, 1987).

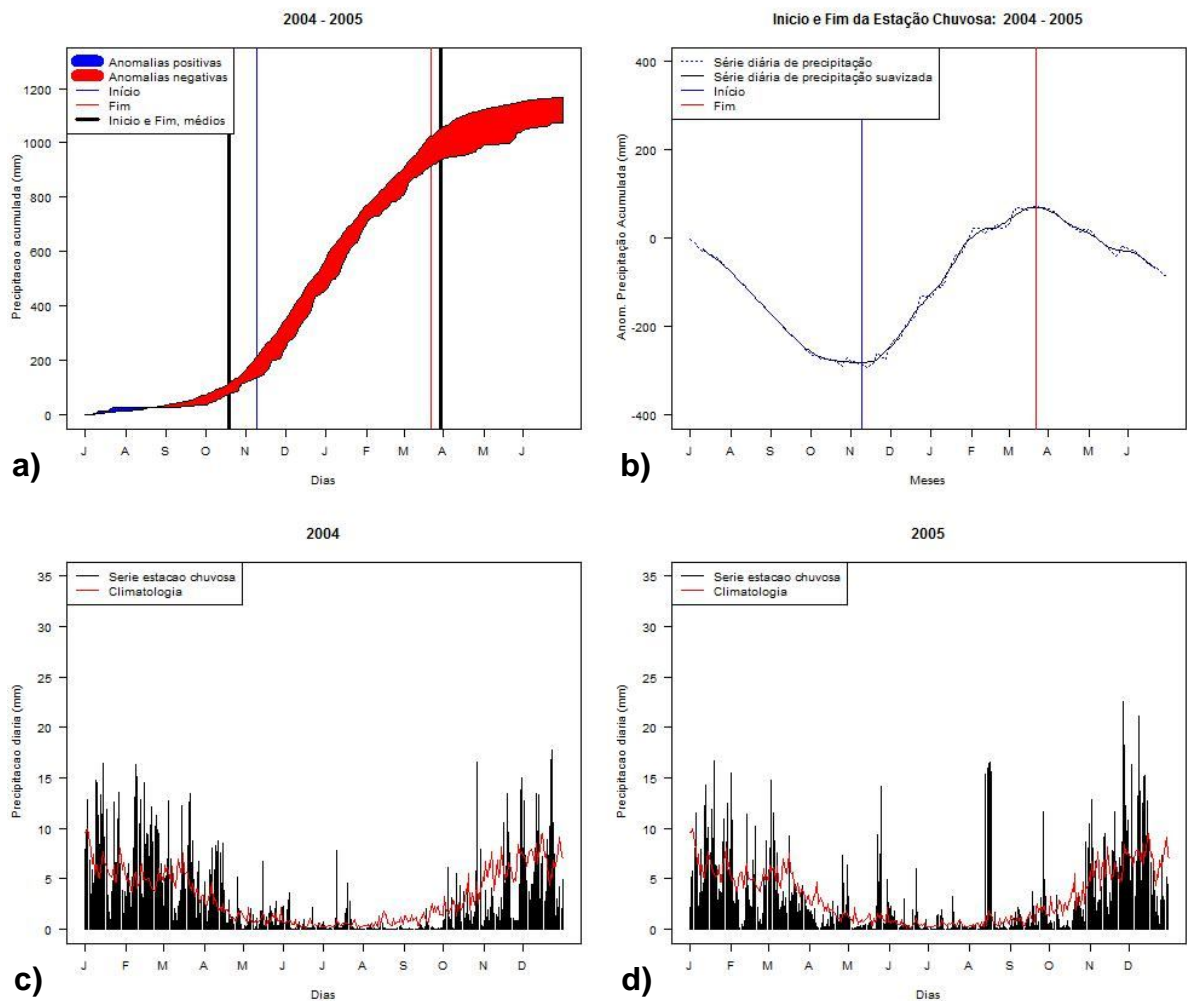


FIGURA 8 – Idem a Figura 6, mas para a estação chuvosa 2004-2005.

Sabendo que 2004-2005 teve ocorrência de um El Niño fraco e que a área antissimétrica da RMG sofre influência do mesmo, principalmente durante a EC da RMG, tal fenômeno pode justificar as oscilações ocorridas durante a EC desse ano, onde a atividade convectiva no HN pode ter sido mais representativa interferindo diretamente no método de Garcia e Kayano (2009; 2013). Tal oscilação está presente também nos anos 2002-2003, 2006-2007 e 2009-2010, anos caracterizados pelo fenômeno El Niño, porém com intensidades diferentes.

3.2. IEC e FEC nas macrorregiões de MG e o RMF

Essa etapa do trabalho tem como objetivo analisar a variabilidade do RMF nas macrorregiões de MG a partir das datas de IEC e FEC, assim como a duração

da EC, através do método de Liebmann et al. (2007). Como o método de Garcia e Kayano (2009; 2013) aplica-se melhor à grande escala, similar ao LISAM (SILVA e CARVALHO, 2007), além de utilizar ROL, medida indireta para indicar a precipitação, pois está relacionado com a atividade convectiva, optou-se pelo método de Liebmann et al. (2007) por utilizar precipitação e se ajustar melhor a menores escalas espaciais. Assim, são apresentadas as datas de IEC, FEC e duração (em pântadas) das EC nas quatro macrorregiões de MG no período de 1998-2012 (Tabela 4).

Tabela 4 - Datas de IEC, FEC e duração, em pântadas, das macrorregiões de MG no período de 1998-2012.

