



Ministério da  
**Ciência, Tecnologia  
e Inovação**



sid.inpe.br/mtc-m19/2011/05.03.13.30.38-TDI

## **DELIMITAÇÃO DO INÍCIO E FIM DAS ESTAÇÕES QUENTE, FRIA E CHUVOSA NO ESTADO DE SÃO PAULO**

Bruno Miranda de Brito

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia, orientada pelos Drs. Manoel Alonso Gan, e Sérgio Henrique Franchito aprovada em 18 maio de 2011.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/39KH49D>>

INPE  
São José dos Campos  
2011

## **PUBLICADO POR**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/6921

Fax: (012) 3208-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

## **CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE (RE/DIR-204):**

### **Presidente:**

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

### **Membros:**

Dr<sup>a</sup> Inez Staciarini Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Dr<sup>a</sup> Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr<sup>a</sup> Regina Célia dos Santos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Dr. Ralf Gielow - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr. Wilson Yamaguti - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

Dr. Horácio Hideki Yanasse - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

### **BIBLIOTECA DIGITAL:**

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Deicy Farabello - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

### **REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:**

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

### **EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:**

Vivéca Sant´Ana Lemos - Serviço de Informação e Documentação (SID)



Ministério da  
**Ciência, Tecnologia  
e Inovação**



sid.inpe.br/mtc-m19/2011/05.03.13.30.38-TDI

## **DELIMITAÇÃO DO INÍCIO E FIM DAS ESTAÇÕES QUENTE, FRIA E CHUVOSA NO ESTADO DE SÃO PAULO**

Bruno Miranda de Brito

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia, orientada pelos Drs. Manoel Alonso Gan, e Sérgio Henrique Franchito aprovada em 18 maio de 2011.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/39KH49D>>

INPE  
São José dos Campos  
2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

Brito, Bruno Miranda de.

B777d Delimitação do início e fim das estações quente, fria e chuvosa no estado de São Paulo / Bruno Miranda de Brito. – São José dos Campos : INPE, 2011.

xxviii+152 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m19/2011/05.03.13.30.38-TDI)

Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2011.

Orientador : Drs. Manoel Alonso Gan, e Sérgio Henrique Franchito.

1. Estação chuvosa. 2. Estação seca. 3. Estação quente. 4. Estação fria. 5. Transições. I.Título.

CDU 551.502 (815.6)

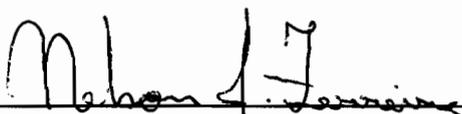
---

Copyright © 2011 do MCT/INPE. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, armazenada em um sistema de recuperação, ou transmitida sob qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico, mecânico, fotográfico, reprográfico, de microfilmagem ou outros, sem a permissão escrita do INPE, com exceção de qualquer material fornecido especificamente com o propósito de ser entrado e executado num sistema computacional, para o uso exclusivo do leitor da obra.

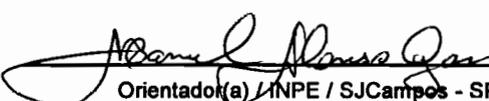
Copyright © 2011 by MCT/INPE. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, microfilming, or otherwise, without written permission from INPE, with the exception of any material supplied specifically for the purpose of being entered and executed on a computer system, for exclusive use of the reader of the work.

Aprovado (a) pela Banca Examinadora  
em cumprimento ao requisito exigido para  
obtenção do Título de Mestre em  
Meteorologia

Dr. Nelson Jesus Ferreira

  
\_\_\_\_\_  
Presidente / INPE / SJCampos - SP

Dr. Manoel Alonso Gan

  
\_\_\_\_\_  
Orientador(a) / INPE / SJCampos - SP

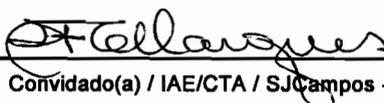
Dr. Sérgio Henrique Franchito

  
\_\_\_\_\_  
Orientador(a) / INPE / SJCampos - SP

Dr. Marcelo Barbio Rosa

  
\_\_\_\_\_  
Membro da Banca / INPE / Cachoeira Paulista - SP

Dra. Rosa de Fátima Cruz Marques

  
\_\_\_\_\_  
Convidado(a) / IAE/CTA / SJCampos - SP

Este trabalho foi aprovado por:

( ) maioria simples

unanimidade

Aluno (a): Bruno Miranda de Brito

São José dos Campos, 18 de maio de 2011



## *Deus altera as estações do ano para realizar Seus propósitos*

*“No Princípio”* (Gên. 1:1), *“Disse Deus: ‘Haja luminares no firmamento do céu para separar o dia e noite. Sirvam eles de sinais para marca as estações, dias e anos... ’”* (Gên. 1:14) *“... esse foi o quarto dia.”* (Gên. 1:19).

Deus no passado utilizou-se de mudanças nas estações para realizar seus propósitos como mostrado no livro de Reis. O propósito era confrontar a adoração do Deus único e verdadeiro (Yale ou YHWH) com a adoração ou idolatria através de Jesabel (a Bala), ou seja, “Elias verso rei Acabe”, mas aqui não é uma briga entre Yale e Bala ou entre Deus e Satanás, porque o poder de Deus é infinitamente maior que a do diabo... *“... pois o Diabo desceu até vocês! Ele esta cheio de fúria, pois sabe que lhe resta pouco tempo.”* (Ap. 12:12). O propósito de Deus era mostra a sociedade da época e ao mesmo tempo a todas que haveriam de vir inclusive à atual que o verdadeiro Deus era Yale e não Bala (ou outros deuses).

Naquela época as pessoas não negavam a Yale mais também aceitavam outros deuses (Ex. de outros deuses: *“... Bala...”*, I Reis 16: 32; *“... serpente de bronze...”*, II Reis 18:4; *“então ele me levou para a entrada da porta norte da casa do Senhor. Lá eu vi mulheres sentadas, chorando por Temos. Ele me disse: ‘Você vê isso, filho do homem? Você verá praticas ainda mais repugnantes do que esta’”*, Ezequiel 8:14-15; *“Os ídolos deles, de prata e ouro, são feitas por mãos humanas. Têm boca, mais não podem falar, olhos, mas não podem ver; tem ouvidos, mas não podem ouvir, nariz, mas não podem sentir cheiro; tem mãos, mas não podem apalpar, pés, mas não podem andar; e não emitem som alguma com a garganta. Tornaram-se como eles aqueles que os fazem e todos os que neles confiam”*, Salmo 155:4-8; *“no dia em que o Senhor lhes falou do meio do fogo em Uribe, vocês não viram forma alguma. Portanto, tenham muito cuidado, para que não se corrompam fazendo para si um ídolo, uma imagem de alguma forma semelhante a homem ou mulher, ou qualquer animal da terra, a qualquer peixe que vive nas águas debaixo da terra. E para que, ao erguemos os olhos ao céu e virem o sol, a lua e as estrelas, todos os corpos celestes, vocês não se desviem e se prostrem diante deles, e prestem culto aquilo que o Senhor, o seu Deus, distribuiu a todos os povos debaixo do céu.”*, Deuteronômio 4:15-19) o que ocorre até hoje e também ocorreram até a segunda vinda de Jesus Cristo e ainda ocorrerá em um pequeno tempo após a Sua vinda (*“O restante da humanidade que não morreu por essas pragas, nem assim se arrependeu das obras das suas mãos; eles não pararam de adorar os demônios e os ídolos de ouro, prata, bronze, pedra e madeira, ídolos que não podem ver, nem ouvir, nem andar.”*, Apocalipse 9:20).

Assim, na época de Jesabel ou do rei Acabe, Deus utilizou o profeta Elias para combater a idolatria. Elias, em seu primeiro milagre, confrontou o rei e procurou demonstrar que Yaweh é o verdadeiro Deus da prosperidade, pois sem a chuva que Ele dá ou retém, nada acontece. Os israelitas estavam seduzidos pela

idéia dos cananeus de que Bala era o detentor da graça da fertilidade da terra, e diante dessa seca (I Reis 17:1) esperava-se que eles entendessem que essa posição é exclusiva de Deus.

Elias em outro momento precisou evidenciar a diferença entre Deus e Bala, e com isto apresentou-se ao rei e fazendo um desafio em um sacrifício para mostra quem era o verdadeiro Deus da prosperidade. Yale novamente teve uma vitória expressiva, mais isso não foi o fim, pois Jesabel empreendeu severa perseguição a Elias e reforçou o número de “profetas” de seu deus.

O anúncio de uma grande chuva, e sua consequência chegada, é visto como um complemento ao primeiro milagre. Elias havia anunciado que teria seca e a chuva só cairia quando ele anunciasse. Era mais uma vez o triunfo de Yale sobre Bala, mostrando que é Deus que comanda as estações e não Bala.

Por fim, Deus declara no conhecido mandamentos da lei de Moises: “... *Não terás outros deuses além de mim. Não farás para ti nenhum ídolo, nenhuma imagem de qualquer coisa no céu, na terra, ou nas águas debaixo da terra. Não te prostrarás diante deles nem lhes prestarás culto, ...*” (Êxodo 20:1-5). “... *Se não se arrepender, virei a você e tirarei o seu candelabro do lugar dele.*” (Apoc. 2:5). “*Aquele que tem ouvidos ouça o que o Espírito diz as igrejas. Ao vencedor darei o direito de comer da árvore da vida que está no paraíso de Deus*” (Apoc. 2:7).

...

*“O vencedor de modo algum sofrerá a segunda morte”* (Apoc. 2:11).

*“... Ao vencedor darei do maná escondido...”* (Apoc. 2:17).

*“O vencedor será igualmente vestido de branco...”* (Apoc. 3:5).

*“Ao vencedor darei o direito de sentar-se comigo em meu trono, assim como eu também venci e sentei-me com meu Pai em seu trono”* (Apoc. 3:21).

### **Cânon Sagrado.**

Tradução bíblica: Cerulho, Morris. *Bíblia de Estudos Batalha Espiritual e Vitória Financeira*.

Versão bíblica **NVI** (Nova versão internacional). ISBN 85-7689-40-2, Rio de Janeiro, 2007.

<sup>33</sup>Ó profundidade da riqueza da sabedoria e do conhecimento de Deus! Quão insondáveis são os seus juízos e inescrutáveis os seus caminhos!  
<sup>34</sup>“Quem conheceu a mente do Senhor? Ou quem foi seu conselheiro?” <sup>35</sup>“Quem primeiro lhe deu, para que ele o recompense?” <sup>36</sup>Pois dele, por ele e para ele são todas as coisas. A ele seja a glória para sempre! Amém.

Romanos 11:33-36

<sup>13</sup>O Senhor diz: “esse povo se aproxima de mim com a boca e me honra com os lábios, mas o seu coração está longe de mim. A adoração que me prestam é feita só de regras ensinadas por homens. <sup>14</sup>Por isso uma vez mais deixarei atônico esse povo com maravilha e mais maravilha; a sabedoria dos sábios perecerá, a inteligência dos inteligentes se desvanecerá.”

Isaías 29:13-14

<sup>1</sup>Mas agora assim diz o Senhor, aquele que o criou, ó Jacó, aquele que o formou, ó Israel: “Não tema, pois eu o resgatei; eu o chamei pelo nome; você é meu. <sup>2</sup>Quando você atravessar as águas, eu estarei com você; quando você atravessar os rios, ele não o encobrirão. Quando você andar através do fogo, não se queimará; as chamas não o deixarão em brasas. <sup>3</sup>Pois eu sou o Senhor, o seu Deus, o Santo de Israel, o seu Salvador; dou o Egito como resgate para livrá-lo, a Etiópia e Sebá em troca de você. <sup>4</sup>Visto que você é precioso e honrado à minha vista, e porque eu o amo, darei homens em seu lugar, e nações em troca de sua vida. ...” ...  
<sup>13</sup>Desde os dias mais antigos eu o sou. Não há quem possa livrar alguém da minha mão mão.  
Agindo eu, quem o pode desfazer?”

Isaías 43:1-4 e 13

<sup>6</sup>... Eu sou o primeiro e eu sou o último; além de mim não há Deus. <sup>7</sup>Quem então é como eu? ... <sup>8</sup>... Vocês são minhas testemunhas. Há outro Deus além de mim? Não, não existe nenhuma outra Rocha; não conheço nenhuma. <sup>9</sup>Todos os que fazem imagens nada são, e as coisas que estimam são sem valor. As suas testemunhas nada vêem e nada sabem, para que sejam envergonhados.

Isaías 44:6-9

<sup>4</sup>Levante-se, refulja! Porque chegou a sua luz, e a glória do Senhor raia sobre você. ... <sup>19</sup>O Sol não será mais a sua luz de dia, e você não terá mais o brilho do luar, pois o Senhor será a sua luz para sempre; o seu Deus será a sua glória.  
<sup>20</sup>O seu sol nunca se porá, e a sua lua nunca desaparecerá, porque o Senhor será a sua luz para sempre, e os seus dias de tristeza terão fim.

Isaías 60:1 e 19-20

(Lucas 4:16-17) <sup>16</sup>Jesus foi a Nazaré, onde tinha sido criado, e no dia de sábado entrou na sinagoga, como era seu costume. E levantou-se para ler.

<sup>17</sup>Foi-lhe entregue o livro do profeta Isaías. Abriu e encontrou o lugar onde está escrito: <sup>(Isaías 61:1-2 e Lucas 4:18-19)</sup> <sup>1</sup>O Espírito do Soberano, o Senhor, está sobre mim, porque o Senhor ungiu-me para levar boas notícias aos pobres. Enviou-me para cuidar dos que estão com o coração quebrantado, anunciar liberdade aos cativos e libertação das trevas aos prisioneiros, <sup>2</sup>para proclamar o ano da bondade do Senhor... <sup>(Lucas 4:20)</sup>

<sup>20</sup>Então ele fechou o livro, devolveu-o ao assistente e assentou-se. Na sinagoga todos tinham os olhos fitos nele; <sup>21</sup>e ele começou a dizer-lhes: “hoje se cumpriu a Escritura que vocês acabaram de ouvir”.



Dedico a minha mãe, **Lucia**, por todo apoio, compreensão e amor.

**Com Amor.**



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço mais que primeiramente a Deus, por ter me criado e ter me feito Seu filho através de Jesus Cristo, pois foi devido a Sua morte na cruz e ressurreição que podemos ser justificados. Agradeço a Jesus ainda por ter me dado força, luz e sabedoria e, por me conceder a oportunidade de descobrir através dos meus estudos os Teus pensamentos nas entrelinhas da natureza e ciência, além de vim abrindo os olhos para os Seus propósitos observados em Tua palavra.

Agradeço aos meus pais, João Bosco de Brito e Maria Jose Alves Miranda de Brito e a meus irmãos.

Aos Prof. Dr. Manoel Alonso Gan e Sérgio Henrique Franchito pelo auxílio e atenção dispensada durante o desenvolvimento deste trabalho e, também, ao Prof. Dr. Clovis Espírito Santo pelo fornecimento dos dados de precipitação do DAEE.

A todos os demais Professores do curso de pós-graduação em Meteorologia do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) que contribuíram no meu aprendizado e desenvolvimento pessoal.

A todos os colegas de curso pela saudável convivência ao longo desses cinco anos, a todos aqueles que de uma forma ou de outra contribuíram para o meu desenvolvimento intelectual e pessoal.

Aos meus amigos da minha turma de mestrado. Obrigado por estar com vocês nesta trajetória.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida. Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pelos dados das estações meteorológicas do Estado de São Paulo fornecidos.



## RESUMO

Neste estudo determinou-se o início e o fim das estações quente ( $E_q$ ), fria ( $E_f$ ) e chuvosa ( $E_c$ ) no Estado de São Paulo. As datas de início das  $E_q$  e  $E_f$  e, transições da estação quente para a fria ( $E_{q-f}$ ) e da estação fria para a quente ( $E_{f-q}$ ) foram identificadas através dos dados de temperatura do ar de 14 estações meteorológicas do INMET, no período de 20 anos (1989 a 2008). As  $E_q$ ,  $E_{q-f}$ ,  $E_f$  e  $E_{f-q}$  tiveram suas datas de início determinadas por meio do critério da temperatura, baseada nas temperaturas médias diárias das  $E_q$  e  $E_f$  e, depois, seus inícios foram ajustados mediante a passagem de sistemas frontais. O início médio da  $E_{q-f}$  ocorreu na pântada 17 e o da  $E_f$  na pântada 27, nos quais ocorreram passagens de Sistema de Frontal (SF) no litoral do Estado. O início das  $E_{f-q}$  e  $E_q$  aconteceu, em média, nas pântadas 47 e 71, respectivamente, e estas foram marcadas por períodos com ausência de passagem de SF, em média de 15 dias na  $E_{f-q}$  e de 13 dias na  $E_q$ . Após a determinação das datas do início e fim das  $E_q$  e  $E_f$  foram determinados os eventos de invernicos e veranicos. Os casos de invernicos foram mais frequentes no mês de março e os de veranicos no mês de julho. Neste trabalho também foi realizada, em uma segunda etapa, uma investigação para determinar as datas de início da  $E_c$  e da estação seca ( $E_s$ ) no Estado de São Paulo, através do critério da precipitação, utilizando dados de precipitação pluvial do INMET e DAEE. As  $E_c$  e  $E_s$  foram determinadas para cada ano através do critério da precipitação pluvial. Nesse sentido, a média dessas datas para as estações ocorreu nas pântadas 66 (INMET) e 63 (DAEE), na  $E_c$ , e na pântada 19, na  $E_s$  em ambas as fontes de dados. O início das  $E_c$  também foi determinado para cada ano pela média das pântadas climatológicas, sendo constatada uma diferença de 4 pântadas entre elas devido à suavização na média dos dados de precipitação climatológicos.



# DELIMITATION OF THE BEGIN AND END OF WARM, COLD AND RAINY SEASONS IN THE SÃO PAULO STATE

## ABSTRACT

In this study the onset and the end of the warm ( $E_q$ ) and cold ( $E_f$ ) seasons and the delimitation of the rainy season in São Paulo State were determined. The dates of the beginning of  $E_q$  and  $E_f$  and the transitions from the warm to the cold season ( $E_{q-f}$ ) and the transitions from the cold to the warm season ( $E_{f-q}$ ) were determined using air temperature data from 14 meteorological stations of INMET for a period of 20 years (1989-2008). The dates of the beginning of  $E_q$ ,  $E_f$ ,  $E_{q-f}$ ,  $E_f$  and  $E_{f-q}$  were obtained using a temperature criterion and observations of cold front passage. The results showed that the beginning of  $E_{q-f}$  and  $E_f$  occurred in the pentads 17 and 27, respectively, where there were cold front passages in the litoral of São Paulo State. The beginning of  $E_{f-q}$  and  $E_q$  occurred, in the average, in the pentads 47 and 71, respectively. In these periods there was absence of cold front passage (in the average 15 days and 13 days for  $E_{f-q}$  and  $E_q$ , respectively). After the delimitation of the dates of the onset and the end of  $E_q$  and  $E_f$  the events of little winter and summer were determined. The little winter cases occurred more frequently during March while the little summer events were more frequent during July. In a second step, in this study an investigation of the dates of the beginning of the rainy ( $E_c$ ) and dry ( $E_s$ ) seasons in São Paulo State based on a precipitation criterion was made. For this purpose, rainfall data from INMET and DAEE were used.  $E_c$  and  $E_s$  were determined for each year using a precipitation criterion. In the average  $E_c$  occurred in the pentads 66 (INMET) and 63 (DAEE) while  $E_s$  occurred in the pentad 19 in both the data sources. The beginning of  $E_c$  was also determined for each year and by the average of the climatological pentads. A difference of 4 pentads between the two cases was obtained due to the smoothing of the climatological precipitation data.



## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>2.1</b> Movimento de translação da terra e suas respectivas datas de solstícios e equinócios. Fonte: Varejão e Ceballos (1982) e Vianello (1991) e Varejão (2005).	6
<b>2.2</b> Umidade específica em 850 hPa ( $10^3\text{g/kg}$ ), em média sobre a área ( $10^\circ - 15^\circ\text{S}$ , $50^\circ-60^\circ\text{W}$ ), para o período antes e após a estação chuvosa (a) início e (b) fim. Fonte: Adaptada de Gan et al. (2004).	14
<b>2.3</b> Intervalos das datas de início (a) e intervalos em dias, da duração (b) do período chuvoso na região SEB. Fonte: Minuzzi et al. (2007).	17
<b>3.1</b> Climatologia da precipitação média (a) no período de 50 anos (1947-1997) e desvio padrão da média climatológica (b), ambos para o Estado de São Paulo. Fonte: Prado e Pereira Filho (2006).	20
<b>3.2</b> Localização das 14 estações meteorológicas no Estado de São Paulo. As linhas azuis fazem separação entre os setores norte, oeste, sudeste e central do Estado de São Paulo. As estações são para as variáveis meteorológicas de precipitação (círculos preto) e temperatura (círculos preto + cruz, todos os 14 pontos). Fonte: INMET.	23
<b>3.3</b> Densidade das 300 estações meteorológicas sobre o Estado de São Paulo. Fonte: DAEE.	24
<b>3.4</b> Temperatura para a cidade de São Paulo para a primavera convencional (de setembro até novembro). Fonte: INMET.	26
<b>3.5</b> Exemplo de como foram determinados (a) o início das $E_q$ ( $I_{e_q}$ ), (b) o início da $E_{q-f}$ ( $I_{e_{q-f}}$ ), (c) o início da $E_f$ ( $I_{e_f}$ ) e (d) o início da $E_{f-q}$ ( $I_{e_{f-q}}$ ) na estação meteorológica de Campos do Jordão. Também são mostradas as temperaturas média diária ( $T_{md}$ ) e temperatura média da $E_q$ ( $T_{m_{eq}}$ ) e da $E_f$ ( $T_{m_{ef}}$ ), além do limiar do critério da temperatura ( $L_m$ ).	29
<b>3.5</b> Continuação.	30
<b>3.6</b> Temperatura média diária ( $T_{md}$ ) para a estação meteorológica de Avaré mostrando exemplos de como foram determinados os eventos de invernicos (a) na $E_q$ e de veranicos (b) na $E_f$ . também são mostrados o início ( $I_{inv}$ ) e fim ( $F_{inv}$ ) do invernicos, o início ( $I_{ver}$ ) e fim ( $F_{ver}$ ) do veranicos, o desvio padrão (DP) e as temperaturas médias para as $E_q$ ( $T_{m_{eq}}$ ) e $E_f$ ( $T_{m_{ef}}$ ).	33
<b>3.7</b> Análise espacial do ciclo anual do vento zonal em 850 hPa em média de pântadas para os pontos $P_1$ ( $22,5^\circ\text{S} - 52,5^\circ\text{W}$ ), $P_2$ ( $20^\circ\text{S} - 50^\circ\text{W}$ ), $P_3$ ( $22,5^\circ\text{S} - 50^\circ\text{W}$ ), $P_4$ ( $25^\circ\text{S} - 50^\circ\text{W}$ ), $P_5$ ( $20^\circ\text{S} - 47,5^\circ\text{W}$ ), $P_6$ ( $22,50^\circ\text{S} - 47,5^\circ\text{W}$ ), $P_7$ ( $25^\circ\text{S} - 47,5^\circ\text{W}$ ), e $P_8$ ( $22,5^\circ\text{S} - 45^\circ\text{W}$ ), no Estado de São Paulo, para o período de 1989 a 2008. Fonte dos	

	dados: NCEP.	35
<b>3.8</b>	Ciclo anual da componente do vento zonal em 850 hPa em média de pântadas e em médio para os 8 pontos (de $P_1$ a $P_8$ ) mostrados na Figura 3.7, no Estado de São Paulo. Fonte dos dados: NCEP.	36
<b>4.1</b>	Média diária climatológica das temperaturas máxima (linha vermelha), média (linha verde) e mínima (linha azul) da estação meteorológica na cidade de São Paulo - SP.	40
<b>4.2</b>	Média diária dos 20 anos de estudo da temperatura média nos setores norte (a), sudeste (b), central (c) e oeste (d) no Estado de São Paulo.	44
<b>4.2</b>	Continuação.	45
<b>4.3</b>	Temperatura média diária da estação meteorológica na cidade de Campos do Jordão – SP, para o período de 1° de novembro de 1992 a 24 de janeiro de 1994. As linhas vermelha (ao longo de 18°C) e azul (ao longo de 11,5°C) são as temperaturas médias da $E_q$ e $E_f$ , respectivamente.	47
<b>4.4</b>	Frequência da ocorrência do início das estações $E_q$ (a), $E_{q-f}$ (b), $E_f$ (c) e $E_{f-q}$ (d), no período de 1989 a 2008 (20 anos), sobre o Estado de São Paulo.	55
<b>4.5</b>	Média mensal (a) e variabilidade anual (b) da ocorrência de SF, no litoral (linha azul) e no interior (linha vermelho) do Estado de São Paulo.	57
<b>4.6</b>	Média do início da transição da $E_{q-f}$ e a $E_f$ , desvio padrão e frequência dos SF observados no interior.	58
<b>4.7</b>	Início da transição da $E_{q-f}$ (linha vermelha) e início da $E_f$ (linha azul).	61
<b>4.8</b>	Frequência da ordem dos SF no início da $E_{q-f}$ e da $E_f$ (a) e ocorrência (linha azul) e frequência (linha vermelha) do início da $E_{q-f}$ e da $E_f$ .	61
<b>4.8</b>	Continuação.	62
<b>4.9</b>	Análise do início da $E_q$ num período sem passagens frontais em janeiro de 2006. A linha horizontal preta em 23,5°C (temperatura média da $E_q$ climatológica) é referente apenas à estação na cidade de São Paulo.	63
<b>4.10</b>	Variabilidade anual do início da $E_{f-q}$ (linha azul) e da $E_q$ (linha vermelha) sobre o Estado de São Paulo.	65
<b>4.11</b>	Média de SF durante os meses de início da $E_q$ e $E_{f-q}$ no litoral e no interior do Estado de São Paulo.	66
<b>4.12</b>	Frequência de SF nos meses de início da $E_{f-q}$ no litoral e no interior do Estado de São Paulo.	67
<b>4.13</b>	Frequência de SF nos meses de início da $E_q$ no litoral e no interior do Estado de São Paulo.	67
<b>4.14</b>	Pentada do início das estações (a) $E_q$ , (b) $E_{q-f}$ , (c) $E_f$ e (d) $E_{f-q}$ , determinados pelo critério da temperatura (CT) e em conjunto (CT e ajustada a incursão de SF - CTSF), nos 20 anos (1989-2008). Também a tendência linear do início das estações e no período em estudo.	70
<b>4.15</b>	Média e normalização (duração/n° de passagens de SF) dos SF,	71

frontal e pós-frontal e, também duração nas  $E_q$ ,  $E_f$  e transições para o período de 20 anos (de 1989 a 2008), no Estado de São Paulo.

	Número de eventos normalizados pelas estações com dados (Apêndice B) de invernicos na $E_q$ (a) e de veranicos durante a $E_f$ (b), no Estado de São Paulo.	73
<b>4.16</b>		
<b>4.17</b>	Duração (dias) dos eventos de invernicos durante a $E_q$ nos setores (a) norte, (b) sudeste, (c) central e (d) oeste do Estado de São Paulo.	75
<b>4.17</b>	Continuação.	76
<b>4.18</b>	Duração (dias) dos episódios de veranicos na $E_f$ , nos setores (a) norte, (b) sudeste, (c) central e (d) oeste no Estado de São Paulo.	77
<b>4.18</b>	Continuação.	78
<b>4.19</b>	Número total de episódios de invernicos (a) e veranicos (b) sobre o Estado de São Paulo, no período de 20 anos (1989 - 2008).	80
<b>4.20</b>	Número total de eventos de invernicos na $E_q$ e veranicos na $E_f$ no Estado de São Paulo, no período de 20 anos (1989 - 2008).	81
<b>4.21</b>	Análise espacial do início das $E_q$ (a), transição $E_{q-f}$ (b), $E_f$ (c) e transição da $E_{f-q}$ (d) no Estado de São Paulo.	83
<b>4.21</b>	Continuação.	84
<b>4.21</b>	Continuação.	85
<b>5.1</b>	Precipitação média mensal a cada ano (de a até u) e média mensal climatológica (v) no Estado de São Paulo (média das 12 estações meteorológicas do INMET), no período de 20 anos (1989 - 2008). Linha preta significa a precipitação média anual climatológica.	90
<b>5.2</b>	Precipitação média mensal para os setores N (a), SE (b), CT (c) e W (d) no Estado de São Paulo. Fonte: INMET.	93
<b>5.2</b>	Continuação.	93
<b>5.3</b>	Ciclo anual de precipitação média de 20 anos (1989 - 2008) para os quatro setores do Estado de São Paulo. Fonte: DAEE.	94
<b>5.4</b>	Ciclo de precipitação anual climatológica entre as pântadas 37 e 36 nos quatro setores no Estado de São Paulo.	100
<b>5.5</b>	Ciclo de precipitação anual climatológica entre as pântadas 37 e 36 nos quatro setores no Estado de São Paulo.	107
<b>5.6</b>	Variabilidade interanual das estações $E_c$ e $E_s$ , determinadas pelo critério da precipitação, nos 20 anos (1989-2008).	110
<b>5.7</b>	Precipitação média trimestral, média de passagens de SF no litoral e interior (1989 - 2008) e média de ocorrências de ZCAS (1996 - 2008). As siglas significam: N_W - média da precipitação dos setores norte e oeste, e SE_CT - média da precipitação dos setores sudeste e central. Fontes dos dados: DAEE e Boletim Climanálise.	112
<b>5.8</b>	Climatologia mensal de ZCAS na América do Sul em um período de 13 anos de 1996 até 2008.	113
<b>5.9</b>	Análise espacial do início da $E_c$ (a) e $E_s$ (b) no Estado de São Paulo, por estação meteorológica. Fonte dos dados: INMET.	116
<b>5.10</b>	Análise espacial do início da $E_c$ (a) e $E_s$ (b) nos quatro setores do Estado de São Paulo. Fonte dos dados: DAEE.	117
<b>A1</b>	Precipitação anual (de a até u) e média mensal (v) para a Estação	133

	de Franca.	
<b>A2</b>	Mesmo que na Figura A1, exceto para estação de São Carlos.	134
<b>A3</b>	Mesmo que na Figura A1, exceto para estação de São Simão.	135
<b>A4</b>	Mesmo que na Figura A1, exceto para estação de Catanduva.	136
<b>A5</b>	Mesmo que na Figura A1, exceto para estação de Votuporanga.	137
<b>A6</b>	Mesmo que na Figura A1, exceto para estação de São Paulo.	138
<b>A7</b>	Mesmo que na Figura A1, exceto para estação de Campos do Jordão.	139
<b>A8</b>	Mesmo que na Figura A1, exceto para estação de Taubaté.	140
<b>A9</b>	Mesmo que na Figura A1, exceto para estação de Avaré.	141
<b>A10</b>	Mesmo que na Figura A1, exceto para estação de Sorocaba.	142
<b>A11</b>	Mesmo que na Figura A1, exceto para estação de Presidente Prudente.	143
<b>A12</b>	Mesmo que na Figura A1, exceto para estação de São Carlos.	144
<b>C1</b>	Casos de SF no litoral (a) e no interior (b) do Brasil. Fonte: Boletim Climanálise.	149
<b>C1</b>	Continuação.	150
<b>C2</b>	Temperatura de brilho médio do satélite GOES (a) e precipitação acumulada (b) no evento de ZCAS, ambos para o período de 17 a 20 de outubro de 2006. Fonte: Boletim Climanálise.	
		151

## LISTA DE TABELAS

	Pág.
<b>2.1</b> Definição convencional das estações do ano no HN. Fonte: adaptado de Pielke et al. (1987).	6
<b>2.2</b> Definição convencional das estações do ano para o HS. Fonte: Adaptado de Vianello (1991) e Varejão (2005).	7
<b>2.3</b> Esquema de classificação sinótica para os EUA. Fonte: adaptada de Pielke (1982).	7
<b>2.3</b> Continuação.	8
<b>3.1</b> Características geográficas das 14 estações meteorológicas em estudo. Fonte: INMET.	22
<b>4.1</b> As $E_q$ , $E_f$ e transição em média diária climatológica e temperatura média na $E_q$ e $E_f$ , para o período de 20 anos.	46
<b>4.2</b> Data do início das $E_q$ a cada ano nas 14 estações meteorológicas do INMET, no Estado de São Paulo. Valores em azul e vermelho representam o início mais cedo e mais tarde da $E_q$ , respectivamente.	51
<b>4.3</b> Data do início das $E_{q-f}$ a cada ano nas 14 estações meteorológicas do INMET, no Estado de São Paulo. Valores em azul e vermelho representam o início mais cedo e mais tarde da $E_{q-f}$ , respectivamente.	52
<b>4.4</b> Data do início das $E_{f-q}$ a cada ano nas 14 estações meteorológicas do INMET, no Estado de São Paulo. Valores em azul e vermelho representam o início mais cedo e mais tarde da $E_{f-q}$ , respectivamente.	53
<b>4.5</b> Data do início das $E_{f-q}$ a cada ano nas 14 estações meteorológicas do INMET, no Estado de São Paulo.	54
<b>4.6</b> Média do início da estação de transição da $E_{q-f}$ e $E_f$ , desvio padrão e frequência dos SF observados no interior.	62
<b>4.7</b> Média do início da $E_{f-q}$ e $E_q$ , desvio padrão, amplitude e número de dias com ausência dos SF observados no litoral, no período de 1989 a 2008, no Estado de São Paulo.	66
<b>5.1</b> As $E_c$ e $E_s$ a partir da precipitação média climatológica e sua precipitação média anual no Estado de São Paulo. Fonte: INMET.	94
<b>5.2</b> As $E_c$ e $E_s$ a partir da precipitação média climatológica e sua precipitação média anual em São Paulo. Fonte: DAEE.	95
<b>5.3</b> Início da $E_c$ ano a ano nas 12 estações meteorológicas do Estado de São Paulo. Valores em azul e vermelho representam o início mais cedo e mais tarde da $E_c$ , respectivamente.	97
<b>5.4</b> Início da $E_s$ a cada ano em 12 estações meteorológicas do INMET, no Estado de São Paulo. Valores em azul e vermelho representam o início mais cedo e mais tarde da $E_s$ , respectivamente.	98
<b>5.5</b> Início das $E_c$ e $E_s$ a partir da climatologia de precipitação média no Estado de São Paulo. Fonte: INMET.	102

<b>5.6</b>	Datas do início da $E_c$ , ano a ano, a partir da média de precipitação em pântadas das 300 estações meteorológicas do DAEE, nos setores norte, sudeste, central e oeste do Estado de São Paulo. Valores em azul e vermelho representam o início mais cedo e mais tarde da $E_c$ , respectivamente.	104
<b>5.7</b>	Datas do início da $E_s$ , ano a ano, a partir da média de precipitação em pântadas das 300 estações meteorológicas do DAEE, nos quatro setores do Estado de São Paulo. Valores em azul e vermelho representam o início mais cedo e mais tarde da $E_c$ , respectivamente.	105
<b>5.8</b>	As $E_c$ e $E_s$ a partir da precipitação média climatológica nos quatros setores do Estado de São Paulo. Fonte: INMET.	107
<b>B1</b>	Número de anos com dados de temperatura durante as $E_q$ e $E_f$ no Estado de São Paulo, no qual, foram determinados os eventos de invernicos e veranicos. Fonte dos dados: INMET.	147

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AS	América do Sul
ASAS	Alta Subtropical do Atlântico Sul
CCM	Complexo Convectivo de Mesoescala
CEPAGRI	Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura
CTH	Centro Tecnológico de Hidráulica
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
EUA	Estados Unidos da América
$E_c$	Estação chuvosa
$E_s$	Estação seca
$E_q$	Estação quente
$E_{q-f}$	Estação quente para fria
$E_f$	Estação fria
$E_{f-q}$	Estação fria para quente
HN	Hemisférios Norte
HS	Hemisfério Sul
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
JBNAS	Jatos de Baixos Níveis da América Sul
JP	Jato Polar
JS	Jato Subtropical
SEB	Sudeste do Brasil
SF	Sistema Frontal
SCM	Sistema Convectivo de Mesoescala
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
UNICAP	Universidade Estadual de Campinas
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul



## LISTA DE SÍMBOLOS

A	Amplitude
DP	Desvio Padrão
$\bar{M}$	Média
$\bar{M}_{SP}$	Média do início das estações no Estado de São Paulo.
$P_M$	Precipitação média, mm.
$\bar{T}_m$	Temperatura Média Diária Climatológica, °C.
$T_m$	Temperatura Média Diária, °C.
$T_{m\acute{a}x}$	Temperatura Máxima Diária, °C.
$T_{m\acute{i}n}$	Temperatura Mínima Diária, °C.
$T_{mq}$	Temperatura média climatológica na $E_q$ , °C.
$T_{mf}$	Temperatura média climatológica na $E_f$ , °C.



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Objetivos: .....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	5
2.1. Definições de estação do ano .....	5
2.2. Influências da Circulação Geral sobre as Estações.....	8
2.3. $E_c$ e $E_s$ na região de atuação do sistema de monção na AS.....	12
3. DADOS E METODOLOGIA.....	19
3.1. Descrição da área de estudo.....	19
3.1.1. Localização e características do Estado de São Paulo .....	19
3.2. Dados.....	21
3.3. Metodologia .....	25
3.3.1. Início das $E_q$ , $E_f$ e transições .....	25
a. Início das $E_q$ , $E_f$ e transições através da temperatura média diária climatológica .....	25
b. Início das $E_q$ , $E_f$ e transições pelo critério da temperatura diária.....	27
c. Início das $E_q$ , $E_f$ e transições através do critério da temperatura em conjunto com sistemas meteorológicos .....	31
d. Determinação dos eventos de invernicos e veranicos.....	32
3.3.2. Início das $E_c$ e $E_s$ .....	34
3.3.2.1. Determinação das $E_c$ e $E_s$ .....	36
a. $E_c$ e $E_s$ em média mensal .....	36
b. Início das $E_c$ e $E_s$ pelo critério da precipitação.....	37
c. Análise dos sistemas meteorológicos nas $E_c$ e $E_s$ .....	38
4. DETERMINAÇÃO DAS ESTAÇÕES QUENTE E FRIA .....	39
4.1. Delimitação das $E_q$ e $E_f$ e transições utilizando a temperatura média diária do período de 20 anos .....	39
4.2. Delimitação das $E_q$ e $E_f$ anualmente utilizando o critério da temperatura.....	47
4.3. Início e fim das estações quente e fria na presença ou ausência de SF .....	56
4.4. Determinação de invernicos e veranicos no Estado de São Paulo.....	72
4.5. Discussão.....	81
5. DETERMINAÇÃO DAS ESTAÇÕES CHUVOSA E SECA .....	87
5.1. Análise das $E_c$ e $E_s$ pela precipitação média mensal .....	87
5.2. Delimitação das $E_c$ e $E_s$ a pelo critério da precipitação e com os dados do INMET .....	95
5.3. Determinação das $E_c$ e $E_s$ pelo critério da precipitação, com os dados do DAEE .....	102
5.4. Análise dos SF e ZCAS durante as $E_c$ e $E_s$ .....	111
5.5. Discussão.....	113
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES.....	119
6. 1. Para trabalhos futuros sugere-se:.....	122
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125
APÊNDICE A.....	133
APÊNDICE B.....	147
APÊNDICE C.....	149



## 1. INTRODUÇÃO

Diversos fenômenos naturais periódicos, como o dia e a noite e as estações do ano, regulam a vida social humana. Historicamente, as estações do ano foram inicialmente definidas por dois períodos distintos, sendo um quente (dividido em 3 partes: primeiro verão, tempo de frutificação e tempo de estio) e um frio (dividido em 2 partes: tempo de ocaso e período mais frio do ano) e posteriormente, passou-se a ter quatro estações, para ajustar-se as posições exatas dos equinócios e solstícios (Varejão, 2005). Com isto, hoje existem as seguintes definições: *astronômica*, baseada em critérios estabelecidos em função da posição da Terra com relação ao Sol; a do *calendário*, que determina para o Hemisfério Sul: verão (dezembro a fevereiro), outono (março a maio), inverno (junho a agosto) e primavera (setembro a novembro); e a *meteorológica*, que é determinada pelas variáveis meteorológicas, temperatura e precipitação, além dos fenômenos atmosféricos (Pielke et al, 1987; Maheras, 1989).