EC	MMG-1			MMG-2			MMG-3			MMG-4		
	IEC (pântada)	FEC (pântada)	Duração (pântadas)	IEC (pântada)	FEC (pântada)	Duração (pântadas)	IEC (pântada)	FEC (pântada)	Duração (pântadas)	IEC (pântada)	FEC (pântada)	Duração (pântadas)
1998-1999	58	16	31	59	16	30	54	17	36	56	16	33
1999-2000	59	18	32	59	18	32	61	18	30	61	19	31
2000-2001	60	3	15	61	3	15	62	17	28	62	20	31
2001-2002	57	11	27	57	13	29	54	13	32	61	19	31
2002-2003	61	7	19	61	7	19	61	18	30	61	20	32
2003-2004	67	23	29	66	22	29	61	23	35	63	23	33
2004-2005	64	17	27	65	16	24	63	16	26	63	8	18
2005-2006	61	23	35	60	21	34	59	18	31	59	21	34
2006-2007	56	12	29	55	11	30	55	10	28	54	12	30
2007-2008	65	22	30	65	22	30	58	23	37	60	24	37
2008-2009	62	23	34	62	22	33	60	21	34	62	21	32
2009-2010	57	21	37	57	21	37	55	20	38	57	21	36
2010-2011	59	22	36	60	21	34	59	21	34	54	20	38
2011-2012	57	9	25	57	4	21	56	9	25	56	18	35
Média	60	16	29	60	15	28	58	17	32	59	19	32
Desvio padrão	3	7	6	3	7	6	3	4	4	3	4	5

A MMG-1 apresenta IEC que varia da pântada 56 a 67 (sendo 60 a pântada média), MMG-2 oscilando entre as pântadas 55 e 66 (60, pântada média), MMG-3 entre 54 e 63 (58, pântada média) e MMG-4 entre 54 e 63 (59, pântada média). O FEC na MMG-1 é identificado entre as pântadas 3 e 23 (16, pântada média), na MMG-2 essas datas variam da pântada 3 a 22 (15, pântada média), na MMG-3 nota-se entre 9 e 23 (17, pântada média) e na MMG-4 dentre as pântadas 8 e 24 (19, pântada média). Assim, pode-se notar maior variabilidade nas datas de FEC comparadas com as de IEC, principalmente nas MMG-1 e MMG-2. No que se refere à duração das ECs, a MMG-1 e MMG-2 apresentam o mesmo intervalo de duração variando entre 15 e 37 pântadas (29 e 28 pântadas, em média, respectivamente), MMG-3 apresenta duração de 25 a 38 pântadas (média de 32 pântadas) e, finalmente, a MMG-4 com duração de 18 a 38 pântadas (média, também, de 32

pêntadas). De modo geral, nota-se que o IEC é tardio e o FEC precoce nas MMG-1 e MMG-2, configurando uma EC mais curta se comparado à MMG-3 e MMG-4.

Na Figura 9 são apresentadas as séries anuais de RMF (em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em cada macrorregião. Nela é possível notar que todas as séries possuem tendência linear de aumento no RMF (figuras à direita). Assim, optou-se por remover tal tendência já que a mesma, provavelmente, não é em função das condições climáticas, mas sim de outros fatores, como incentivos, por exemplo. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), as políticas brasileiras no setor agropecuário, principalmente sobre a agricultura familiar, são tidas como exemplo. As mudanças climáticas e o aumento da população impõem desafios aos atuais modelos de agricultura. E, nesse contexto, a agricultura familiar ganha força – sobretudo como um importante meio para reduzir a pobreza e garantir a segurança alimentar.

No país, 84,4% dos estabelecimentos rurais pertencem à agricultura familiar, que emprega quase 75% da mão de obra do setor agropecuário. Sua produção é voltada principalmente ao mercado interno. Ela é responsável pela plantação de 70% dos alimentos consumidos no país como: 70% do feijão, 87% da mandioca, 58% do leite e 46% do milho. Esses números revelam o tamanho de sua importância. Nos últimos anos, a agricultura familiar passou a ser um setor prioritário para o governo federal, marcada por grandes incentivos financeiros a fim de manter o mercado interno, reduzir a vulnerabilidade do país diante do mercado global e choque de preços (DW, 2013). E esses incentivos ainda tendem a aumentar, segundo a Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (SEAPA, 2013), a agricultura mineira deve receber cerca de R\$ 12 bilhões, por meio do Banco do Brasil (BB), para desenvolver ações integradas, que promovam o fortalecimento das atividades agropecuárias. Esta quantia representa 17% do total ofertado no país, cerca de R\$ 70 bilhões. Isto representa um crescimento de 11% em comparação ao montante aplicado na safra 2012/2013, de R\$ 10,8 bilhões, e uma alta de 33% em relação ao montante inicialmente programado de R\$ 9 bilhões. Desses R\$ 12 bilhões, a agricultura empresarial terá R\$ 9,8 bilhões (crescimento de 10% em comparação ao aplicado na safra passada, de R\$ 8,9 bilhões) e a familiar, R\$ 2,2 bilhões (16% a mais que na safra 2012/2013, que alcançou R\$ 1,9 bilhão).

Logo, com a ausência da tendência, é possível notar a oscilação interanual do RMF e relacioná-la, possivelmente, aos fatores climáticos, já que o feijão é uma

cultura sensível às variações das condições ambientais, principalmente de temperatura do ar e precipitação (BARBANO, 2003; SANTOS et al., 2013) entre outros fatores. Cabe ressaltar que os valores do eixo das ordenadas na Figura 9 não possuem a mesma escala de variação, pois o intuito não é comparar o RMF entre as macrorregiões e sim analisá-las separadamente.