O clima de uma região é condicionado por diversos fatores, entre eles, pode-se citar precipitação, temperatura, vento, pressão atmosférica e evaporação, os quais, por sua vez, são caracterizados por fatores como altitude, latitude, topografia e também por sistemas meteorológicos atuantes na região. Assim, para conhecimento dos períodos de verão, de inverno e de transição, e, chuvosos e secos faz-se necessário o conhecimento do comportamento de algumas variáveis meteorológicas e fenômenos atmosféricos associados.

Vários sistemas meteorológicos frequentemente atingem o Estado de São Paulo, como os citados por Alves et al. (2005), a saber: Sistemas Frontais (SF), Zona de Convergência da Atlântico Sul (ZCAS) e Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM). Tais sistemas geram diversos fenômenos adversos, como: precipitações intensas, chuva de granizo, descargas elétricas, entre outros, durante todo o ano, além de geadas no inverno (FORTUNE e KOUSKY, 1983;

MATTOS, 2002; PEZZA, 2003). Como consequência desses fenômenos adversos a população sofre com diversos prejuízos, entre eles alagamentos, desmoronamentos, secas, lentidão no trânsito, atrasos dos vôos nos aeroportos e até perdas de vidas humanas. Cada um desses fenômenos adversos ocorre em períodos próprios, causados por suas características de gênese e sistemas atmosféricos associados.

A diversidade climática encontrada sobre o Estado de São Paulo é devido às características tropicais e subtropicais, que este está sujeito durante todo o ano, pois, sobre esta área passa a linha do Trópico de Capricórnio, e é devido também à grande extensão meridional dentro da região do Sudeste do Brasil (SEB). Esse Estado comporta mais de quarenta milhões de habitantes, sendo o mais populoso do Brasil, ocupando uma área de 248.209,426 km<sup>2</sup>. Com alta densidade demográfica, a região torna-se vulnerável à variabilidade climática, pois estas podem interferir nas atividades econômicas devido à grande concentração de indústrias e produções agrícolas.

Neste sentido, muitos estudos em meteorologia podem contribuir para que os tomadores de decisão atuem para amenizar os danos causados pela combinação dos fenômenos atmosféricos e o desenvolvimento da atividade humana. Com isto, um dos enfoques que vêm sendo dado no Brasil é melhorar o entendimento das condições atmosféricas associadas ao início e fim das estações chuvosa ( $E_c$ ) e seca ( $E_s$ ), que são aspectos de extrema relevância do clima. Tais estudos cooperam com os vários setores de produção, como a agricultura, onde o crescimento das diferentes culturas depende do período em que as chuvas efetivamente se iniciam (STEWART, 1990), e também ao planejamento hídrico para geração de energia elétrica.

A distribuição espacial e temporal das precipitações no Estado de São Paulo é uma característica regional muito importante, tanto para a sociedade como para a economia. O conhecimento das características da precipitação pode

conduzir a decisões quanto às medidas necessárias para minimizar os danos decorrentes da falta de regularidade das chuvas. No verão, a variabilidade intrassazonal da precipitação intrasazonal sobre a América do Sul (AS) tropical tem sido relacionada a uma série de fenômenos atmosféricos, como a oscilação de Madden-Julian (MADDEN e JULIAN, 1971; KOUSKY e CAVALCANTI, 1988; KAYANO e KOUSKY, 1999), vórtices ciclônicos da alta troposfera de latitudes subtropicais (KOUSKY e GAN, 1981; CLIMANÁLISE, 1996), incursões de sistemas frontais das latitudes médias (KOUSKY, 1979; LIEBMANN et al., 1999), ZCAS (STRETEN, 1973; YASUNARI, 1977; KODAMA, 1992; LIEBMANN, 2001; CARVALHO, 2002) e SCM (SILVA DIAS, 1987). Muitas vezes, associados à atuação desses sistemas, o Estado de São Paulo é atingido por eventos severos de precipitação (CARVALHO, 2002; VASCONCELLOS, 2008). Eventos severos são responsáveis por diversos prejuízos à população, principalmente em cidades de alta densidade demográfica e com uma infra-estrutura inadequada que não consegue acomodar uma quantidade excessiva de precipitação. Nestes eventos severos, o excesso de precipitação, muitas vezes em um solo já saturado, pode afetar áreas agrícolas com a perda de safra e também causar deslizamentos de terra devido ao solo danificado pela ação antrópica, como a urbanização em locais impróprios. Coutinho (2002) mostrou que, em geral, os eventos de escorregamento de terra ocorrem com grandes índices pluviométricos acumulados em até cinco dias antes e no dia da ocorrência do evento, deixando vários desabrigados. Segundo Santo e Satyamurty (2002), estudos estatísticos e sinóticos dos eventos extremos são importantes para melhorar a destreza e a confiabilidade da previsão para melhor alertar a população contra os fenômenos adversos.

### **1.1. Objetivos:**

Os objetivos principais deste estudo são:

- i. Definir as datas do início das estações quente ( $E_q$ ), fria ( $E_f$ ) e transições ( $E_{q-f}$  e  $E_{f-q}$ ), além dos eventos de invernicos e veranicos no Estado de São Paulo;
- ii. Analisar a frequência de SF durante as  $E_q$ ,  $E_{q-f}$ ,  $E_f$  e  $E_{f-q}$ , e verificar se no período em que ocorreu o início dessas estações houve passagens frontais ou se houve ausência de SF;
- iii. Determinar as datas do início das  $E_c$  e  $E_s$  no Estado de São Paulo;
- iv. Analisar a frequência de SF e ZCAS nas  $E_c$  e  $E_s$ .

Os resultados deste estudo visam contribuir para um melhor entendimento da influência de sistemas meteorológicos, como SF, no início e fim das  $E_q$  e  $E_f$ , e também para uma melhor compreensão do comportamento das variáveis meteorológicas precipitação e temperatura, e como os sistemas meteorológicos influenciam nas estações em estudo. Os resultados poderão fornecer subsídios aos órgãos públicos na tomada de decisões para melhoria da população e evitar prejuízos a sociedade em geral.

No Capítulo 2 será apresentada a revisão bibliográfica das principais definições de estações do ano e estudos das delimitações meteorológicas sazonais em ambos os hemisférios, além das influências remotas nas  $E_c$  e  $E_s$ , e no Capítulo 3 os dados utilizados e as metodologias aplicadas. Nos Capítulos 4 e 5 serão apresentados os resultados obtidos para as  $E_q$ ,  $E_{q-f}$ ,  $E_f$ , e  $E_{f-q}$  e os episódios de invernicos e veranicos, além das  $E_c$  e  $E_s$ . Por fim, no Capítulo 6, serão apresentadas as considerações finais, conclusões e também sugestões para trabalhos futuros.

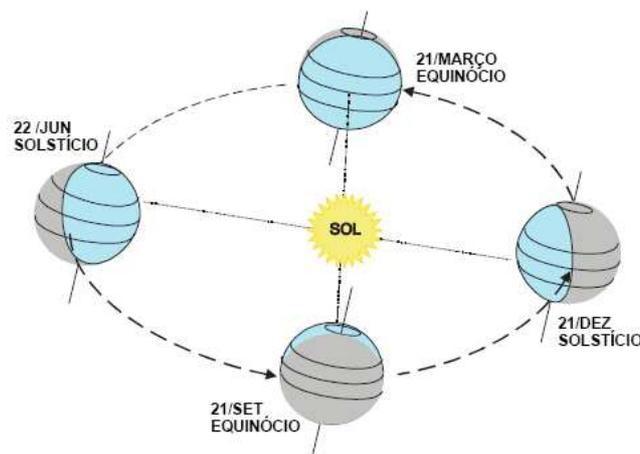
## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Neste capítulo é apresentada uma revisão das principais definições e características das quatro estações do ano, além dos fatores que influenciam o período chuvoso.

### **2.1. Definições de estação do ano**

Historicamente, a definição de estação do ano, para aplicação meteorológica, é usualmente feita respeitando a posição do Sol em relação à Terra. Uma aproximação das definições convencionadas de estações são mostradas na Tabela 2.1 para o Hemisfério Norte (HN) (PIELKE et al., 1987) e na Tabela 2.2 para o Hemisfério Sul (HS) (VIANELLO, 1991; VAREJÃO, 2005). Segundo Varejão (2005) essa definição veio da astronomia e, esta relacionada com o movimento de translação da Terra e a inclinação de seu eixo. Esta definição divide o ano em quatro períodos, denominados de estações do ano (Figura 2.1), que duram cerca de três meses cada. Os solstícios e os equinócios são os eventos que estabelecem o início das estações do ano em cada hemisfério. O HS recebe mais energia solar que o HN entre 23 de setembro e 21 de março (do ano seguinte), sendo que o máximo energético coincide com o solstício de dezembro. De 21 de março a 23 de setembro o HS recebe menos energia solar que o HN. O suprimento energético mínimo acontece no solstício de junho. Portanto, o verão começa no solstício de dezembro e o inverno no de junho; a primavera se inicia no equinócio de setembro e o outono no de março. No HN, as estações do ano ocorrem de forma oposta; assim o verão dá-se no solstício de junho, e o inverno no de dezembro. Vale salientar, que as alterações no aquecimento não afetam apenas a temperatura, mas interferem na umidade do ar, nos ventos predominantes, na precipitação e etc. Na zona equatorial praticamente não são observadas diferenças no comportamento da atmosfera entre as estações; em geral, apenas uma pequena queda na temperatura do ar é notada (VAREJÃO, 2005). Nas demais zonas do globo, no entanto, as diferenças identificadas no comportamento médio da atmosfera são bem mais

acentuadas, e aumentam na direção dos pólos (VAREJÃO, 2005). Porém, a definição astronômica de estação do ano é independente da latitude e dos eventos meteorológicos, e por isso, as principais características das estações meteorológicas como início, duração e fim não são bem demarcadas. Hoje já existem alguns estudos para o HN (PIELKE et al., 1987; MAHERAS, 1989) que procuraram definir as datas das estações do ano, em uma determinada região, através das condições meteorológicas. Para a AS foram publicados apenas estudos que definem o início das estações do ano e/ou  $E_c$  e  $E_s$  de acordo com as condições meteorológicas e volume de precipitação (MOLION, 1987; PAIVA, 1997; LIEBMANN et al., 2001; GAN et al., 2004; ALVES et al., 2005; MINUZZI et al., 2007).



**Figura 2.1 -** Movimento de translação da terra e suas respectivas datas de solstícios e equinócios.  
 Fonte: Varejão e Ceballos (1982) e Vianello (1991) e Varejão (2005).

**Tabela 2.1 -** Definição convencional das estações do ano no HN.

-	Inverno	Primavera	Verão	Outono
Definição astronômica	Solstício de inverno para equinócio de primavera (22 de junho para 23 de setembro)	Equinócio de primavera para Solstício de verão (23 de setembro para 22 de dezembro)	Solstício de verão para equinócio de outono (22 de dezembro para 21 de março)	Equinócio de outono para solstício de inverno (21 de março para 22 junho)
Definição do calendário	DEZ-JAN-FEV	MAR-ABR-MAI	JUN-JUL-AGO	SET-OUT-NOV

Fonte: Adaptada de Pielke et al. (1987).

**Tabela 2.2** - Definição convencional das estações do ano para o HS.

-	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Definição astronômica	Solstício de verão para equinócio de outono (22 de dezembro para 21 de março)	Equinócio de outono para solstício de inverno (21 de março para 22 junho)	Solstício de inverno para equinócio de primavera (22 de junho para 23 de setembro)	Equinócio de primavera para Solstício de verão (23 de setembro para 22 de dezembro)
Definição do calendário	DEZ-JAN-FEV	MAR-ABR-MAI	JUN-JUL-AGO	SET-OUT-NOV

Fonte: Adaptado de Vianello (1991) e Varejão (2005).

Pielke et al. (1987) definiram as quatro estações do ano sobre os EUA de acordo com a classificação sinótica. Delimitaram o inverno quando ocorre uma maior frequência de passagem de frentes polares, e estas ficam restringidas em latitudes altas. O verão é definido quando as frentes polares são mais equatoriais e o outono (primavera) são períodos de transição com uma maior (menor) frequência de frentes polares limitadas nas regiões polares.

As definições de estações meteorológicas também podem ser feitas de acordo com esquema de classificação sinótica descrito por Lindsey (1980) e Pielke (1982) mostrado na Tabela 2.3, resumidamente, em que, no inverno são mais frequentes as categorias 2, 3 e 4. No verão tem-se uma maior frequência das categorias 1 e 5. O outono e primavera apresentam transição entre as estações do verão e do inverno.

**Tabela 2.3** - Esquema de classificação sinótica para os EUA.

Categorias	Razão para categorização
1	Localizada no setor quente dos ciclones extratropicais, uma fraca advecção de vorticidade e espessura, com pequena curvatura das isóbaras de superfície. Ventos de sul nos baixos níveis são típicos.
2	Na vanguarda da frente quente, sobre a região de curvatura ciclônica, o ar quente avança sobre o ar frio se estabilizando com a estratificação térmica, enquanto a advecção de vorticidade positiva e a fricção de baixos níveis contribuem para menor convergência de massa.

Continua

Tabela 2.3 - Conclusão.

3	Na retaguarda da frente fria, sobre a região de curvatura ciclônica, a advecção de vorticidade positiva e a advecção térmica negativa dominam como resultado do resfriamento causado pela forte mistura na camada limite. O resultado da estratificação térmica na baixa troposfera é neutro, ou ligeiramente, superadiabática. Ventos fortes são usualmente associados com este setor do ciclone extratropical.
4	Sob uma alta polar, na região de curvatura anticiclônica, advecção de vorticidade positiva, fraca advecção térmica negativa e divergência em baixos níveis podem produzir subsidência. Com o ar frio na troposfera superior, a estratificação termal é somente estabilizada superficialmente durante o dia, apesar da subsidência. À noite, contudo, o fraco gradiente de pressão em superfície é associado a uma camada muito estável próximo ao solo, e em noites claras com resfriamento devido a perda da ROL. O vento geostrófico em baixos níveis é usualmente leve ou moderado, variando lentamente de nordeste para sudeste com a progressão da cristas para leste.
5	Na vizinhança da crista subtropical, a advecção de vorticidade, a espessura e o gradiente horizontal de pressão são fracos. A crista do ar superior, junto com a curvatura anticiclônica no campo de pressão em baixos níveis, produz fraca e persistente subsidência. Ventos de baixos níveis sobre o leste dos EUA, associados com estes sistemas, tendem a soprar do sudeste para o sudoeste.

Fonte: adaptada de Pielke (1982).

## 2.2. Influências da Circulação Geral sobre as Estações

A circulação geral da atmosfera é originada por fatores astronômicos, e é influenciada pela distribuição da radiação solar sobre o globo terrestre devido à posição da Terra relativo ao Sol, mas também por fatores internos, ou seja, pela composição e estrutura da atmosfera, pela distribuição dos oceanos e continentes, e pelo relevo dos continentes (FEDOROVA, 1999). Essa circulação de grande escala é gerada pelo aquecimento desigual da superfície do solo, que devido às diferenças de temperatura entre os pólos e o equador, e entre os continentes e os oceanos, originam movimentos do ar que são muito importantes na situação meteorológica. A circulação geral da atmosfera atua como mecanismo para distribuição de calor, umidade e momento sobre todo o

planeta (PIELKE et al., 1987). Também favorece a formação de desertos nas regiões com persistentes movimentos descendentes e beneficia algumas regiões com grande quantidade de precipitação, devido à persistência de movimentos ascendentes. As regiões com movimentos ascendentes em direção ao pólo no verão, e descentes em direção ao equador no inverno ocorrem em resposta das mudanças da incidência da radiação solar no globo durante o ano (PIELKE et al., 1987), com isso, ocorrem mudanças na circulação, que segundo Alves et al. (2005), podem identificar o início das estações do ano e/ou chuvosa.

Variações sazonais na circulação geral na atmosfera podem estabelecer mudanças nas intensidades e/ou nas frequências dos sistemas atmosféricos em cada região (PIELKE et al., 1987), como na região do SEB, e mais especificamente no Estado de São Paulo, onde atuam diversos sistemas meteorológicos, que podem marcar o início da Ec.

Os ciclones extratropicais são um dos principais sistemas responsáveis por mudanças de tempo nas latitudes médias, e sua gênese ocorre no globo por diversos fatores, tais como, topografia, distribuição dos continentes e oceanos, e gradiente de temperatura. Gan e Rao (1991) estudaram a frequência de ciclogênese sobre a AS, entre 15° - 50°S de latitude e entre 90°-30°W de longitude, e verificaram que nos meses de maio, julho e outubro houve maiores frequências de ciclogêneses com 134, 107 e 105, respectivamente. Reboita (2008) analisando a climatologia de ciclogênese com dados de reanálise do NCEP/NCAR e pela simulação do RegCM3, verificou que sobre a costa sul e SEB a maior densidade de ciclogêneses ocorre no verão, seguido da primavera e outono.

Tais ciclones extratropicais são acompanhados dos SF que são compostos de forma clássica, por um centro de baixa pressão em superfície, uma frente quente e uma frente fria. Esta última, geralmente se desloca de sudoeste para

nordeste sobre o continente da AS e oceano Atlântico adjacente. Sobre o Estado de São Paulo são mais frequentes na primavera e no inverno, com um máximo ocorrendo em outubro com 6 casos, e menos frequente em janeiro e fevereiro (OLIVEIRA, 1986; ANDRADE, 2007).

Os SF que atingem a região do SEB são responsáveis pela organização da convecção tropical no verão, sendo importante para a gênese e manutenção da ZCAS (LIEBMANN et al., 1999). A ZCAS é um sistema típico dos meses de verão, podendo ocorrer entre o período de outubro a março (CARVALHO, 2002). A ZCAS pode permanecer estacionária por vários dias sobre uma mesma região, provocando intensificação das chuvas sobre o SEB (ROCHA E GANDU, 1996), podendo causar eventos severos de precipitação (CARVALHO, 2002). As ZCAS são influenciadas pelos Jatos de Baixos Níveis da América Sul (JBNAS) que, ao transportar umidade da Amazônia para a região sudeste, intensifica a atividade convectiva na região desta zona de convergência, e quando este fluxo é dirigido para o sul da AS enfraquece a convecção na região da ZCAS (NOGUES-PAEGLE e MO, 1997; LIEBMANN et al., 1999).

Os JBNAS, além de influenciar a ZCAS, podem também gerar fortes tempestades e enchentes na região de saída do jato. Segundo Marengo et al. (2004), o fluxo de umidade na baixa troposfera vinda do Atlântico equatorial através do ventos alísios de nordeste, passa pela Amazônia. Ao cruzar essa região, o fluxo de umidade sofre um desvio para o sul e SEB, e norte da Argentina, devido a presença dos Andes. Segundo Paegle (2000) sua ocorrência é frequentemente observada a leste dos Andes em todas as estações do ano. Marengo et al. (2004) encontraram uma maior intensidade dos JBNAS vindo do Atlântico Tropical Norte e um fraco fluxo de umidade associado a Alta Subtropical do Atlântico do Sul (ASAS) no verão (NDJF).

A ASAS, em 850hPa, produz ventos de nordeste sobre o Estado de São Paulo, tanto no verão como no inverno, exercendo influência sobre o tempo e clima (BASTOS e FERREIRA, 2000). Durante o inverno, as temperaturas são menores sobre os continentes. Como consequência, centros de alta pressão tendem a migrar para os continentes, dificultando a progressão normal dos SF (VIANELLO e ALVES, 2000). No verão, as temperaturas são maiores sobre os continentes, e os centros de alta pressão localizam-se, prioritariamente, sobre os oceanos (VIANELLO e ALVES, 2000). Ito e Ambrizzi (2000), avaliando o comportamento médio da ASAS durante os meses de inverno (junho, julho e agosto), notaram que durante o mês de julho a ASAS encontra-se mais próxima do continente da AS, em torno de 10°W. No verão, o transporte de umidade nos baixos níveis da troposfera ao longo das ZCAS é afetado pela circulação associada a ASAS (QUADRO, 1994).

Outro sistema atmosférico que muda de acordo com a circulação de grande escala, e que pode influenciar o tempo e o clima sobre a AS, são os jatos subtropical (JS) e polar (JP). Na HS, os JS e JP são observados mais ao norte no inverno e mais ao sul no verão. Segundo Escobar (2009), o JP exerce influência direta e indireta sobre as mudanças do tempo, sendo que quando o mesmo se desloca para o norte, seus movimentos são seguidos em superfície por SF e altas pressões. Essas mudanças de tempo, muitas vezes, são causadas pela gênese de SCM devido à incursão de SF (SAULO et al., 2000).

Além dos SF, outros sistemas podem favorecer a formação dos SCM, como durante a atividade de ZCAS, por exemplo, onde é verificado um aumento na atividade dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs) sobre as regiões subtropicais da AS (SILVA DIAS, 1987; NIETO FERREIRA et al., 2002). No Sudeste do Brasil, Figueredo e Scolar (1996) e Silva Dias (1987) verificaram que alguns CCM podem atingir essa região quando há condições favoráveis, causando eventos severos de precipitação, particularmente do vale do Paraná para o Altiplano.

Em resumo, esses sistemas meteorológicos supracitados são encontrados no SEB, mas não necessariamente atuam em outras regiões do globo. Portanto, cada região tem características climáticas próprias, pois a incidência de radiação solar não é constante. Além disso, em cada região a atuação de diversos sistemas atmosféricos são influenciadas por fatores remotos distintos, que podem variar também em cada estação do ano e/ou chuvosa e seca, como será mostrado tanto para o HN como no HS.

### **2.3. $E_c$ e $E_s$ na região de atuação do sistema de monção na AS**

Ramage (1971) não considerou a existência de monção na AS, mesmo havendo algumas características típicas deste sistema. Este autor atribuiu a não existência de monção devido principalmente ao estreito continente extratropical, o que limita a área onde as altas polares estacionárias ou ciclones térmicos poderiam se formar no inverno e verão, respectivamente, e também, por causa da persistente ressurgência oceânica ao longo da costa oeste, a qual mantém a temperatura da superfície do mar (TSM) mais baixa do que o ar superficial sobre o continente ao longo do ano.

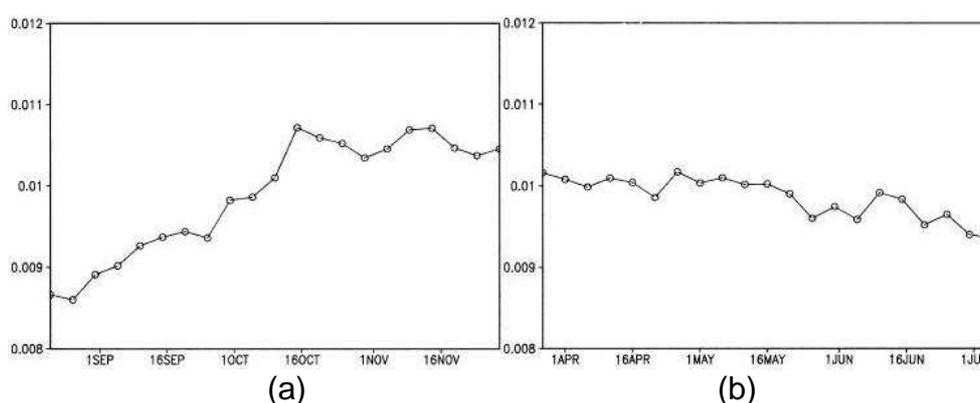
Mas, estudos recentes têm mostrado que na AS há várias características do sistema de monção, similares às encontradas em outras partes do globo, exceto a inversão dos ventos em baixos níveis. Entre os autores que confirmaram a existência de um sistema de monção sobre AS, pode-se citar: Zhou e Lau (1998), Gan et al. (2004) e Raia e Cavalcanti (2008), que mostraram que o regime de monção ocorre nas regiões do Amazonas e, Centro-Oeste e SEB. Zhou e Lau (1998) explicaram que a inversão dos ventos de superfície entre os períodos chuvosos e secos não é facilmente perceptível, porque os ventos alísios de leste predominam durante todo o ano. Mas, quando a componente média anual é removida da média mensal para janeiro e julho em 900 hPa, a inversão dos ventos de superfície é bastante visível.

O ciclo sazonal de precipitação sobre a região tropical da AS mostra semelhanças típicas de um sistema de monção, com distintas áreas de  $E_c$  e  $E_s$  principalmente entre  $0^\circ$ - $25^\circ$ S. Assim, o desenvolvimento do sistema de monção de verão inicia durante a temporada de primavera (SON), com o aumento da convecção profunda sobre o noroeste da bacia amazônica em meados de setembro e depois avança para o sudeste da Amazônia, passando pelo Centro-Oeste do Brasil e, por fim, chegando ao SEB, até meados de outubro (MOLION, 1987; KOUSKY, 1988; MARENGO et al., 2001).

As  $E_c$  e  $E_s$ , sobre a região da Bacia Amazônica foram definidas por Molion (1987). Explicou que o aquecimento em superfície induz convergência de ar e baixa pressão atmosférica nos baixos níveis, e por consequência, divergência de massa e um sistema de alta pressão nos altos níveis. Tal alta, chamada de Alta da Bolívia (AB), tem uma variabilidade sazonal, tanto em intensidade como em posição, e está diretamente relacionada com a distribuição espacial e temporal da precipitação (KOUSKY e KAYANO, 1981). Molion (1987) mencionou também que quando a AB se enfraquece e se move para o norte no inverno, os setores sul e leste da Amazônia experimentam sua  $E_s$ . Por volta de outubro, a AB começa a se mover de volta para sua posição média de verão e a  $E_s$  vai terminando no Brasil central em direção ao setor leste da Amazônia. Li e Fu (2006) observaram que as incursões de SF são de extrema importância para o início  $E_c$  sobre a Amazônia, e sugeriram que durante o período de transição da  $E_s$  para  $E_c$ , geralmente em outubro e novembro, a precipitação é reforçada devido à invasão do ar frio sobre o oeste da Amazônia. Quando o ar frio penetra até a região tropical da AS, ao longo do leste dos Andes, a convergência do vento meridional de baixo nível à vanguarda das frentes frias se torna intensa e ocorre um aumento da precipitação durante a época de transição. Esses episódios de invasões de ar frio podem efetivamente facilitar a transição da estrutura termodinâmica da atmosfera e da circulação e, finalmente, desencadear o início da  $E_c$ . Liebmann e Marengo (2001) e Marengo et al. (2001) observaram que, na porção sul da Amazônia, a data de início da  $E_c$  tem forte associação com as características locais da camada limite, e que

as chuvas começam mais cedo na Foz do Amazonas e gradualmente deslocam para o SEB.

As principais características do início e fim da  $E_c$  sobre a região Centro-Oeste do Brasil foram descritas por Gan et al. (2004): 1) a **umidade específica** aumenta rapidamente durante a fase inicial a partir do final de agosto até meados de outubro (Figura 2.3a); em contraste, ocorre uma diminuição de umidade específica durante a fase final, a qual é mais lenta devido ao “feedback” da umidade do solo durante a  $E_c$  e evapotranspiração da vegetação (Figura 2.3b), 2) a **temperatura nos baixos níveis** aumenta durante os meses de agosto e setembro, o que implica em aquecimento em baixos níveis durante o período seco e um ligeiro resfriamento logo após no início da  $E_c$ , 3) a **estrutura vertical do vento zonal médio** revela que o início da  $E_c$  predominam ventos de oeste nos baixos níveis. A transição dos ventos de leste para de oeste começa no nível mais baixo em outubro e se estende até aproximadamente 600 hPa, em novembro. Durante os meses de novembro e dezembro, no nível superior, os ventos de oeste são substituídos por ventos de leste. Deste modo, o cisalhamento vertical do vento zonal durante o verão é oposto ao observado no inverno. 4) as **datas médias de início (fim)** da  $E_c$  para o período inteiro são 13 a 17 de outubro (16 a 20 de abril).



**Figura 2.2 -** Umidade específica em 850 hPa ( $10^3 \text{g kg}^{-1}$ ), em média sobre a área ( $10^\circ - 15^\circ \text{S}$ ,  $50^\circ - 60^\circ \text{W}$ ), para o período antes e após a  $E_c$  (a) início e (b) fim.

Fonte: Adaptada de Gan et al. (2004).

Além de terem observado algumas das características observadas por Gan et al. (2004), Raia e Cavalcanti (2008), utilizando um critério baseado no fluxo de umidade entre 1000-700 hPa, durante o período de 1989 a 2004, encontraram outros fatores que influenciam no sistema de monção na AS, durante as estações do ano, como: 1) durante o inverno (JJA) o transporte de umidade de sudeste sobre o Nordeste do Brasil associado à ASAS e o transporte intenso de umidade para oeste sobre a Amazônia reduzem o transporte de umidade para latitudes extratropicais da AS, 2) após o início da primavera (SON), ocorre uma gradual mudança na direção dos ventos sobre a AS tropical, que contribui para o aumento da umidade nas regiões do Centro-Oeste e SEB, 3) no início do verão é observado um maior fluxo de umidade sobre o Atlântico equatorial na costa norte da AS, mudando de direção sobre o Noroeste da Amazônia e 4) com a vinda do outono (MAM) o fluxo de umidade volta a mudar, diminuindo o transporte de umidade na região SEB e estabelecendo as condições encontradas no inverno.

Segundo Alves et al. (2005) o início da  $E_c$  na região Centro-Oeste e parte do SEB está vinculado com uma intensificação do fluxo de noroeste na faixa latitudinal entre  $10^{\circ}$ - $22^{\circ}$ S, na baixa troposfera, mostrando um intenso transporte de umidade atmosférica da região Amazônica em direção a região subtropical. Assim, estabelece-se um jato de baixos níveis de umidade e calor que permite a intensificação da ZCAS. Alves et al. (2005) verificaram também que em algumas regiões aparentemente não existe uma diferença expressiva na circulação de baixos níveis antes e depois do início da  $E_c$ . Com esta situação sugeriram que uma vez que a  $E_c$  tenha se iniciado, a convecção poderia ser mantida essencialmente pela umidade do solo obtida durante as pântadas iniciais, e em escala menor pelo transporte de umidade atmosférica trazido pelo fluxo de noroeste da bacia Amazônia.

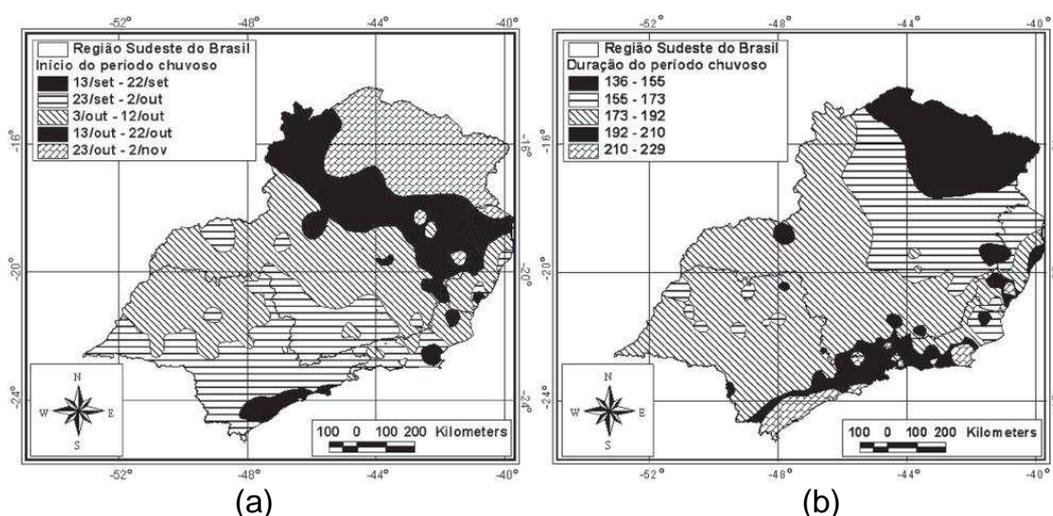
Li e Fu (2006) verificaram que durante o período de transição da  $E_s$  para  $E_c$ , geralmente em outubro e novembro, a precipitação é reforçada devido à passagem de SF sobre o SEB, e que essa intrusão de ar frio pode ser um

gatilho para o início da  $E_c$ , se a atmosfera for termodinamicamente instável. Raia e Cavalcanti (2008) estudaram as influências dos SF de agosto a dezembro sobre o SEB durante o início do sistema de monção da AS, e observaram as seguintes características: aumento da umidade da atmosfera, da umidade do solo e do fluxo de calor latente, e diminuição do fluxo de calor sensível e da evapotranspiração potencial, devido à passagem de SF sobre o SEB.

Os resultados encontrados por Alves et al. (2005) e Minuzzi et al. (2007) estão em concordância no sentido de que sobre o SEB a  $E_c$  tem início precoce sobre a parte sul dessa região e tardia sobre a parte norte. Mas, também, foram observadas diferenças tais, como: Alves et al. (2005) encontraram que o início da  $E_c$  no Estado de São Paulo começa na pênstada 57 (08 a 12 de outubro), no sul de Minas Gerais nas pênstadas 57-58 (entre os dias 08 e 17 de outubro), nos Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo nas pênstadas 58-59 e no norte de Minas Gerais nas pênstadas 60-62 (entre os dias 02 e 11 de novembro). Já Minuzzi et al. (2007), encontraram que o início do período chuvoso tende a começar antes do previsto em grande parte do litoral do Estado de São Paulo, onde tem início, em média, em meados de setembro. Enquanto que, nas regiões Norte e Vale do Jequitinhonha, em Minas Gerais, inicia em média no final de outubro (Figura 2.4a). Tais resultados podem ter diferenciado devido ao uso de critérios diferentes, Alves et al. (2005) utilizaram o critério proposto por Kousky (1988), que se baseia na ROL médio: quando esta tem a primeira ocorrência inferior a  $240 \text{ W/m}^2$  e sendo precedida pelas 12 pênstadas seguintes. Minuzzi et al. (2007) determinaram a data do início e o tempo de duração do período chuvoso na região SEB (Figura 2.4a e b), usando o critério de Sansigolo (1989), onde o início da  $E_c$  é a primeira data, após o início de setembro, com um mínimo de 20 mm de chuva acumulada em 1 ou 2 dias consecutivos, apresentando nos 30 dias seguintes, pelo menos 1 dia com precipitação em cada período de 10 dias. O final do período chuvoso é o primeiro dia do período seco, com pelo menos 15 dias de duração que acabe posteriormente ao dia 15 de março.

Minuzzi et al. (2007) também apresentaram a duração do período chuvoso (Figura 2.4b), onde na parte litorânea do Estado de São Paulo tem duração média entre 210 dias a 229 dias, como na região de Santos-SP, sofrendo um decréscimo na parte oeste do Estado, durando apenas cerca de 136 dias a 155 dias nas regiões do Norte e Vale do Jequitinhonha - MG. Em geral, verifica-se que na maior parte do SEB, o período chuvoso dura entre 155 dias e 173 dias (Figura 2.4b).

Outra característica do período chuvoso observado por Minuzzi et al. (2007) foi que nas regiões mais secas do SEB, os intervalos sem chuva entre os dias chuvosos são maiores em relação às demais regiões, principalmente às localizadas em latitudes maiores. A partir da análise espacial dos resultados do início e da duração do período chuvoso, Minuzzi et al. (2007) evidenciaram a atuação dos sistemas sinóticos e os aspectos geográficos, tais como continentalidade, proximidade do oceano e o relevo, como principais fatores para o início da  $E_c$ .



**Figura 2.3 -** Intervalos das datas de início (a) e intervalos em dias, da duração (b) do período chuvoso na região SEB. Fonte: Minuzzi et al. (2007).



### **3. DADOS E METODOLOGIA**

Neste capítulo foram abordados as características da área a ser estudada, os dados e as variáveis utilizados, além das metodologias aplicadas.

#### **3.1. Descrição da área de estudo**

##### **3.1.1. Localização e características do Estado de São Paulo**

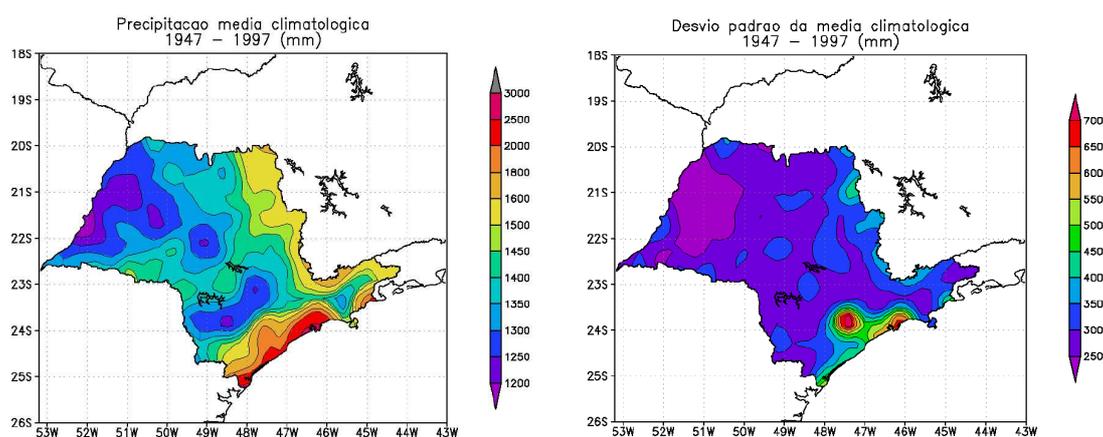
A área em estudo é a região do Estado de São Paulo, a qual está localizada na parte mais ao sul do SEB. Este Estado é o mais meridional do SEB, com o ponto mais ao norte localizado na latitude de 19°47'22", o mais ao sul em 25°18'35"S, o extremo leste em 44°09'46" e o extremo oeste em 53°05'15"W (IBGE, 2010; MARTINELLI, 2010).

O Estado de São Paulo é dividido em 645 municípios e ocupa uma área de 248.209,426 km<sup>2</sup>, sendo pouco maior que o Reino Unido, tendo como capital a cidade de São Paulo. Cerca de dois terços de seu território ficam acima do Trópico de Capricórnio. O Estado comporta mais de quarenta milhões de habitantes, sendo o mais populoso do Brasil.

O relevo do Estado é relativamente elevado, já que 85% de sua superfície estão entre 300 e 900 m de altitude. O ponto mais alto do Estado é a montanha Pedra da Mina com 2.798,39 m de altitude. Os principais rios são: Tietê, Paranapanema, Grande, Paraná, Turvo, Pardo, do Peixe, Paraíba do Sul e Piracicaba. Pela classificação climática de Koeppen, baseada em dados mensais pluviométricos e termométricos, o clima de São Paulo varia entre tropical chuvoso (noroeste do Estado), tropical de altitude (parte do centro do Estado e no Vale do Paraíba) e clima tropical (região sul do Estado) (CEPAGRI/UNICAMP, 2010). A parte central do Estado é caracterizada pelo

clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno, e com a temperatura máxima média do mês superior a 22°C. Nas regiões a Noroeste, as mais quente, o clima é tropical chuvoso com inverno seco e mês mais frio com temperatura média superior a 18°C. O mês mais seco tem precipitação inferior a 60 mm e com o período chuvoso iniciando em outono. No sul do Estado aparecem faixas de clima tropical, com verão quente, sem E<sub>s</sub> de inverno, onde a temperatura média do mês mais frio está entre 18°C e -3°C (IBGE, 2010; MARTINELLI, 2010).