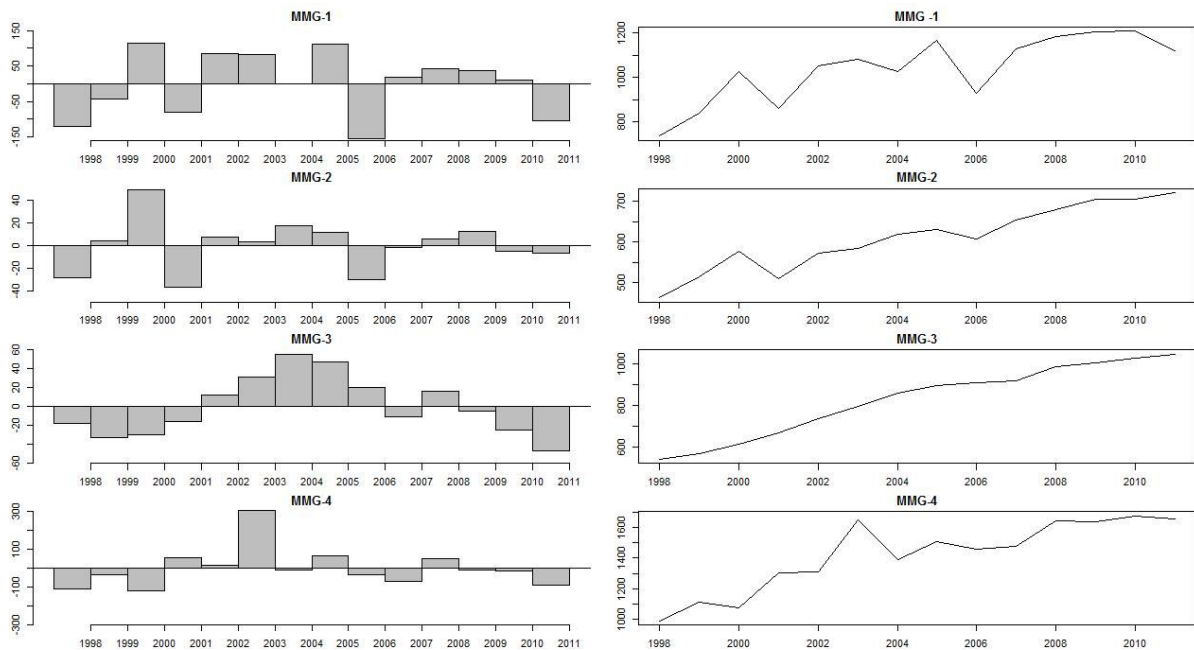


FIGURA 9 – RMF nas quatro macrorregiões de MG (em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de 1998-2012. À direita têm-se as séries com tendência linear e, à esquerda, as mesmas sem tendência.

3.2.1. MMG -1

A MMG-1 é a maior macrorregião de MG, está localizada mais ao norte que as demais e seu RMF variou de 734 a $1208,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, além de conter os maiores produtores do Estado como Unaí, Buritis, Paracatu, Guarda-mor e Bonfinópolis de Minas.

Analisando a série sem tendência (Figura 9), percebe-se que os anos de 2000 e 2006 apresentaram o maior aumento e a maior diminuição do rendimento, respectivamente, e esses foram os selecionados para serem analisados. Nos anos de 2000-2001, a EC apresentou precipitação acumulada acima da média do período até meados de fevereiro de 2001, com alternância do sinal a partir desta data, sendo a duração da mesma bem menor que a média. O IEC identificado na pântada 60 é o mesmo da pântada média do período; já a data de FEC (pântada 3) pode ter sofrido

a influência do período de estiagem dentro da EC entre os meses de janeiro e março de 2001, uma vez que ao final de março de 2001 ainda foi identificada presença de precipitação (Figura 10). Logo, a EC deste ano durou apenas 15 pênadas.

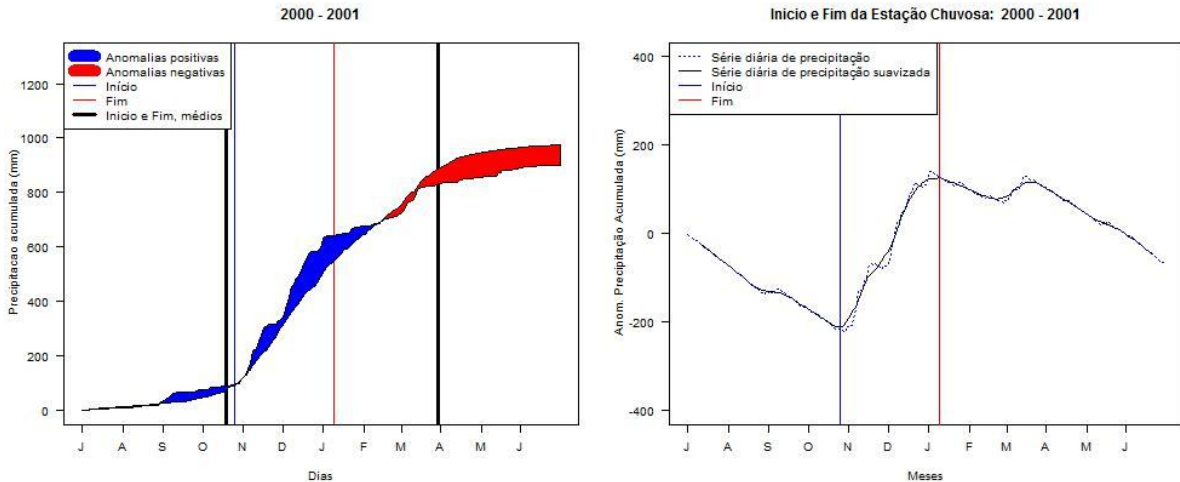


FIGURA 10 – Precipitação acumulada (em mm) de julho de 2000 a junho de 2001 para a MMG-1 (esquerda) e determinação do IEC e FEC pelo método de Liebmann et al. (2007) (direita).

Já na estação chuvosa de 2006-2007, observou-se o predomínio de precipitação acumulada acima da média do período; há adiantamento do IEC (pênada 56) e FEC (pênada 12) sobre a região, porém sem alterar a duração da EC que foi de 29 pênadas (Figura 11).

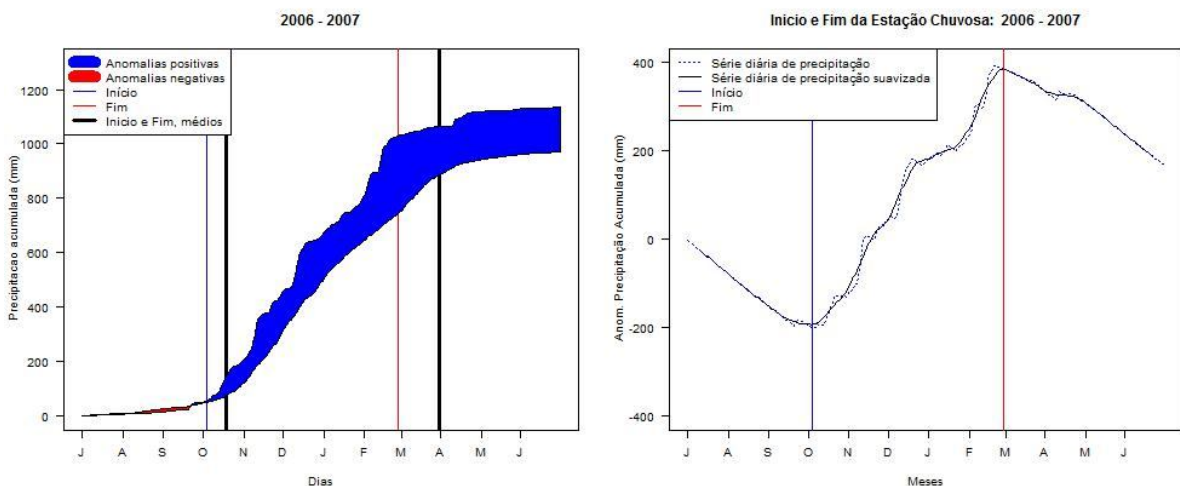


FIGURA 11 – Idem a Figura 10, mas para MMG-1 e EC 2006-2007.