Prado e Pereira Filho (2006), analisando os índices pluviométricos para o Estado de São Paulo, encontraram índices de precipitação maiores do que 2500 mm ao longo da Serra do Mar, com diminuição para oeste com cerca de 1200 mm (Figura 3.1a). O índice pluviométrico na Serra da Mantiqueira foi de aproximadamente 1800 mm, devido ao efeito topográfico. Segundo os autores, a proximidade do Oceano Atlântico e das serras aumentam em até 30% os dias chuvosos, e a distribuição espacial do desvio padrão está diretamente correlacionada com o total de precipitação (Figura 3.1b). Áreas do Estado de São Paulo com maior índice de precipitação apresentam também maior desvio padrão. Prado e Pereira Filho (2006) verificaram também que a variabilidade temporal dos totais anuais de precipitação é maior ao longo da Serra do Mar.



**Figura 3.1 -** Climatologia da precipitação média (a) no período de 50 anos (1947-1997) e desvio padrão da média climatológica (b), ambos para o Estado de São Paulo.  
Fonte: Prado e Pereira Filho (2006).

### 3.2. Dados

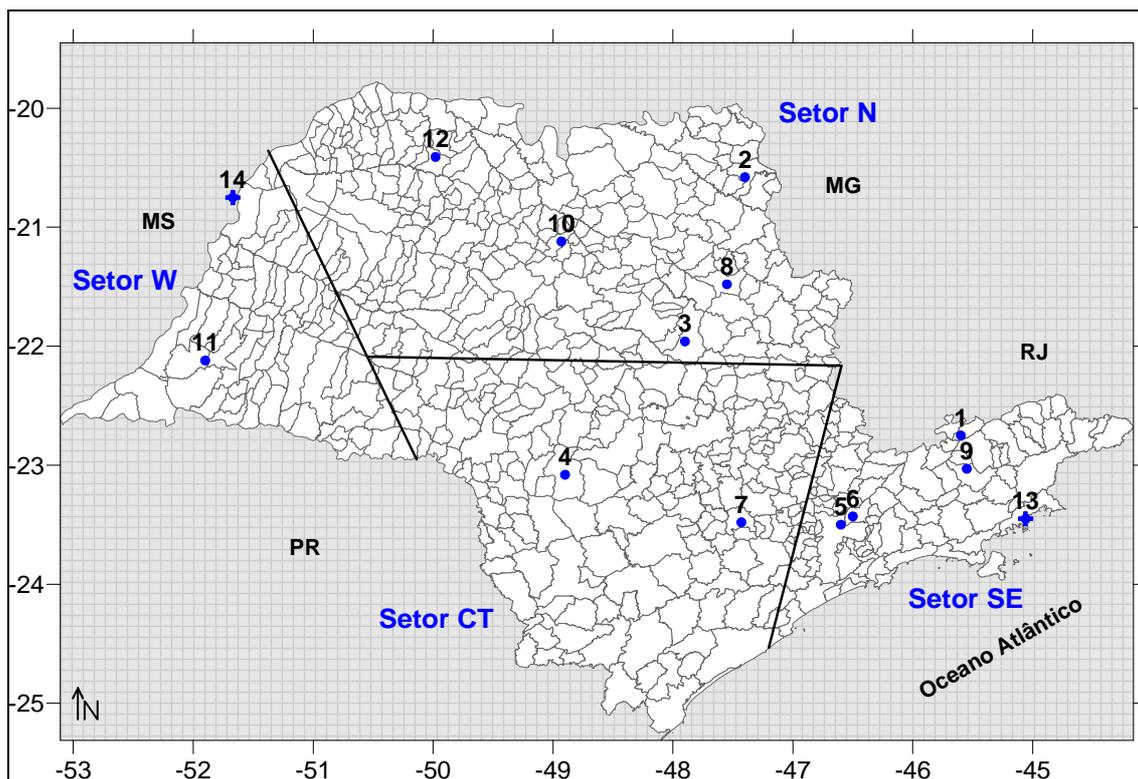
Neste estudo serão utilizados quatro conjuntos de dados, para o período de 20 anos (de 1989 até 2008).

- Séries de dados de 13 estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), instaladas no Estado de São Paulo. As informações sobre a altitude e a localização dessas estações meteorológicas estão descritas na Tabela 3.1, que são: Campos do Jordão, Franca, São Carlos, Avaré, São Paulo, Guarulhos, Sorocaba, São Simão, Taubaté, Catanduva, Presidente Prudente, Votuporanga e Ubatuba. Além dos dados dessas estações, também serão utilizadas as informações da estação de Três Lagoas (MS), devido sua proximidade com o Estado de São Paulo. A distribuição espacial das estações meteorológicas utilizadas neste estudo é mostrada na Figura 3.2. Apesar de haver algumas regiões como o sudeste e o sudoeste do Estado sem informações, o restante do Estado apresenta uma razoável quantidade de estações meteorológicas. As variáveis utilizadas são: 1) temperatura mínima e máxima, e 2) precipitação acumulada: nos horários sinóticos 00:00, 12:00 e 18:00UTC. Para essa última variável meteorológica, as estações de Ubatuba (ponto 13) e Três Lagoas (ponto 14) não foram utilizadas devido à ausência de dados (Figura 3.2), utilizando-se então para essa variável apenas 12 estações.

**Tabela 3.1 -** Características geográficas das 14 estações meteorológicas em estudo.

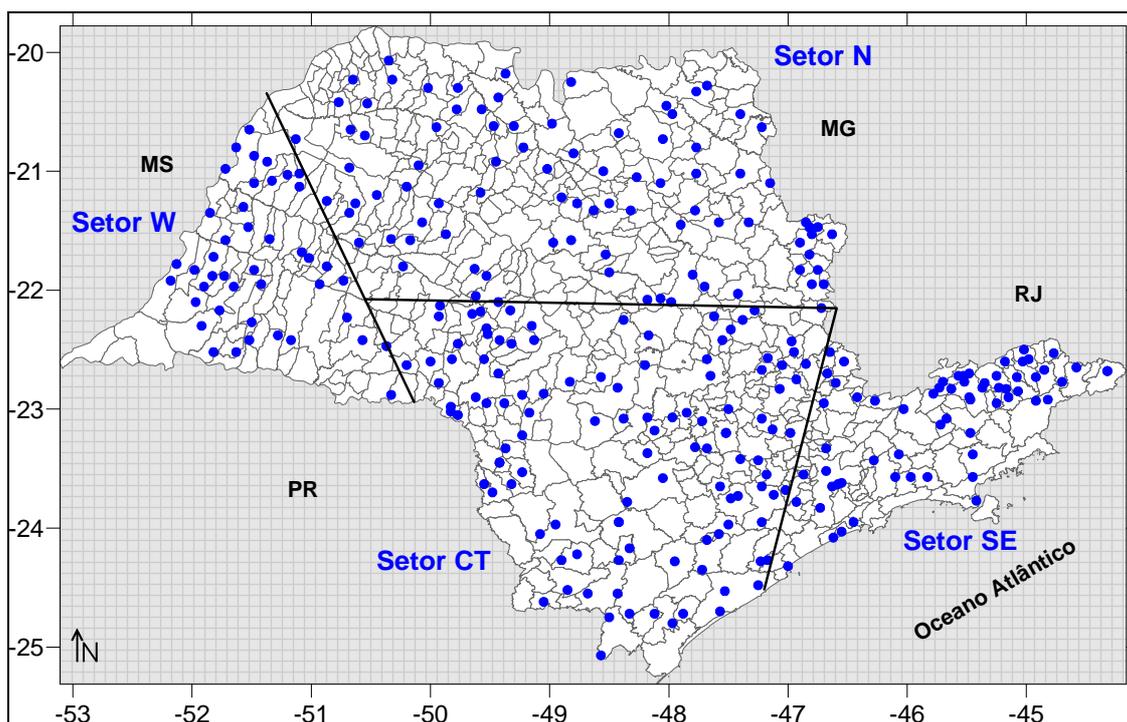
Estações Meteorológicas	Altitude (m)	Latitude	Longitude	Ordem
C. do Jordão – SP	1642,0	-22°45'S	-45°36'W	1
Franca – SP	1026,2	-20°35'S	-47°22'W	2
São Carlos – SP	856,0	-21°58'S	-47°52'W	3
Avaré – SP	854,0	-23°05'S	-48°54'W	4
São Paulo – SP	792,06	-23°30'S	-46°37'W	5
Guarulhos – SP	735,0	-23°26'S	-46°28'W	6
Sorocaba – SP	645,0	-23°29'S	-47°26'W	7
São Simão – SP	617,39	-21°29'S	-47°33'W	8
Taubaté – SP	577,0	-23°02'S	-45°33'W	9
Catanduva – SP	570,0	-21°07'S	-48°56'W	10
P. Prudente – SP	435,55	-22°07'S	-51°23'W	11
Votuporanga – SP	502,5	-20°25'S	-49°59'W	12
Ubatuba – SP	8,0	-23°27'S	-45°04'W	13
Três Lagoas – MS	319,0	-20°45'S	-51°40'W	14

Fonte: INMET [entre 1989 e 2008].



**Figura 3.2** - Localização das 14 estações meteorológicas no Estado de São Paulo. As linhas pretas fazem separação entre os setores norte, oeste, sudeste e central do Estado de São Paulo. As estações são para as variáveis meteorológicas de precipitação (círculos azul) e temperatura (círculos azul + cruces azul, todos os 14 pontos). Fonte: INMET [entre 1989 e 2008].

- Dados de precipitação do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) dirigido pelo Centro Tecnológico de Hidráulica (CTH), devido à pequena densidade dos dados adquiridos pelo INMET. Os dados pluviométricos do DAEE obtidos foram para o período de 1989 a 2007. O número de estações pluviométricas selecionadas para esse estudo foi de 300 estações, como apresentado na Figura 3.3. Essa figura mostra também a separação dos 4 setores do Estado de São Paulo: norte, oeste, sudeste e central.



**Figura 3.3** - Densidade das 300 estações meteorológicas sobre o Estado de São Paulo. Fonte: DAEE [entre 1989 e 2006].

- Dados de Reanálise do National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR). A resolução espacial desses dados são de 2,5° de latitude por 2,5° de longitude, com frequência temporal a cada 6 horas nos horários sinóticos das 00, 06, 12 e 18UTC, no níveis padrões de 1000 a 100 hPa (KALNAY et al., 1996). A variável meteorológica utilizada nesse estudo foi a componente zonal (u) do vento no nível de 850 hPa, durante o período de 1989 a 2008.
- Informações de sistemas meteorológicos e de situação do tempo e clima extraídas do Boletim Climanálise foram utilizadas para contabilizar todos os casos de ZCAS e de SF. A climatologia de SF foi realizada quando estes atuaram nos Estados do Paraná (situação pré-frontal) e São Paulo (situação frontal), e também quando apareceram mais ao

norte de São Paulo (situação pós-frontal) deste último Estado no período de estudo. Já a climatologia de ZCAS foi realizada quando esta ocorreu em toda a América do Sul.

### **3.3. Metodologia**

O início das  $E_q$ ,  $E_{q-f}$ ,  $E_f$  e  $E_{f-q}$  e, também das  $E_c$  e  $E_s$  foram determinadas através das séries históricas das variáveis meteorológicas, como: temperatura e precipitação e, também, pela frequência dos sistemas sinóticos como frentes frias e ZCAS, pois segundo Pielke et al. (1987) apenas medições meteorológicas, tal como temperatura, mesmo com um bom índice de correlação, não são fundamentais para a delimitação de estações, mais sim pelo conjunto de situações meteorológicas em cada região.

#### **3.3.1. Início das $E_q$ , $E_f$ e transições**

Inicialmente, fez-se uma análise da temperatura do ar diária média, mínima e máxima, com a finalidade de determinar em primeira instância as datas do início das estações  $E_q$ ,  $E_f$  e transições, no Estado de São Paulo. Posteriormente, também foi utilizada a informação da passagem de sistemas frontais para determinar essas datas.

##### **a. Início das $E_q$ , $E_f$ e transições através da temperatura média diária climatológica**

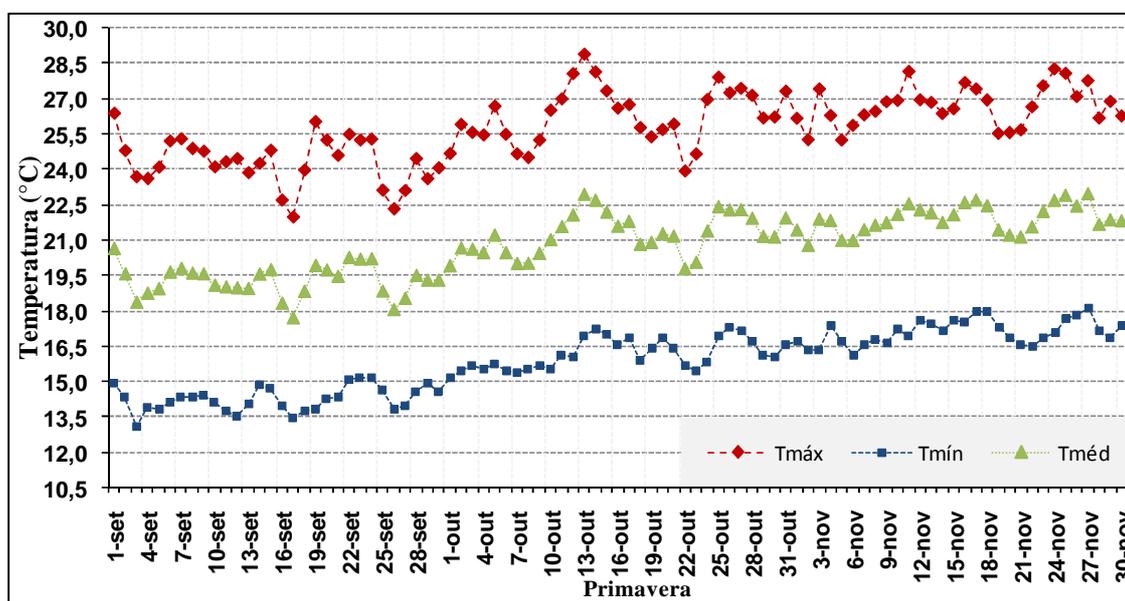
As datas climatológicas do início das  $E_q$ ,  $E_f$  e transições médias climatológicas foram obtidas através das análises da temperatura média diária média dos 20 anos ( $\bar{T}_m$ ), utilizando informações de temperatura das 14 estações meteorológicas do INMET. A temperatura média diária ( $T_m$ ) foi obtida através da Equação 3.1, pois como os dados do INMET não são de hora em hora,

julgou-se necessário calcular a  $T_m$ , de acordo com o proposto pela Food and Agriculture Organization (FAO), ou seja, é a média entre as temperaturas máximas ( $T_{m\acute{a}x}$ ) e mínimas ( $T_{m\acute{i}n}$ ).

$$T_m = (T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{i}n}) / 2 \quad (3.1)$$

O resultado obtido através da Equao 3.1  visto na linha verde da Figura 3.4. As linhas vermelha e azul são as temperaturas máxima e mínima, respectivamente.

Com a análise da série da  $\bar{T}_m$ , foram definidas as datas climatológicas aproximadas do início das  $E_q$ ,  $E_f$  e transioes, para cada estao meteorológica. A  $E_q$  foi o período com as  $\bar{T}_m$  mais elevadas e  $E_f$  quando ocorreram as menores  $\bar{T}_m$ . A transio da  $E_{f-q}$  foi considerada durante o período de aumento da  $\bar{T}_m$ , e a transio da  $E_{q-f}$  de queda de  $\bar{T}_m$ . Cada uma dessas estaoes tem que ter pelo menos uma escala temporal de 30 dias para ser caracterizada uma estao.



**Figura 3.4 -** Temperatura média diária ( $T_{m\acute{e}d}$ ), temperatura máxima ( $T_{m\acute{a}x}$ ) e temperatura mínima ( $T_{m\acute{i}n}$ ) média nos 20 anos (1989-2008) para a cidade de São Paulo, para a primavera convencional (de setembro até novembro).  
Fonte: INMET [entre 1989 e 2008].

## **b. Início das $E_q$ , $E_f$ e transições pelo critério da temperatura diária**

As datas do início das  $E_q$ ,  $E_f$  e transições foram obtidas anualmente e em média através do *critério da temperatura*, para cada uma das 14 estações meteorológicas do INMET no período em estudo.

O critério da temperatura para determinar as  $E_q$ ,  $E_{q-f}$ ,  $E_f$  e  $E_{f-q}$  foi construído durante a realização desse trabalho. Após a determinação das estações quente e fria climatológicas, como definidas na seção 3.3.1.a para cada estação meteorológica, obteve-se a temperatura média das  $E_q$  e  $E_f$  de cada estação meteorológica e, com esta informação, determinou-se o início das  $E_q$ ,  $E_f$  e transições a cada ano. Este foi realizado através dos seguintes critérios:

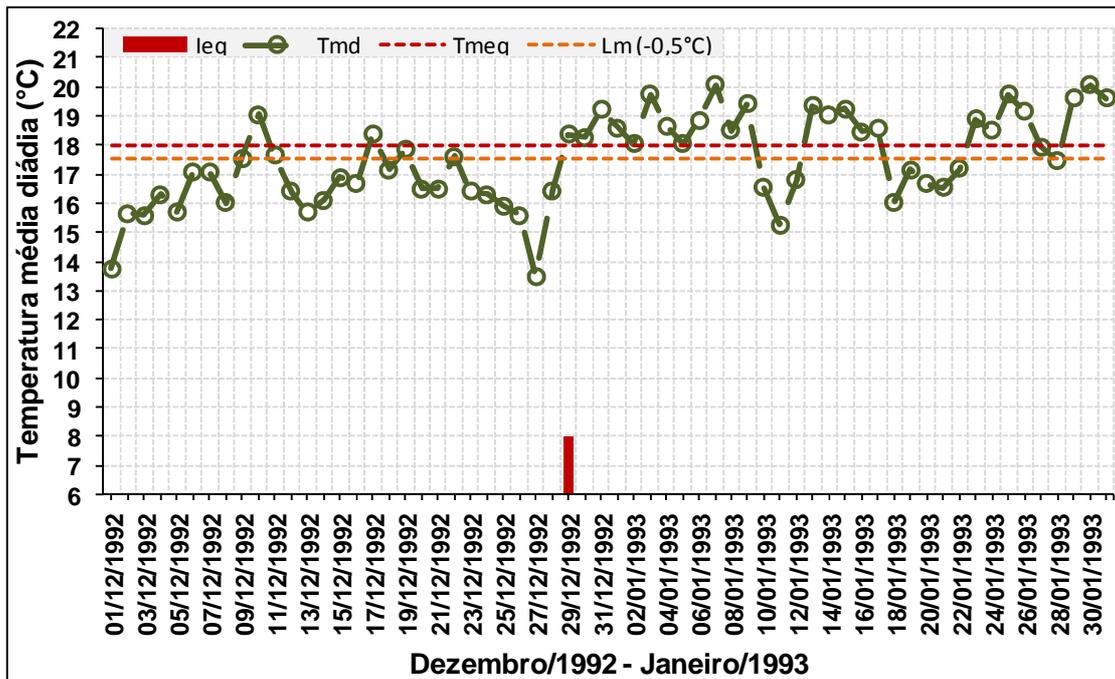
- O início da  $E_q$  ocorre quando a  $T_m$  permanece acima da temperatura média climatológica da  $E_q$  subtraindo  $0,5^\circ\text{C}$ , por pelo menos 10 dias em cada estação meteorológica do Estado de São Paulo. A  $E_q$  termina quando ocorrer uma manutenção de pelo menos 10 dias com temperaturas abaixo do limiar definido para o início da  $E_q$  (com um limite de  $0,5^\circ\text{C}$  em torno da média). Isso é válido a partir do mês de março, exceto quando o critério for satisfeito no mês de fevereiro e continuar até o mês de março.