Assim, percebe-se que na MMG-1, o RMF é favorecido quando as chuvas ocorrem acima ou próximas à média, principalmente no IEC, diminuindo gradativamente até o FEC e quando a data deste último encontra-se próximo as datas médias do mesmo, não interferindo no calendário de plantio e colheita do

feijão. Segundo Fancelli (1996), a fase vegetativa do feijão é favorecida pela ocorrência de temperaturas levemente elevadas (entre 21 e 29,5 °C); disponibilidade hídrica e abundante luminosidade e, na fase reprodutiva, observa-se grande sensibilidade tanto à deficiência quanto ao excesso hídrico.

Assim, o efeito na planta depende dos cinco estágios de desenvolvimento, da cultivar e da duração da EC, sendo as fases críticas o florescimento e o início do enchimento dos grãos. A necessidade hídrica requerida pela cultura para se obter excelente produtividade varia de 300 a 500 mm bem distribuído durante o ciclo da cultura ou 100 mm bem distribuído no mês, ou ainda 3 a 4 mm por dia, sendo necessário um período seco na fase da colheita, para se obter um produto de boa qualidade. Esses valores são atingidos, principalmente entre os meses de outubro a fevereiro do ano seguinte, coincidindo com a safra “das águas”, uma das safras mais importantes na região e a que mais sofre influência das condições meteorológicas e climáticas.

3.2.2. MMG-2

Esta região está localizada mais a leste do estado e, dentre as macrorregiões mineiras, é a que apresenta menor área. Seu RMF, durante o período de 1998-2012, variou de 463 a 722 kg.ha⁻¹.

Seguindo a mesma análise do caso anterior, os anos que apresentaram o maior aumento e a maior diminuição de RMF, respectivamente e sem tendência, foram 2000 e 2001. Similar à região da MMG-1, o ano de 2000-2001 na MMG-2 também apresentou precipitação acumulada acima da média do período durante os primeiros meses da EC, até apresentar valores negativos de anomalia de precipitação acumulada no FEC (Figura 12). O IEC e o FEC foram determinados nas pântadas 61 e 3, respectivamente; a EC foi mais breve que a média, também, devido à estiagem que ocorreu entre janeiro e março de 2001 (15 pântadas).

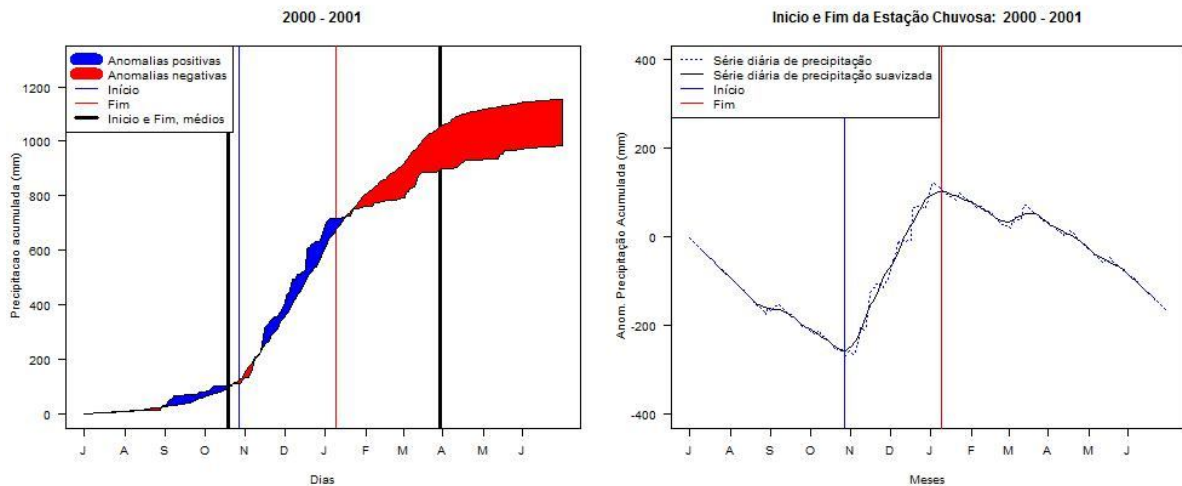


FIGURA 12 – Idem a Figura 10, mas para MMG-2 e EC 2000-2001.

A partir da Figura 13, nota-se que o ano de 2001-2002 apresentou, na MMG-2, precipitação acumulada acima da média, sendo o IEC ligeiramente precoce (pêntada 57) se comparado à média do período (pêntada 60) assim como o FEC (pêntada 13 e 15, respectivamente). Logo, a duração da EC deste ano foi semelhante à climatologia, porém adiantada das datas médias de IEC e FEC. De modo geral, a MMG-2 apresentou características semelhantes aos da MMG-1, o que proporcionou o maior RMF no ano 2000 e o menor em 2001, seguindo as mesmas justificativas citadas anteriormente.

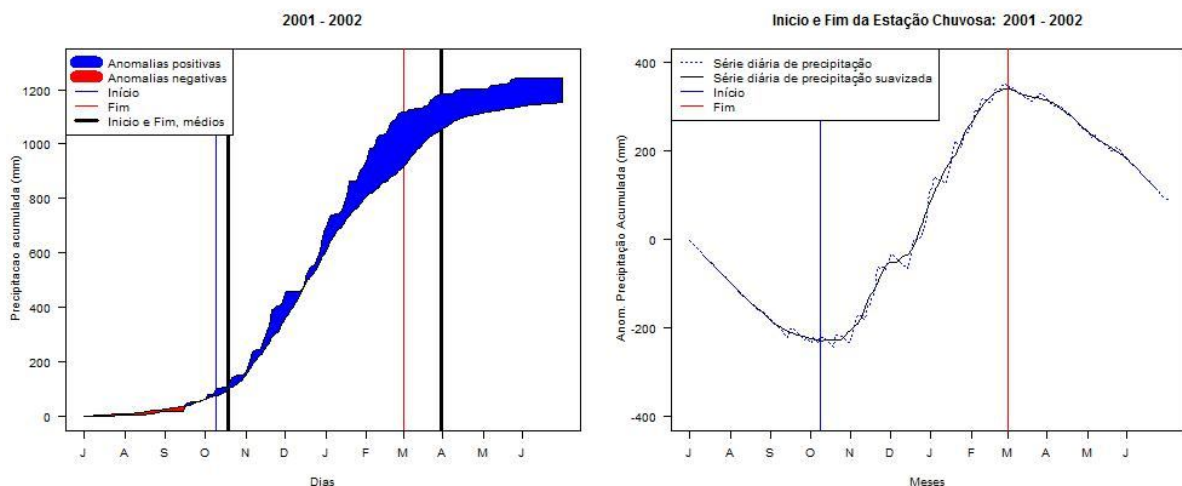


FIGURA 13 – Idem a Figura 10, mas para MMG-2 e EC 2001-2002.

3.2.3. MMG-3

Região na qual está inserida toda a região sul do estado e regiões adjacentes, apresenta um RMF variando entre 539 a 1047,75 kg.ha⁻¹, no período estudado. Da série sem tendência notou-se que os anos de 2004 e 2011 apresentaram o maior aumento e a maior diminuição do rendimento, respectivamente.

A EC de 2004-2005 apresentou precipitação acumulada levemente abaixo da climatologia do período, com IEC tardio (pêntada 63) e FEC precoce (pêntada 16) o que determinou uma EC mais curta (26 pêntadas) se comparada com a média (32 pêntadas; Figura 14).

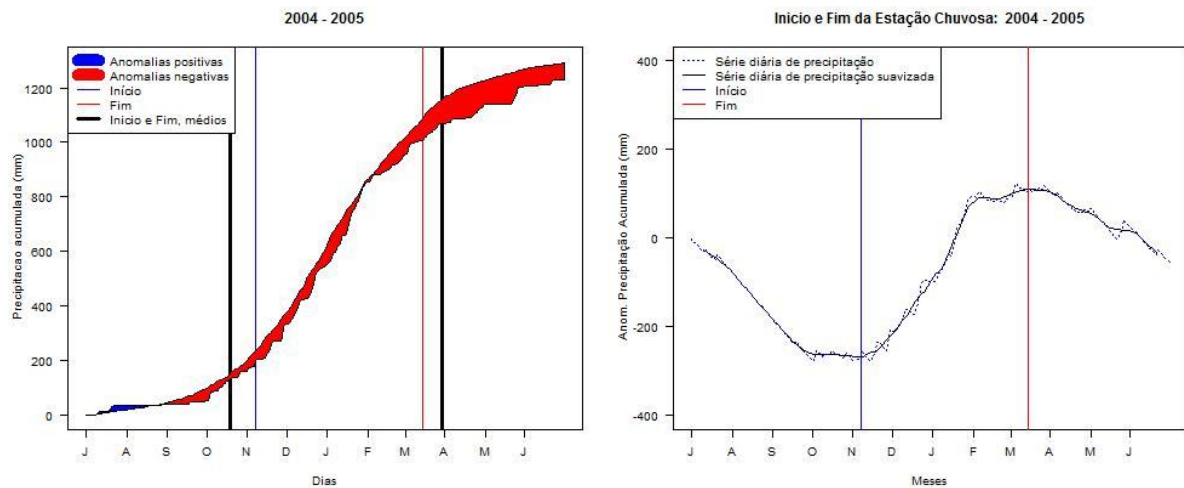


FIGURA 14 – Idem a Figura 10, mas para MMG-3 e EC 2004-2005.

Assim como a EC citada anteriormente, no ano de 2011-2012 teve predomínio de precipitação acumulada abaixo da média, com valores pouco acima da média entre janeiro e fevereiro de 2012, o IEC foi levemente precoce (pêntada 56) enquanto o adiantamento do FEC se mostrou mais pronunciado devido a um pequeno período com pouca ou nenhuma chuva entre fevereiro e março de 2012 (pêntada 9), caracterizando numa EC mais curta (25 pêntadas) que a climatologia (Figura 15).

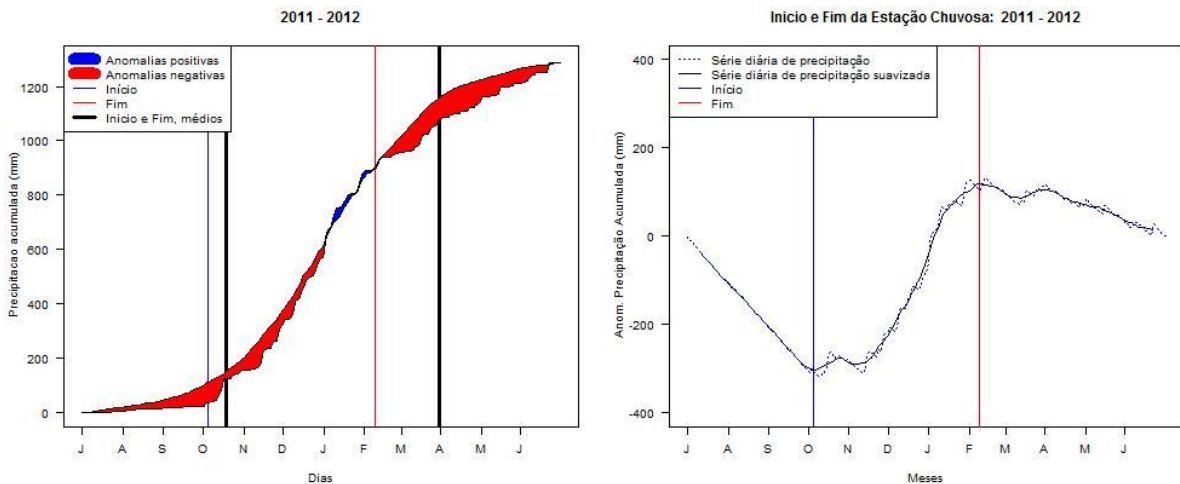


FIGURA 15 – Idem a Figura 10, mas para MMG-3 e EC 2011-2012.