Cempre

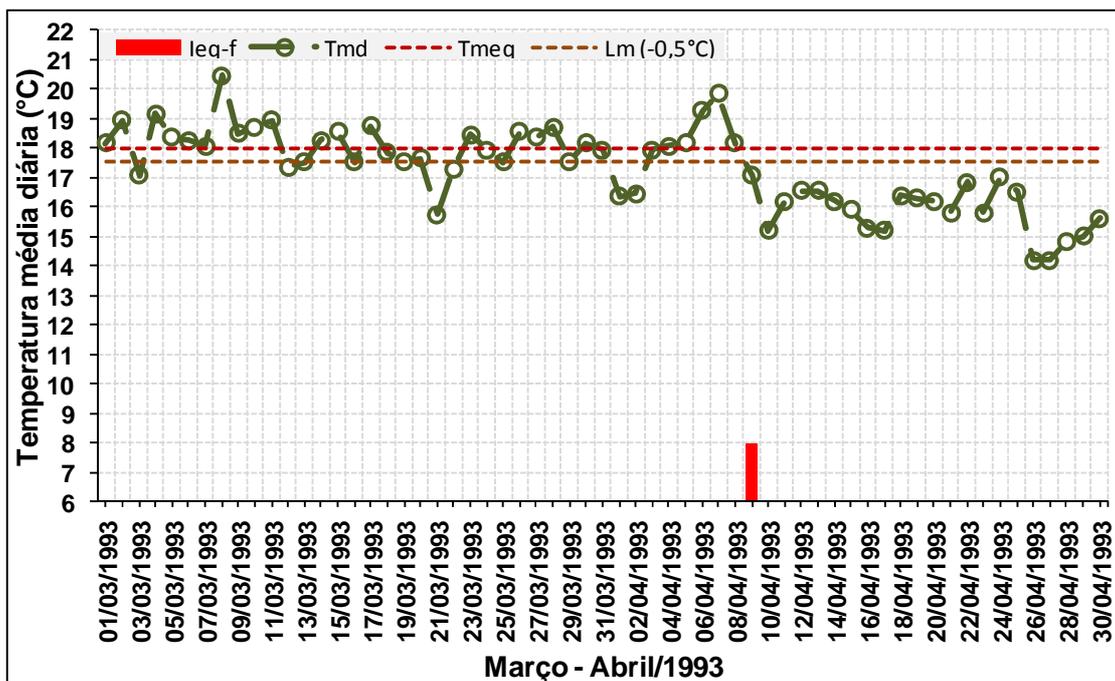
- A  $E_f$  inicia quando houver pelo menos 10 dias com  $T_m$  abaixo da temperatura média climatológica da  $E_f$  acrescida de  $0,5^\circ\text{C}$  em cada estação meteorológica. A  $E_f$  acaba quando for notado um aumento da temperatura durante 10 dias consecutivos com temperatura acima do limiar definido para o início da  $E_f$  (com  $0,5^\circ\text{C}$  de limite em torno da média). Isso é válido a partir do mês de agosto (considerando que após isso as temperaturas poderão decrescer e parecer  $E_f$ ). Com o término da  $E_f$  inicia a  $E_{f-q}$ .

Para determinar as datas de início e fim das  $E_q$  e  $E_f$  foi assumido um intervalo de  $0,5^\circ\text{C}$  abaixo e acima da média das estações térmicas devido à grande variabilidade diária dos dados de  $T_m$  e, com isso, determinando as datas do início dessas estações com maior precisão.

A Figura 3.5 mostra um exemplo típico da utilização do critério da temperatura entre o final do ano de 1992 e o ano de 1993 na estação meteorológica de Campos do Jordão. Nesse período, a  $E_q$  começa em 29 de dezembro de 1992, como mostrado na coluna vermelha. Após esse dia é observado mais de 10 dias com temperatura média acima da média da  $E_q$  climatológica (Figura 3.5a). O fim da  $E_q$  (ou início da  $E_{q-f}$ ) é verificado em 9 de abril de 1993 (Figura 3.5b), onde depois desse dia a temperatura média diária continua a cair até o início da  $E_f$ . O início da  $E_f$  ocorre em 20 de maio de 1993 (Figura 3.5c), após o qual é constatado 10 dias com temperatura média diária abaixo da temperatura média da  $E_f$ . Por fim, o começo da  $E_{f-q}$  ocorreu em 25 de agosto de 1993, a partir desse dia as temperaturas médias diárias foram superiores à temperatura média da  $E_f$  por quase um mês (Figura 3.5d). Na Figura 3.5 não foi mostrado todo o período das  $E_q$ ,  $E_f$  e transições, mas apenas foi posto em destaque o início de cada uma das estações.



(a)



(b)

**Figura 3.5 -** Série temporal da temperatura média diária para (a) o início das  $E_q$  ( $le_q$ ), (b) o início da  $E_{q-f}$  ( $le_{q-f}$ ), (c) o início da  $E_f$  ( $le_f$ ) e (d) o início da  $E_{f-q}$  ( $le_{f-q}$ ) na estação meteorológica de Campos do Jordão. Também são mostradas as temperaturas média diária ( $T_{md}$ ) e temperatura média da  $E_q$  ( $T_{meq}$ ) e da  $E_f$  ( $T_{mef}$ ), além do limiar do critério da temperatura ( $L_m$ ). (Continua)

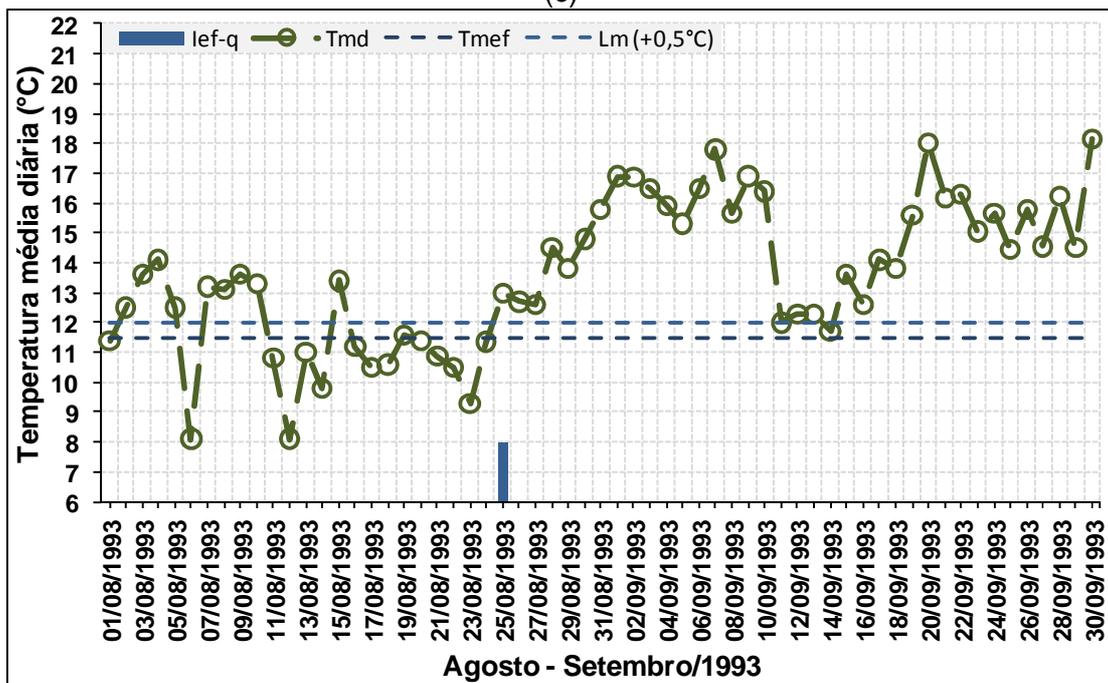
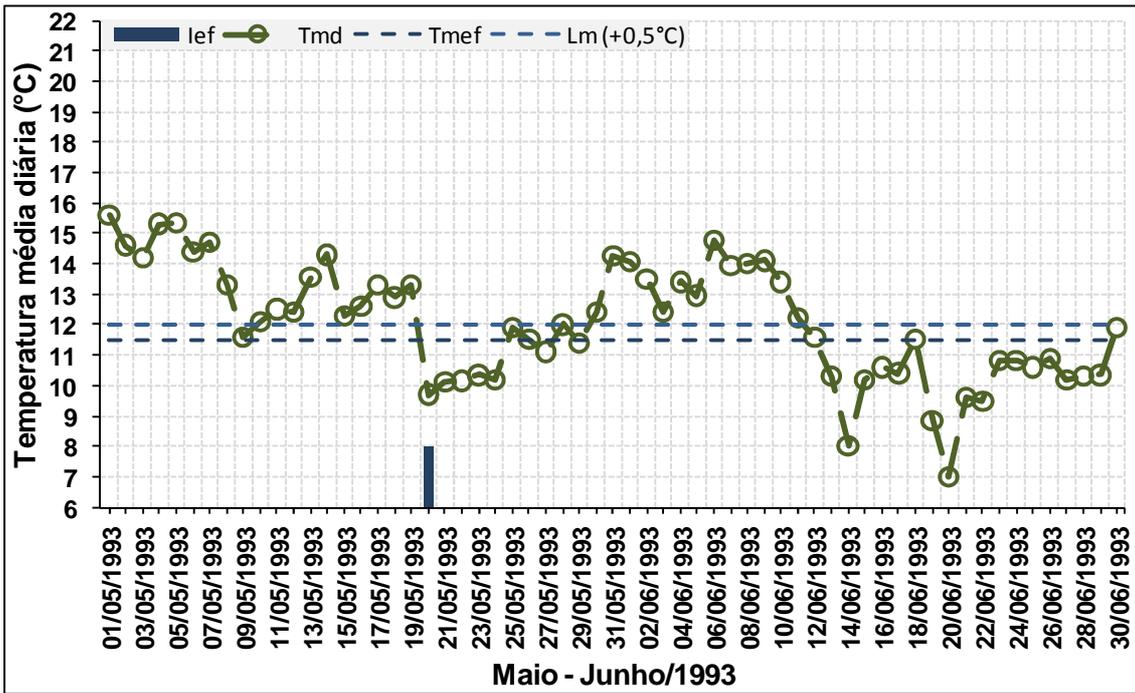


Figura 3.5 - Conclusão.

### **c. Início das $E_q$ , $E_f$ e transições através do critério da temperatura em conjunto com sistemas meteorológicos**

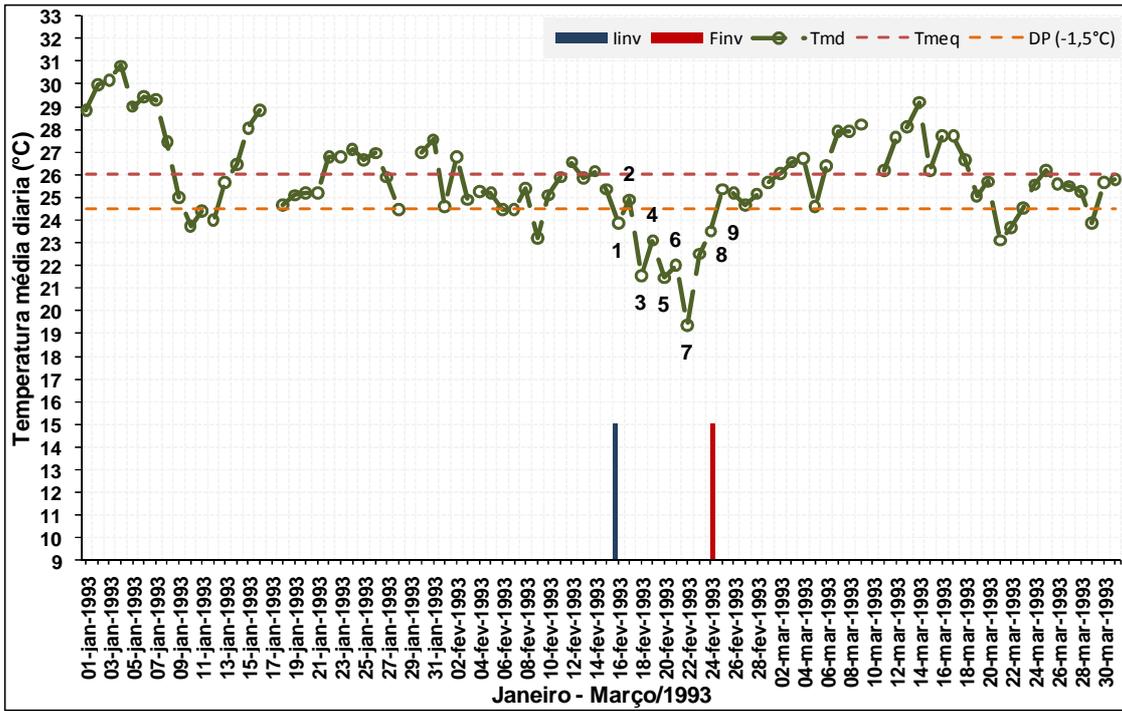
Após a identificação das datas do início das  $E_q$ ,  $E_f$  e transições por estação meteorológica utilizando o critério da temperatura, foram ajustados as datas do início dessas estações com as passagens de SFs. Isto porque a atuação de um SF pode servir como gatilho para o início ou o fim das  $E_q$ ,  $E_f$  e transições. Um exemplo disto é observado em anos em que ocorre um prolongamento do verão, onde mesmo após o equinócio de outono (21 de março) as temperaturas prosseguem altas, como mostrado na Figura 3.5b, para Campos do Jordão no ano de 1993. Assim, quando ocorre a entrada de um intenso SF, a incursão de ar de origem polar retira calor da superfície mesmo após a passagem do ar frio. Como a radiação solar encontra-se com maior intensidade no HN, as condições não são propícias para que haja um retorno aos altos valores de temperatura, marcando assim o fim da  $E_q$  e/ou início da  $E_{q-f}$ .

Como as datas do início de cada estação determinadas pelo critério da temperatura diferem em alguns dias nas estações meteorológicas no Estado de São Paulo, optou-se por analisar com pântadas ao fazer os ajustes dessas datas utilizando a passagens dos SF. Devido à importância dos SF para o início ou fim das  $E_q$ ,  $E_f$  e transições foi realizada uma climatologia de SF obtida através do Boletim Climanálise para o período em estudo, tanto no litoral como no interior do Estado de São Paulo. As estações foram determinadas para uma mesma pântada para todo o Estado de São Paulo, em cada evento, com os seguintes critérios: o início das  $E_{q-f}$  e  $E_f$  ( $E_{f-q}$  e  $E_q$ ) ocorreram quando foram verificados que em mais de 50% das estações meteorológicas já haviam iniciadas essas estações em uma determinada pântada, devido a diminuição (o aumento) na temperatura média diária, junto à passagem de um SF (com um período de ausência de passagens frontais) no Estado.

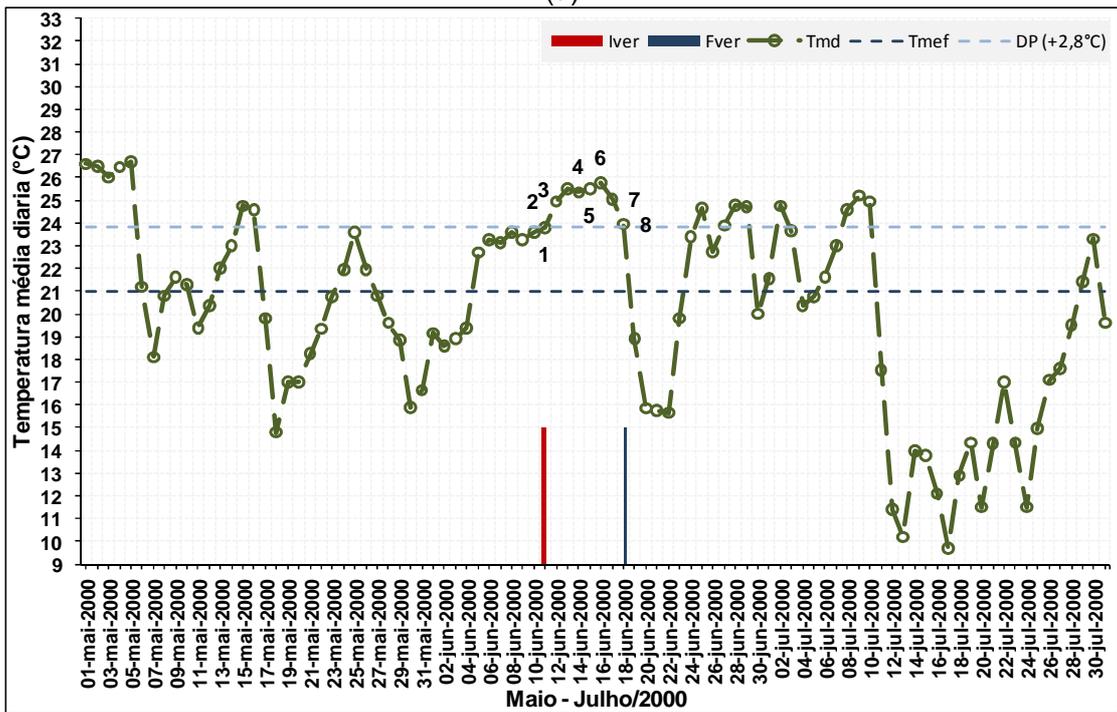
#### **d. Determinação dos eventos de invernicos e veranicos**

Nessa seção descreve-se o critério utilizado para determinar os casos de invernicos e veranicos. Assim, o invernico (veranico) é definido quando a temperatura média diária permanece abaixo (acima) da temperatura média sazonal subtraída (somada) de um desvio padrão, por pelo menos 6 dias consecutivos (quando ocorrer 7 dias ou mais é admitido 1 dia acima (abaixo) do desvio padrão, exceto no início e fim desses eventos), durante a  $E_q$  ( $E_f$ ) como pode ser visto na Figura 3.6a (Figura 3.6b). Nessas figuras não foi mostrado todo o período das  $E_q$  e  $E_f$ ; apenas foi colocado em evidência os eventos de invernicos e veranicos.

Depois de determinados os eventos de invernicos e veranicos foram feitas análises da quantidade e duração dos eventos por estação meteorológica, por setores do Estado de São Paulo, e em todo o Estado. Essas análises foram realizadas para a primeira e segunda década e para todo o período. Por fim, também foram analisados os meses em que os invernicos e veranicos ocorreram em maior frequência.



(a)



(b)

**Figura 3.6** - Temperatura média diária ( $T_{md}$ ) para a estação meteorológica de Avaré mostrando exemplos de como foram determinados os eventos de invernicos (a) na  $E_q$  e de veranicos (b) na  $E_f$ . também são mostrados o início ( $I_{inv}$ ) e fim ( $F_{inv}$ ) do invernicos, o início ( $I_{ver}$ ) e fim ( $F_{ver}$ ) do veranicos, o desvio padrão (DP) e as temperaturas médias para as  $E_q$  ( $T_{meq}$ ) e  $E_f$  ( $T_{mef}$ ).