Diferentemente dos casos anteriores (MMG-1 e MMG-2), a MMG-3 não mostrou muitas diferenças no regime pluviométrico nos anos em que ocorreram o maior aumento e a maior diminuição do RMF, apesar de que, no ano de 2011-2012, a EC mostrou-se adiantada se comparado com as datas médias. Assim, a EC e sua duração podem não ser tão influentes na MMG-3, e, possivelmente, a temperatura do ar pode ser o elemento mais influente nessa região, como detectado por Santos et al. (2012), além de outros fatores.

3.2.4. MMG-4

Esta região está localizada mais a oeste do estado, seu RMF, durante o período de 1998 a 2012, variou de 987,5 a 1680 kg.ha⁻¹ e também possui alguns dos maiores produtores do Estado como Uberlândia, Uberaba e Ibiá. Análogo às análises dos casos anteriores, os anos que apresentaram os maiores aumento e diminuição de RMF, respectivamente e sem tendência, foram 2003 e 2000.

O ano 2003-2004 apresentou precipitação acumulada abaixo da média, IEC e FEC tardios (pêntadas 63 e 23, respectivamente) se comparados com a climatologia (pêntadas 59 e 19, respectivamente) e duração de 33 pêntadas (FIGURA 16).

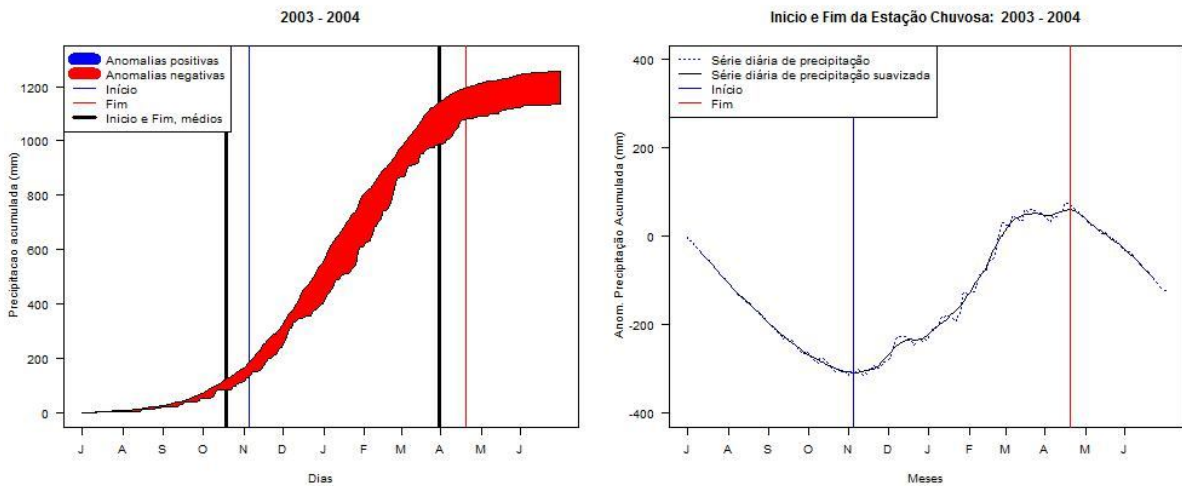


FIGURA 16 – Idem a Figura 10, mas para MMG-4 e EC 2003-2004.

Na Figura 17, percebe-se que a EC do ano de 2000-2001 na MMG-4 apresentou precipitação acumulada levemente maior que a climatologia durante maior parte desse período, o IEC e FEC são notados um pouco mais tardios (pêntadas 62 e 20, respectivamente) que as datas médias. Note que, essas características são similares à variabilidade ocorrida nas MMG-1 e MMG-2, porém a resposta do RMF sobre as mesmas foi diferente, ou seja, enquanto houve aumento do RMF nas duas macrorregiões, na MMG-4 tem-se a maior diminuição do RMF do período estudado. Logo, outros fatores devem ter influenciado o rendimento nesta área, sendo, possivelmente, a precipitação pluvial um fator secundário no que diz respeito à variabilidade do RMF nessas regiões.

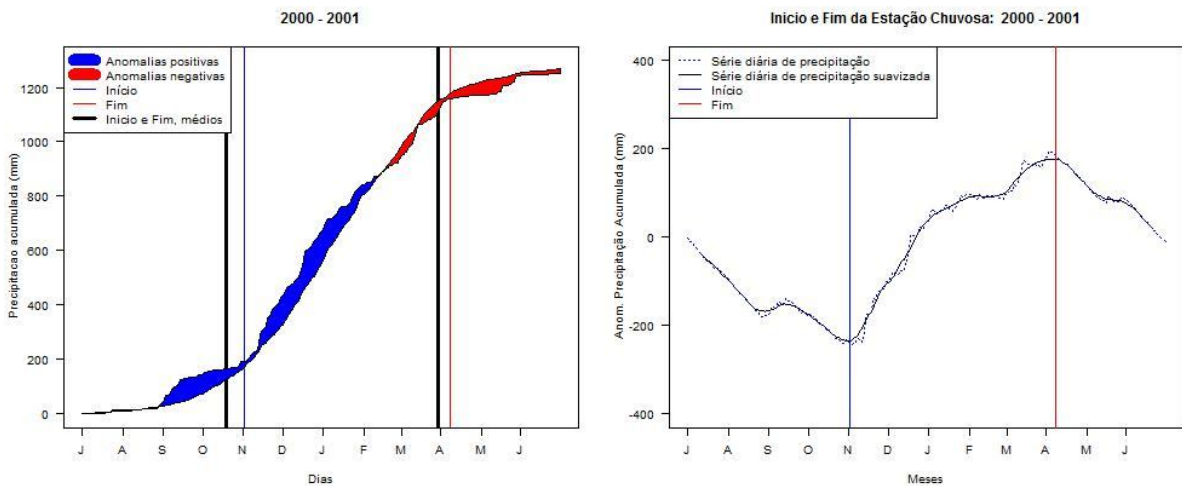


FIGURA 17 – Idem a Figura 10, mas para MMG-4 e EC 2000-2001.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo comparar dois métodos distintos de detecção das datas de IEC e FEC sobre o estado de MG: o de Garcia e Kayano (2009; 2013) com a utilização de dados diários de ROL e Liebmann et al. (2007) a partir de dados de precipitação diária. Cabe ressaltar que tal região apresenta duas estações bem definidas (seca e chuvosa) e, segundo alguns trabalhos, esta é uma das características do sistema de monção (RAO et al., 1996; ZHOU e LAU, 1998; GAN et al., 2004; MECHOSO et al., 2005; GARCIA e KAYANO, 2009; MARENGO et al., 2012; GARCIA e KAYANO, 2013), mesmo o continente sul-americano não apresentando a reversão sazonal dos ventos dominantes como acontece na monção asiática clássica, demonstrada por Ramage (1971).

Com o método de Garcia e Kayano (2009; 2013) nota-se que, na maioria dos anos, há reversão definitiva do campo de $[ROL_{unt}]$ no IEC de positivo para negativo entre as pântadas 54 e 62, sendo a pântada média a 57; já o FEC pode ser determinado entre as pântadas 21 e 33, média na pântada 28, do ano subsequente. Sobre o caráter oscilatório de ambas as datas, a segunda apresenta maior variabilidade durante a reversão do campo de $[ROL_{unt}]$ além de, também, um maior desvio padrão (3,83 pântadas) se comparado com a IEC (2,62 pântadas). No método de Liebmann et al. (2007), as datas de IEC e FEC são identificadas, em média, 1 pântada após a pântada de IEC e 11 pântadas antes da pântada de FEC encontradas pelo métodos de Garcia e Kayano (2009; 2013), o que mostra um resultado já esperado, pelo menos no IEC, uma vez que primeiro há início da atividade convectiva para posteriormente ocorrer precipitação. Porém, têm-se dificuldades de determinar o FEC em ambos os métodos, podendo ser justificado pela limitação presente em ambos. Enquanto o método de Garcia e Kayano (2009; 2013) representa melhor a grande escala por utilizar ROL e é, também, subordinado à sua região antissimétrica no HN, o método de Liebmann et al. (2007) apresenta melhores resultados pra escalas menores (regional ou local) já que a precipitação não apresenta distribuição espacial uniforme e sofre influência da topografia do terreno, além de que, também, a climatologia utilizada no método depende do tamanho da série histórica de precipitação.

Como o método de Liebmann et al. (2007) foi inicialmente calculado com dados diários e, posteriormente, foi associada a qual pântada se refere tal data, isso pode ter influenciado a variação do IEC e FEC em até uma pântada, já que a data encontrada pelo método pode estar localizada no último dia da pântada anterior ou no primeiro dia da pântada subsequente. Assim, para fins de melhor comparação, recomenda-se um método que também utilize pântadas como, por exemplo, Marengo e Liebmann (2001) e Bombardi e Carvalho (2008) ou, possivelmente, adaptar o método, isto é, ao invés de utilizar acumulado diário, utilizar acumulado em pântadas.

O fenômeno ENOS interfere, mesmo que parcialmente, na determinação do IEC e FEC pelo método de Garcia e Kayano (2009; 2013), já que o fenômeno impacta a região antissimétrica da RMG. Efeitos de tal fenômeno não são identificados pelo método de Liebmann et al. (2007) uma vez que a RMG é uma região de transição entre os efeitos causados pelo mesmo (GRIMM e FERRAZ, 1998). Porém, o último método apresenta dificuldade em identificar o IEC e, principalmente, o FEC em anos onde são observadas chuvas anômalas na ES e períodos de estiagem na EC, além de ser fortemente dependente da climatologia do período escolhido.

Nota-se que a quantidade de precipitação acumulada assim como o IEC e FEC interferem no RMF, principalmente, na MMG-1 e MMG-2, uma vez que o feijão necessita de boa disponibilidade de água durante o seu ciclo, sem déficit hídrico durante sua fase vegetativa e início da fase reprodutiva além de períodos secos antecedentes a colheita. Nas MMG-3 e MMG-4, a precipitação tem, possivelmente, papel secundário, sendo o RMF influenciado por outros fatores, não analisados no presente trabalho.

Portanto, pode-se concluir que a utilização de mais de um método para a determinação do IEC e FEC diminui a incerteza na identificação das datas, além de minimizar os erros causados pela limitação dos mesmos. Sobre seus impactos no RMF, nota-se que pode ser observado o aumento ou a diminuição do RMF dependendo de algumas características da EC de MG, porém isso não regra para todas as macrorregiões e o RMF pode ser influenciado por outros elementos, meteorológicos, não estudados no presente trabalho.

5. REFERÊNCIAS

- ALVES, L. M.; MARENGO, J. A.; CAMARGO JR, H.; CASTRO, C. Início da estação chuvosa na região sudeste do Brasil: Parte 1- Estudos observacionais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, n. 03, p. 385-394, 2005.
- 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 do VII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Rondonópolis: UFMT - Campus de Rondonópolis, 2006. v. 1. p. 1-10.
- BARBANO, M. T.. **Riscos Climáticos e Épocas de Semeadura e para o Feijoeiro (*Phaseolus Vulgaris* L. cv. carioca) na safra das Águas no Estado de São Paulo** IAC, 2003. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Curso de Pós- Graduação em Tecnologia da Produção Agrícola, Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, São Paulo, 2003.
- BARBIERI, P. R. B.. **Caracterização da estação chuvosa nas regiões Sul e Sudeste do Brasil associado com a circulação atmosférica**. INPE, 2007. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Curso de Pós- Graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, São Paulo, 2007.
- 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.
- BRUNINI, O.; MIRANDA, M. A. C. de; MASCAREHAS, H. A. A. **Determinação do efeito da precipitação pluvial na produtividade agrícola**. Campinas, SP: Instituto Agrônomo de Campinas, 1982. 46p.
- CENTRO de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **CPTEC/INPE**. Estação Chuvosa. 2013. Disponível em: < http://clima1.cptec.inpe.br/~rclima1/estacao_chuvosa.shtml>. Acesso em: 31 out. 2013
- COMPANHIA Nacional de Abastecimento. **CONAB**. 2006. Sétimo levantamento de avaliação da safra 2005/2006. Brasília.
- DW, Deutsche Welle. 2013. Disponível em: < <http://www.dw.de/pol%C3%ADticas-de-agricultura-familiar-brasileiras-s%C3%A3o-exemplo-mundial/a-16978799>>. Acesso em 02 Nov. de 2013.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Cultivo do Feijão da Primeira e Segunda Safras na Região Sul de Minas Gerais. **Sistemas de Produção**, n. 6, versão eletrônica, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoPrimSegSafraSulMG/>>. Acesso em: 10 ago. 2013.