### 3.3.2. Início das $E_c$ e $E_s$

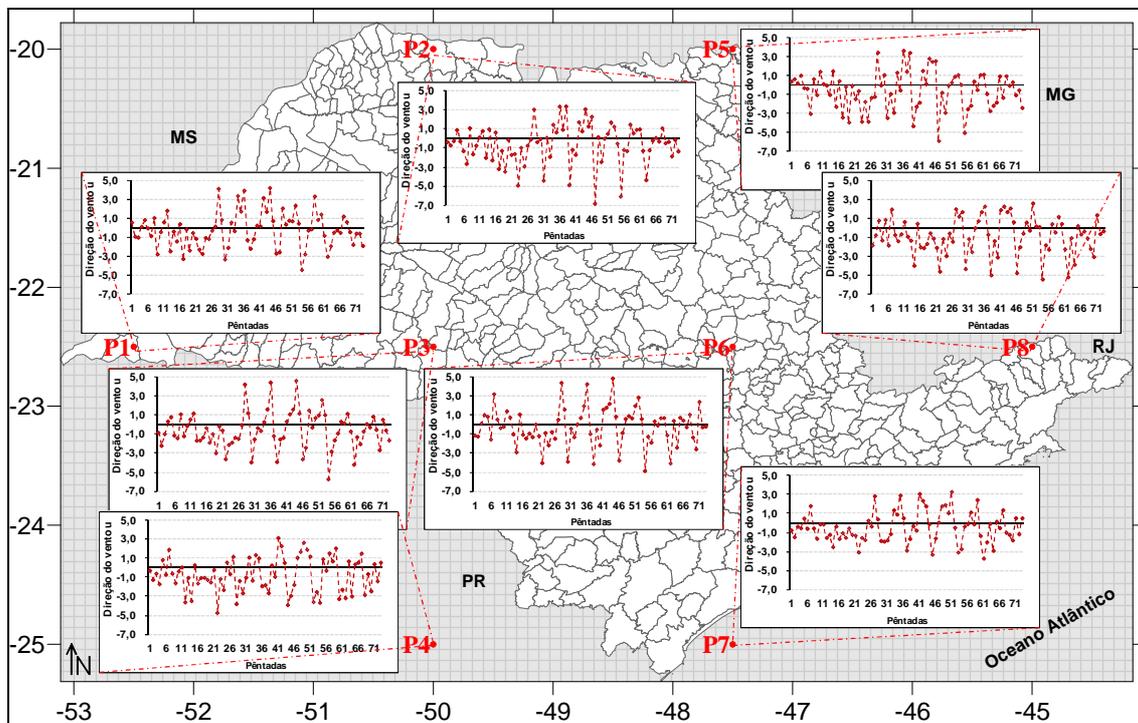
Inicialmente foi verificado se o critério de Gan et al. (2004), que define o início da  $E_c$  para a região Centro-Oeste do Brasil, também é válido para o Estado de São Paulo. Gan et al. (2004) verificaram que no Centro-Oeste do Brasil, os ventos de leste em 850 hPa, dominantes na  $E_s$ , invertiam para de oeste no início da  $E_c$ , e o oposto ocorria, no fim da  $E_c$ . Assim, estes pesquisadores se basearam na mudança de direção da componente zonal do vento e na precipitação para definir o início e o fim da  $E_c$  nessa região. O início (fim) da  $E_c$  foi, então, determinado quando da ocorrência da primeira mudança dos ventos zonal de leste (de oeste) em 850 hPa ao longo de  $60^\circ W$  na faixa latitudinal entre  $10^\circ 20^\circ S$ , ao mesmo tempo em que as taxas de precipitação foram superiores (inferiores) a  $4 \text{ mm dia}^{-1}$ . Esse critério deveria persistir por no mínimo 75% das 8 pentadas subsequentes.

Para o Estado de São Paulo foi necessário verificar se ocorre essa mudança do vento zonal no início e fim da  $E_c$ . Assim, em primeiro lugar, usando dados do NCEP, foi feita uma análise da componente u do vento em oito pontos, a saber:  $P_1$  ( $22,5^\circ S - 52,5^\circ W$ ),  $P_2$  ( $20^\circ S - 50^\circ W$ ),  $P_3$  ( $22,5^\circ S - 50^\circ W$ ),  $P_4$  ( $25^\circ S - 50^\circ W$ ),  $P_5$  ( $20^\circ S - 47,5^\circ W$ ),  $P_6$  ( $22,5^\circ S - 47,5^\circ W$ ),  $P_7$  ( $25^\circ S - 47,5^\circ W$ ), e  $P_8$  ( $22,5^\circ S - 45^\circ W$ ), compreendidos sobre todo o território do Estado de São Paulo (Figura 3.7).

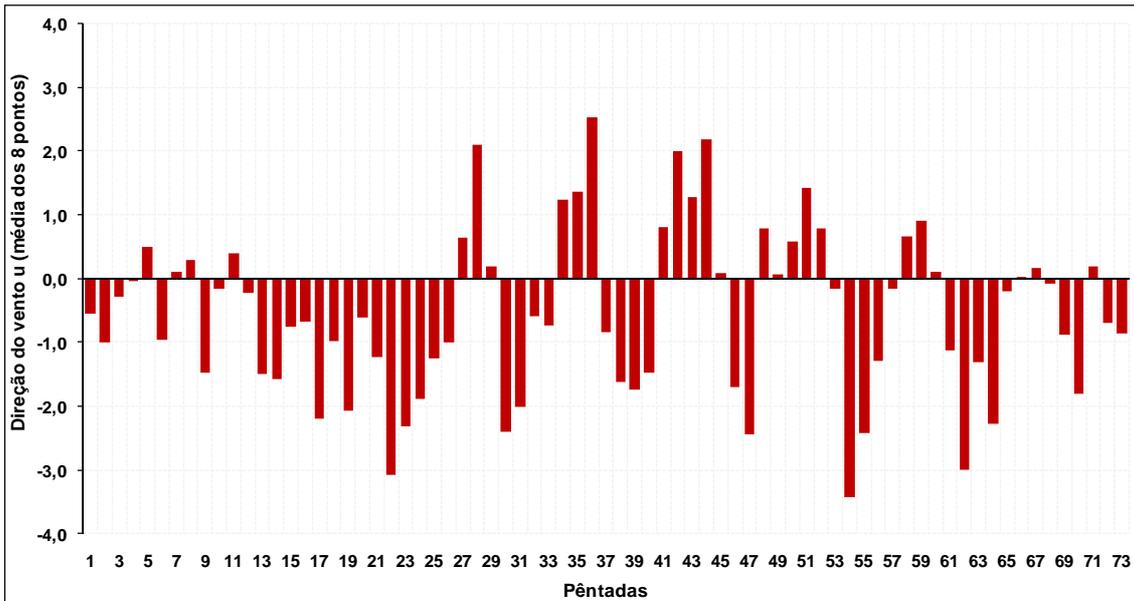
Foram feitos também médias pentadais dos ventos em 850 hPa da reanálise do NCEP. Desta forma, foi verificado o comportamento do vento zonal ao longo do ano em 8 pontos no Estado de São Paulo. A média diária climatológica do vento zonal em 850 hPa, para cada um desses 8 pontos, pode ser vista na Figura 3.7, e a média diária do vento zonal desses 8 pontos na Figura 3.8.

A Figura 3.7 mostra a análise espacial do vento zonal médio climatológico em 850 hPa. Nessa figura, é observado que os ventos de leste nos 8 pontos do

Estado de São Paulo foram, em geral, predominantes durante as 73 pântadas anuais. Durante a  $E_c$  foi verificado que prevaleceram os ventos de leste, e durante a  $E_s$  os ventos de oeste atuaram mais frequentemente que na  $E_c$ . Com isso, foi observado que o comportamento do vento zonal no Estado de São Paulo é praticamente o oposto do encontrado na região Centro-Oeste do Brasil por Gan et al. (2004), e com bastante alternância entre ventos de leste e de oeste, principalmente durante a  $E_s$ . Durante as transições da  $E_c$  para a  $E_s$  e vice versa não foram notadas mudanças significativas no vento zonal que justifiquem a utilização de um critério similar ao proposto por Gan e colaboradores. As mesmas características foram encontradas na média dos 8 pontos sobre o Estado de São Paulo (Figura 3.8).



**Figura 3.7** - Análise espacial do ciclo anual do vento zonal em 850 hPa em média de pântadas para os pontos  $P_1$  (22,5°S - 52,5°W),  $P_2$  (20°S - 50°W),  $P_3$  (22,5°S - 50°W),  $P_4$  (25°S - 50°W),  $P_5$  (20°S - 47,5°W),  $P_6$  (22,50°S - 47,5°W),  $P_7$  (25°S - 47,5°W), e  $P_8$  (22,5°S - 45°W), no Estado de São Paulo, para o período de 1989 a 2008. Fonte dos dados: NCEP [entre 1989 e 2008].



**Figura 3.8** – Ciclo anual da componente do vento zonal em 850 hPa em média de pêntadas e em médio para os 8 pontos (de  $P_1$  a  $P_8$ ) mostrados na Figura 3.7, no Estado de São Paulo. Fonte dos dados: NCEP [entre 1989 e 2008].

### 3.3.2.1. Determinação das $E_c$ e $E_s$

#### a. $E_c$ e $E_s$ em média mensal

Para determinar as épocas mais chuvosas e secas, primeiro, determinou-se a precipitação mensal média das estações meteorológicas em cada ano, do período de 1989 a 2008 e depois foi determinada a precipitação média anual climatológica. Com isso, foram determinados os períodos mais chuvosos e mais secos a partir da precipitação média anual climatológica, onde definiu-se como período chuvoso (seco) os meses com precipitação mensal acima (abaixo) da precipitação média anual climatológica. E assim, foram encontrados, na precipitação mensal média das estações meteorológicas, meses com precipitação acima da média anual no período mais seco, meses com índice pluviométrico abaixo da média anual no período mais chuvoso e, também, anos onde ambas essas características citadas não foram observadas, ou seja, anos com precipitação mensal acima da média anual no

período mais chuvoso e precipitação mensal abaixo da média anual no período mais seco (anos normais). Além disso, nesses anos com precipitação normal, acima ou abaixo da precipitação média anual climatológica, foram constatados os eventos de sistemas meteorológicos (SF, ZCAS, VCAN e eventos extremos entre outros) e fenômenos climáticas (El Niño e La Niña) que atuaram no Estado de São Paulo.

Determinou-se, também, a precipitação média anual em cada estação meteorológica (dados do INMET) e por setor do Estado de São Paulo (dados do DAEE), e, assim foram identificados os períodos chuvosos e secos ano a ano, e em média climatológica.

#### **b. Início das $E_c$ e $E_s$ pelo critério da precipitação**

As datas do início das  $E_c$  e  $E_s$  também foram determinadas para cada ano através do critério da precipitação similar ao utilizado por Gan et al. (2006). Tal critério foi baseado na precipitação diária acumulada média climatológica em cada estação meteorológica utilizando os dados do INMET, e em cada um dos quatro setores do Estado de São Paulo usando os dados do DAEE. Desta forma, o início (fim) da  $E_c$  foi determinado quando da primeira ocorrência de precipitação superior (inferior) a precipitação média diária climatológica de cada estação meteorológica, com um mínimo de 75% das 8 pântadas subsequentes (6 pântadas em 8 pântadas consecutivas).

Utilizando esse critério determinou-se a data do início das  $E_c$  e  $E_s$  através de análises anual e climatológica da precipitação. Com isso, foram obtidos os desvios padrões das datas do início das  $E_c$  e  $E_s$  em cada estação meteorológica, por setor e em todo o Estado de São Paulo, além das estações com maiores e menores índices pluviométricos médio climatológico.

### **c. Análise dos sistemas meteorológicos nas $E_c$ e $E_s$**

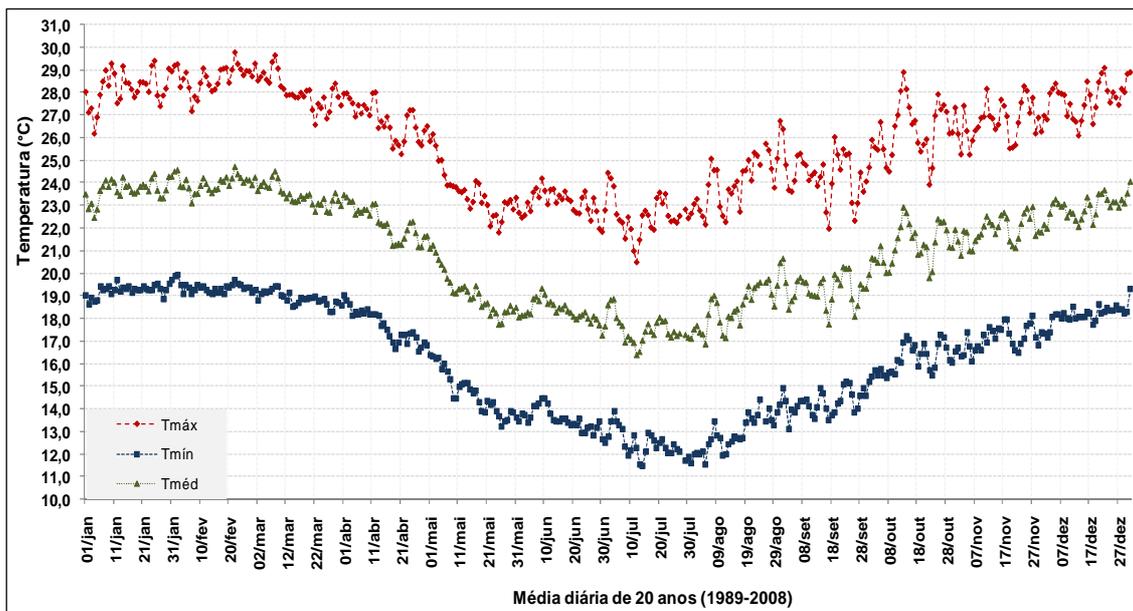
Depois de conhecido o período das  $E_c$  e  $E_s$ , foram realizadas análises de sistemas atmosféricos que produzem os períodos com precipitação e a interrupção desta; mas para isso foi feito um levantamento climatológico desses sistemas utilizando as informações das edições mensais do Boletim Climanalise. Os sistemas avaliados foram os SF tanto no litoral como no interior e eventos de ZCAS que atuaram sobre o Brasil (Apêndice C), não necessariamente estando presente no Estado de São Paulo. Esta análise é importante porque esses sistemas influenciam o tempo e o clima, e podem estar relacionados com as  $E_c$  e  $E_s$ . Com essa climatologia foi possível avaliar a frequência desses sistemas durante as  $E_c$  e  $E_s$ , e compará-las com a precipitação média nos setores sudeste e central e também nos setores norte e oeste.

## 4. DETERMINAÇÃO DAS ESTAÇÕES QUENTE E FRIA

Neste capítulo foram identificadas as datas do início das  $E_q$ ,  $E_f$  e transições através das análises da média diária climatológica de temperatura, para o período de 20 anos. É importante esclarecer que a média diária climatológica de temperatura foi obtida com base em dados de temperatura de 14 estações meteorológicas do INMET. foram determinadas, também, a quantidade e a duração de invernicos e veranicos dentro das  $E_q$  e  $E_f$ , respectivamente, obtidas pelo critério da temperatura e também pela passagem de SF no Estado de São Paulo.

### 4.1. Delimitação das $E_q$ e $E_f$ e transições utilizando a temperatura média diária do período de 20 anos

Inicialmente, determinou-se, de forma subjetiva, o início das  $E_q$ ,  $E_f$  e transições utilizando a  $\bar{T}_m$ . Assim, na Figura 4.1 são mostradas, como exemplo, as temperaturas máxima, média e mínima diárias média em 20 anos na cidade de São Paulo, para a determinação das datas do início das quatro estações térmicas. Nessa estação meteorológica observam-se altos valores de  $\bar{T}_m$  desde o final de dezembro (próximo a 20 de dezembro) até início de abril (próximo a 01 de abril). Entre o início de abril e final de maio (próximo a 21 de maio) houve uma queda mais acentuada, indicando o período de transição entre as  $E_q$  e  $E_f$ . No período do fim de maio a meados de agosto (próximo a 19 de agosto) forem observados valores menores de  $\bar{T}_m$ , caracterizando a  $E_f$ . A transição da  $E_{f-q}$  pode ser definida entre meados de agosto e final de dezembro (próximo a 20 de dezembro). Finalizando, a  $E_q$  iniciou-se em meados de dezembro e termina no começo de abril.



**Figura 4.1** - Média diária climatológica das temperaturas máxima (linha vermelha), média (linha verde) e mínima (linha azul) da estação meteorológica na cidade de São Paulo - SP.

As  $\bar{T}_m$  nos setores norte, sudeste, oeste e central no Estado de São Paulo podem ser vista na Figura 4.2. No setor norte de São Paulo foi verificado que nas estações de Franca e São Carlos, as temperaturas médias são em torno de 2°C menores que nas estações de São Simão, Votuporanga e Catanduva (Figura 4.2a). Na estação de São Simão tem-se uma maior amplitude da temperatura anual entre o verão e o inverno. No setor sudeste do Estado constatou-se que a estação de Campos do Jordão é nitidamente onde se observam as temperaturas mais baixas. Isso ocorreu por esta estação estar localizada em uma área de alta altitude, acima de 1600 m (Figura 4.2b e Tabela 3.1). As temperaturas nas estações de São Paulo, Guarulhos e Taubaté estão na mesma faixa, principalmente no inverno e, em Ubatuba as temperaturas foram entre 0,5 a 1°C acima destas, exceto na transição da  $E_{f-q}$ . Nos setores central de São Paulo verificaram-se leves variações na  $\bar{T}_m$  entre as estações de Avaré e Sorocaba (Figura 4.2c). Já, no setor oeste, as estações de Três Lagoas e Presidente Prudente têm diferenças na  $\bar{T}_m$  mais visíveis durante o verão do que no inverno (Figura 4.2d).

Na análise das  $\bar{T}_m$ , constatou-se que o setor norte do Estado de São Paulo, a  $E_q$  começou, em geral, entre 13 e 17 de outubro (pêntada 58), e a  $E_f$  no mês de maio entre os dias 11 e 25 (pêntadas 27 e 29) com média entre os dias 16 e 20 de maio (pêntada 28), como pode ser visto da Figura 4.2a e Tabela 4.1. Nesse setor, a  $E_{q-f}$  iniciou primeiramente na estação meteorológica de São Carlos entre 17 e 21 de março (pêntada 16) e começou mais tarde na estação de Franca 16 a 20 de abril (pêntada 22), ocorrendo em média entre os dias 6 e 10 de abril (pêntada 20). O início da  $E_{f-q}$  começou entre 04 e 18 de agosto (pêntadas 44 a 46), em média entre 09 e 13 de agosto (pêntada 45).

A Figura 4.2b e Tabela 4.1 mostram que, no setor sudeste do Estado, a  $E_q$  começou entre 02 e 21 de dezembro (pêntadas 68 a 71) e em média entre 12 a 16 de dezembro (pêntada 70). No setor sudeste a  $E_q$  começou mais tarde que no setor norte do Estado de São Paulo; isto ocorreu porque foi encontrado, no setor norte, um máximo anual na  $\bar{T}_m$  no mês de outubro produzindo um início da  $E_q$  mais cedo comparado a outros setores de São Paulo (Figura 4.2a).

Ainda no setor sudeste do Estado de São Paulo, a  $E_f$  iniciou no mês de maio entre os dias 21 de maio a 04 de junho (pêntada 29 a 31), em média entre os dias 26 e 30 de maio (pêntada 30) (Figura 4.2b e Tabela 4.1). A  $E_f$ , no setor sudeste, começou mais tarde que nos outros setores do Estado causado por uma queda mais lenta na  $\bar{T}_m$  e/ou devido à queda brusca nessa temperatura nos setores norte, central e oeste do Estado. Outro importante fator ocorreu na estação meteorológica de Ubatuba, onde a  $E_f$  teve início e fim atrasados (Figura 4.2b). Isto pode ser explicado por esta estação meteorológica estar localizado, no litoral do Estado, pois o oceano pode estar atuando em impedir a diminuição brusca na temperatura, além do seu posicionamento geográfico (Figura 3.2), favorecendo a entrada de SF primeiro na parte oeste do Estado e atrasando nessa estação. No setor sudeste, também, a  $E_{q-f}$  iniciou mais cedo na estação meteorológica de Ubatuba entre 12 e 16 de março (pêntada 15), e ocorreu mais tarde entre 01 e 05 de abril (pêntada 19), começando em média

entre os dias 27 a 31 de março (pêntada 18). A  $E_{f-q}$  iniciou entre 09 e 22 de agosto (pêntadas 45 a 53), em média entre 24 e 28 de agosto (pêntada 48).