FRANCHITO, S. H.; RAO, V. B.; BARBIERI, P. R. P.; SANTO, C. M. E. Rainy season duration estimated from OLR versus 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.. **Sistema de monção da América do Sul: Início e fim da estação chuvosa e sua relação com a Zona de Convergência Intertropical do Atlântico**. INPE, 2010. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Curso de Pós- Graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, São Paulo, 2010.

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.

GRIMM, A.M.; FERRAZ, S.E.T. Sudeste do Brasil: uma região de transição no impacto de eventos extremos da Oscilação Sul. Parte I: El Niño. X Congresso Brasileiro de Meteorologia, Brasília, DF. **Anais. CD-ROM**, 1998.

GURGEL, F. L.. **A Cultura do Feijão**. 2007. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - Apostila).

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, n. 11, p. 1388-1403, 1989.

INFOCLIMA, Boletim de Informações Climáticas. **CPTEC/INPE**. Disponível em: < <http://infoclima1.cptec.inpe.br/>>. Acesso em 02 de Nov. 2013.

JANOWIAK, John E., PINGPING XIE, 2003: A Global-Scale Examination of Monsoon-Related Precipitation. **Journal of Climate**, v. 16, n. 24, p. 4121–4133, 2003.

KALNAY, E.; KANAMITSU, M.; KISTLER, R.; COLLINS, W.; DEAVEN, D.; GANDIN, L.; IREDELL, M.; SAHA, S.; WHITE, G.; WOOLEN, J.; ZHU, Y.; CHELLIAH, M.; EBISUZAKI, W.; HIGGINS, W.; JANOWIAK, J.; MO, K. C.; ROPELEWSKI, C.; WANG, J.; LEETMAA, A.; REYNOLDS, R.; JENNE, R.; JOSEPH, D. The NCEP/NCAR 40-year Reanalysis Project. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 77, n.03, p. 437-471,1996.

KOUSKY, V. E. Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 03, p. 217-231, 1988.

KRIGE, D.G. A statistical approach to some basic mine valuation problems on the Witwatersrand. J. **Journal of the Chemical, Metallurgical and Mining Society of South Africa**, 52, p. 119-139, 1951.

LIEBMANN, B.; SMITH, C. A. Description of complete (interpolated) outgoing longwave radiation dataset. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 77, n. 06, p. 1275–1277, 1996.

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.

MATHERON, G. The intrinsic random functions and their applications. **Advances in Applied Probability**, 5, p. 439-468, 1973.

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.

MINISTÉRIO da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **MAPA**. 2011. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/feijao/saiba-mais>> Acesso em: 30 Out. 2013.

MINUZZI, R. B.. **Influência dos Fenômenos El Niño e La Niña e os Veranicos do Estado de Minas Gerais**. UFV, 2003. Dissertação (Mestrado em Meteorologia

Agrícola) – Programa de Pós- Graduação em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2003.

MURAKAMI, T.; NAKAZAWA, T. Transition from the southern to northern hemisphere summer monsoon. **Monthly Weather Review**, v. 113, n. 09, p. 1470-1486, 1985.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). **Changes to the Oceanic Niño Index (ONI)**, 2013, Estados Unidos da América. Disponível em: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml>.

PRODUÇÃO agrícola municipal - 2012. **IBGE**. 2013. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_\[anual\]/2012/pam2012.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_[anual]/2012/pam2012.pdf)> Acesso em: 30 Out. 2013.

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.

RENDIMENTO médio da produção da lavoura temporária. **IBGE**. 2005. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=99ez=teo=11>> Acesso em: 02 Ago. 2011.

ROPELEWISKI, C. F., HALPERT, M. S.. Global and regional scale precipitation associated with El Niño/Southern Oscillation. **Monthly Weather Review**, Nº 115, 1606-1626, 1987.

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.

SANTOS, L. F. ; GARCIA, S. R. ; MARTINS, F.B. . Temperatura do ar e umidade específica na cultura de feijão nas regiões leste e sudeste de Minas Gerais. In: XVII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2012, Gramado-RS. **Anais do XVII Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2012.

SANTOS, L. F. ; GARCIA, S. R. ; MARTINS, F.B. . Influência do início e fim da estação chuvosa e das anomalias de temperatura do ar no rendimento do feijão para o norte de Minas Gerais. In: V Simpósio Internacional de Climatologia, 2013, Florianópolis-SC. **Anais do V Simpósio Internacional de Climatologia**, 2013.

SCHMETZ, J.; LIU, Q. Outgoing longwave radiation and its diurnal variation at regional scales derived from Meteosat. **Journal of Geophysical Research**, v. 93, n. D9, p. 11192-11204, 1988.

SILVA, A. E.; CARVALHO, L. M. V. Large-scale index for South America Monsoon (LISAM). **Atmospheric Science Letters**, v. 08, p. 51-57, 2007.

STERN, R. D. Fitting models to daily rainfall data. **Journal of Applied Meteorology**, v. 21, n. 7-12, p. 1024-1031, 1981.

SUGAHARA, S. **Flutuações interanuais, sazonais e intrassazonais 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.; NOGUÉS-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.

VIRMANI, s. M. the agricultural climate of the Hyderabad regions in relation to crop planning. **Internal Report, Farming systems program.** ICRISAT, Hyderabad, India, p.22, 1975.

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.