A Figura 4.2c e a Tabela 4.1 mostram que no centro do Estado de São Paulo, o início da  $E_q$  ocorreu entre 02 e 06 de dezembro (pêntada 69), e a  $E_f$  entre os dias 11 e 25 de maio (pêntada 27), em média entre os dias 16 e 20 de maio. A transição da  $E_{q-f}$  iniciou mais cedo na estação meteorológica de Avaré entre 01 e 05 de abril (pêntada 19) e começou mais tarde na estação de Sorocaba entre 11 e 15 de abril (pêntada 21), começando em média na pêntada 20.

Na parte oeste do Estado, o início da  $E_q$  ocorreu entre 18 de outubro e 26 de dezembro (pêntadas 59 a 72), com média entre 22 e 26 de novembro (pêntada 66). O início da  $E_f$  foi observado entre os dias 11 e 25 de maio (pêntada 27 a 29), em média entre os dias 16 e 20 de maio (pêntada 28) (Figura 4.2d e Tabela 4.1). Ainda no oeste do Estado, a transição da  $E_{q-f}$  começou mais cedo na estação de Presidente Prudente entre 17 e 21 de março (pêntada 16) e mais tarde na estação de Três Lagoas nos dias de 11 a 15 de abril (pêntada 21), começando em média entre os dias 01 e 05 de abril (pêntada 19).

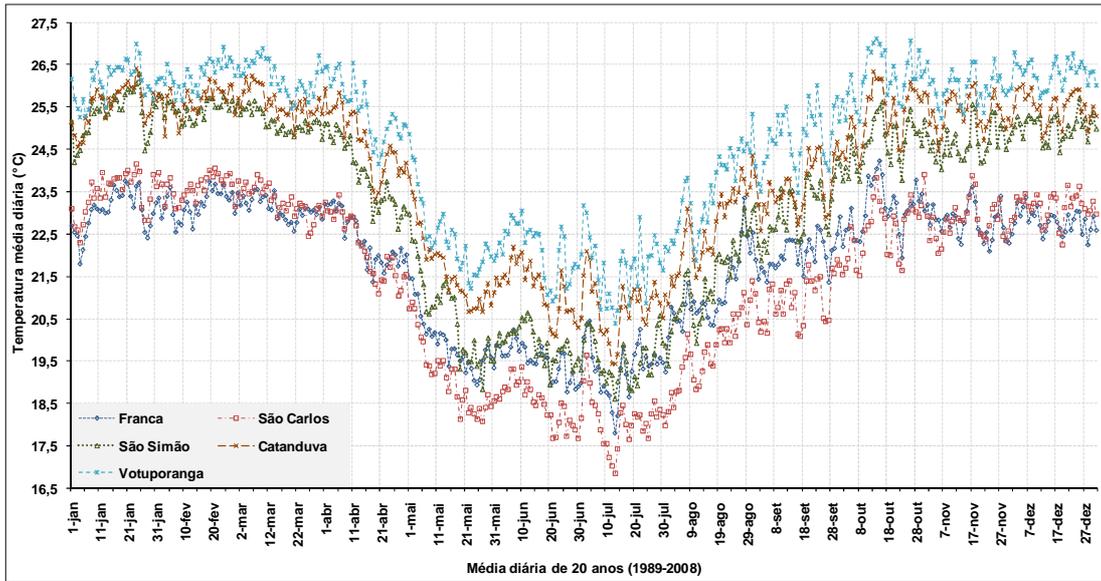
Em média, no Estado de São Paulo, o início da  $E_q$  ocorreu entre 22 e 26 de novembro (pêntada 66), a  $E_{q-f}$  nos dias 01 a 05 de abril (pêntada 19), a  $E_f$  entre 21 e 25 de maio (pêntada 29) e a  $E_{f-q}$  nos dias de 14 a 18 de agosto (pêntada 46). Nas  $E_q$  e  $E_f$  foram observados valores médios de temperatura média diferentes entre as estações meteorológicas. Assim, no setor oeste do Estado foi encontrada a maior  $\bar{T}_m$  da  $E_q$ , com uma média superior a 27°C na estação de Três Lagoas. A estação meteorológica com  $\bar{T}_m$  mais baixas, tanto na  $E_q$  como na  $E_f$ , foi a de Campos do Jordão com 18 e 11,5°C, respectivamente.

Na maioria das estações meteorológicas do Estado de São Paulo foi observado que no início do mês de outubro ocorre um pico na temperatura média, que tende a durar até meados de outubro. Segundo Gan et al (2004), um

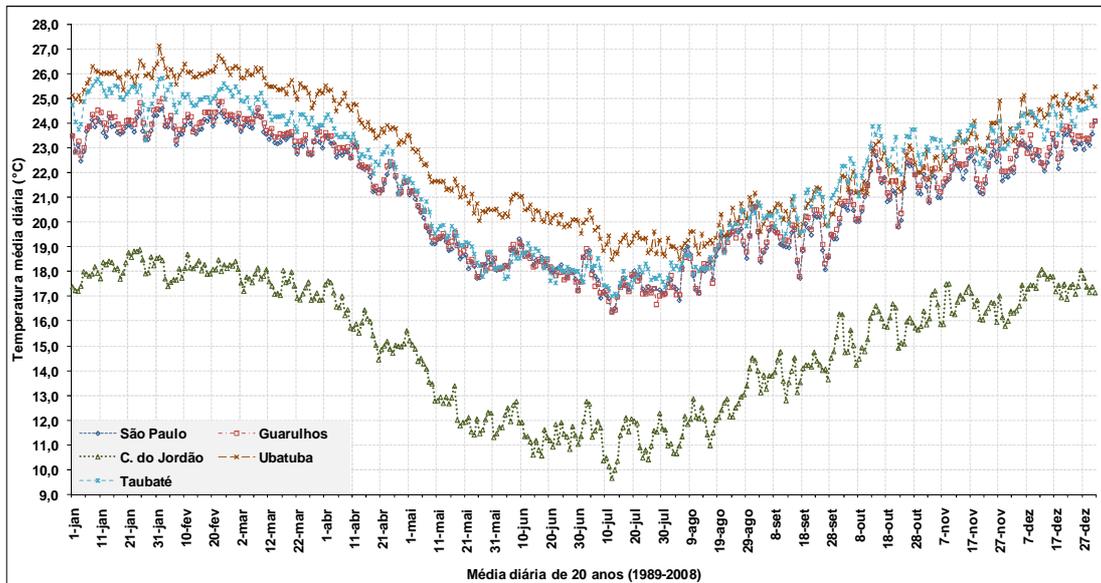
comportamento similar é observado na região Centro-Oeste do Brasil antes do início da  $E_c$ .

Também foi verificada uma extensa transição entre a  $E_f$  e  $E_q$ , em geral, entre os meses de agosto a outubro, podendo estender até dezembro em algumas estações meteorológicas. A transição da  $E_{q-f}$  foi mais curta entre março e maio. Isto é devido à junção de dois fatores principais, como a diminuição da radiação solar, após o equinócio de outono, e o aumento de passagens de SF no Estado, após o fim do verão. Durante a  $E_{f-q}$  observou-se um lento aquecimento devido ao aumento da quantidade de radiação solar incidente, mas, no entanto, nesse período ocorreu o máximo de passagens de SF (Figura 4.2), contribuindo para a manutenção de temperaturas típicas de primaveras.

Durante a  $E_q$  no Estado de São Paulo foram encontradas as maiores (menores) temperaturas médias com  $26^\circ\text{C}$  ( $22,8^\circ\text{C}$ ) no setor norte e,  $27,5^\circ\text{C}$  ( $26,2^\circ\text{C}$ ) no oeste,  $26^\circ\text{C}$  ( $18^\circ\text{C}$ ) no sudeste e central  $24,5^\circ\text{C}$  ( $24^\circ\text{C}$ ). Já durante a  $E_f$ , encontraram-se os maiores e menores valores de  $\bar{T}_m$ , com  $22^\circ\text{C}$  ( $18,5^\circ\text{C}$ ) no norte,  $22^\circ\text{C}$  ( $21^\circ\text{C}$ ) no oeste,  $20^\circ\text{C}$  ( $11,5^\circ\text{C}$ ) no sudeste e central  $19^\circ\text{C}$  ( $18,3^\circ\text{C}$ ). No Estado foram encontradas  $\bar{T}_m$  diferentes tanto para a  $E_q$  como para a  $E_f$ . Na  $E_q$  foi verificado um valor da  $\bar{T}_m$  próximo a  $25^\circ\text{C}$ , e na  $E_f$  superior a  $18^\circ\text{C}$ .

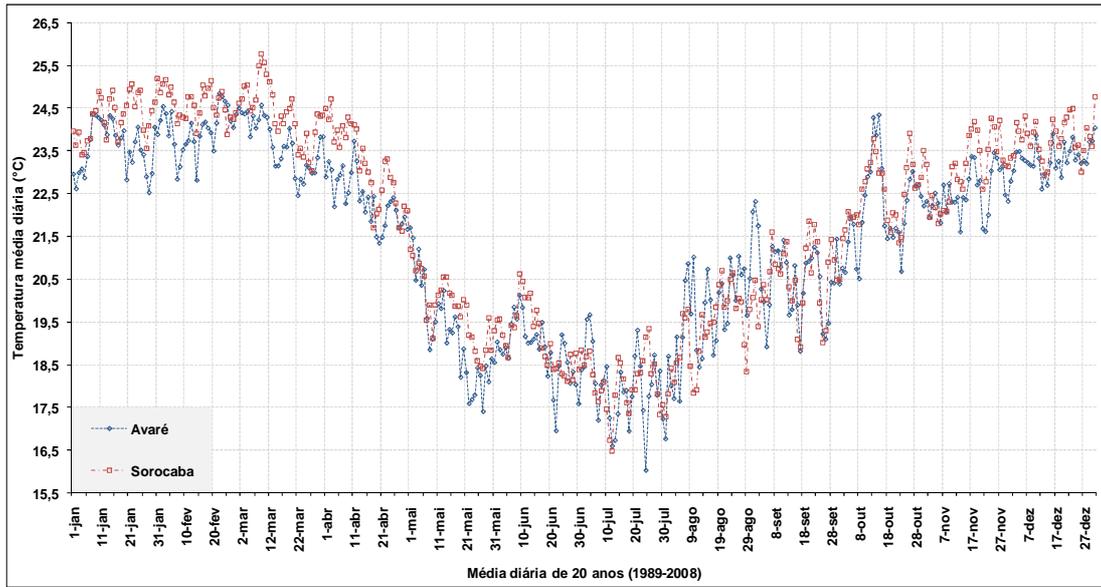


(a)

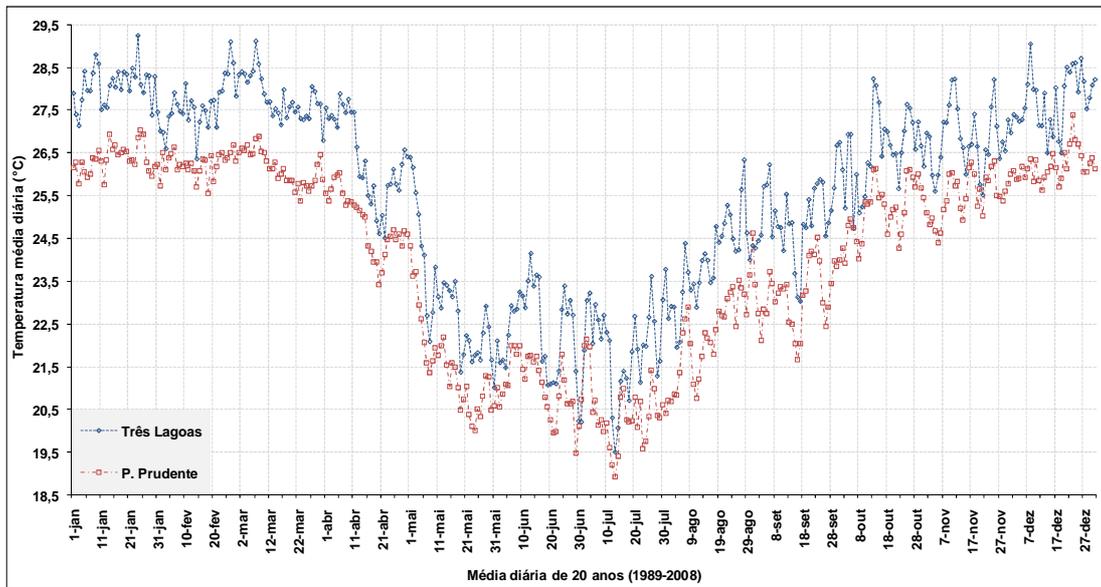


(b)

**Figura 4.2 -** Média diária dos 20 anos de estudo da temperatura média nos setores norte (a), sudeste (b), central (c) e oeste (d) no Estado de São Paulo.



(c)



(d)

Figura 4.2 - Conclusão.

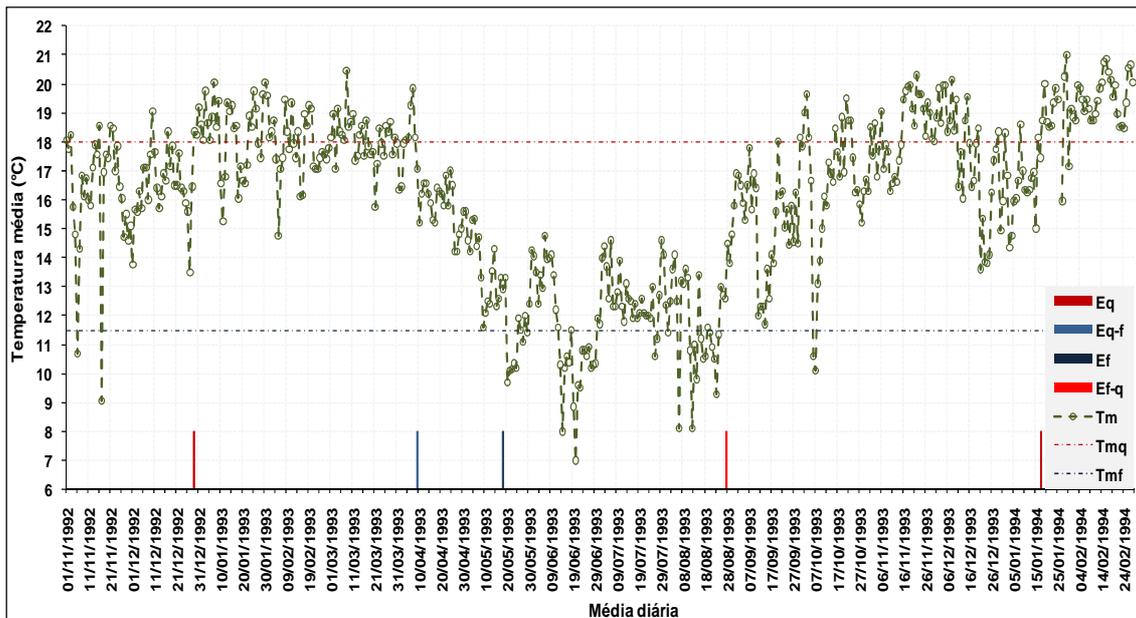
**Tabela 4.1** – As  $E_q$ ,  $E_f$  e transição em média diária climatológica e temperaturas médias climatológicas na  $E_q$  e  $E_f$ , para o período de 20 anos.

Setor SP	Estações INMET	$E_q$	$E_{q-f}$	$E_f$	$E_{f-q}$	$T_{mq}$ (°C)	$T_{mf}$ (°C)
N	Franca	13 - 17/out	16 - 20/abr	21 - 25/mai	04 - 08/ago	22,8	18,5
	São Carlos	13 - 17/out	17 - 21/mar	16 - 20/mai	04 - 08/ago	23,2	18,5
	São Simão	13 - 17/out	06 - 10/abr	21 - 25/mai	04 - 08/ago	25	19,7
	Catanduva	13 - 17/out	11 - 15/abr	21 - 25/mai	09 - 13/ago	25,5	21
	Votuporanga	13 - 17/out	16 - 20 abr	11 - 15/mai	14 - 18/ago	26	22
	A	13 - 17/out	17/mar - 20/abr	11 - 25/mai	04 - 18/ago	22,8 a 25	18,5 a 22
	$\bar{M}$	13 - 17/out	06 - 10/abr	16 - 20/mai	09 - 13/ago	24,5	20
SE	São Paulo	17 - 21/dez	01 - 05/abr	21 - 25/mai	19 - 23/ago	23,6	18
	C. do Jordão	02 - 06/dez	01 - 05/abr	21 - 25/mai	09 - 13/ago	17,5	11,5
	Guarulhos	17 - 21/dez	01 - 05/abr	26 - 30/mai	24 - 28/ago	23,5	18
	Taubaté	17 - 21/dez	27 - 31/mar	26 - 30/mai	14 - 18/ago	24,7	18,4
	Ubatuba	07 - 11/dez	12 - 16/mar	31/mai - 04/jun	18 - 22/set	26	20
	A	02 - 21/dez	12/mar - 05/abr	21/mai - 04/jun	09/ago - 22/set	17,5 a 26	11,5 a 20
	$\bar{M}$	12 - 16/dez	27 - 31/mar	26 - 30/mai	24 - 28/ago	23,1	17,2
CT	Avaré	02 - 06/dez	01 - 05/abr	21 - 25/mai	09 - 13/ago	23	18,3
	Sorocaba	02 - 06/dez	11 - 15/abr	11 - 15/mai	29/ago - 02/set	24,1	19
	A	02 - 06/dez	01 - 15/abr	11 - 25/mai	09/ago - 02/set	23 a 24,1	18,3 a 19
	$\bar{M}$	02 - 06/dez	06 - 10/abr	16 - 20/mai	19 - 23/ago	23,6	18,6
W	P. Prudente	22 - 26/dez	17 - 21/mar	11 - 15/mai	14 - 18/ago	26,2	21
	Três Lagoas	18 - 22/out	11 - 15/abr	21 - 25/mai	09 - 13/ago	27,5	22
	A	18/out - 26dez	17/mar - 15/abr	11 - 25/mai	09 - 18/ago	26,2 a 27,5	21 a 22
	$\bar{M}$	22 - 26/Nov	01 - 05/abr	16 - 20/mai	14 - 18/ago	26,9	21,5
-	$\bar{M}_{SP}$	22-26/Nov	01 - 05/abr	21-25/mai	14-18/ago	24,8	18,6

$T_{mq}$ , temperatura média climatológica na  $E_q$ ;  $T_{mf}$ , temperatura média climatológica na  $E_f$ ; A, amplitude;  $\bar{M}_{SP}$ , média do início das estações do Estado de São Paulo.

## **4.2. Delimitação das $E_q$ e $E_f$ anualmente utilizando o critério da temperatura**

Com a finalidade de analisar a variabilidade interanual, as datas do início das  $E_q$ ,  $E_f$  e transições foram determinadas anualmente através do critério descrito na seção 3.1.1.a, utilizando os dados de temperatura do INMET, para o período de 20 anos (de 1989 até 2008), no Estado de São Paulo (Tabela 4.2). A Figura 4.3 mostra um exemplo típico do início da  $E_q$  próximo ao dia 29 de dezembro de 1992, durando até próximo ao dia 09 de abril de 1993 do ano seguinte, com duração de 80 dias, na estação meteorológica de Campos do Jordão, que exhibe bem as características das quatro estações em estudo. A  $E_f$  começou no dia 18 de maio 1993 persistindo até 27 de agosto deste ano, num total de aproximadamente 100 dias. A transição da  $E_{q-f}$  ( $E_{f-q}$ ) foi curta (longa) em cerca de 40 (140) dias, no ano de 1993. Outra importante característica no ciclo anual da temperatura é observada durante a  $E_{f-q}$  a qual mostra um período quente no mês de novembro em torno de 16 de novembro até 10 de dezembro, e logo após a temperatura média retorna aos valores típicos de transição, voltando a aumentar em 15 de janeiro de 1994. Nesse último caso, a  $E_q$  começou no mês de janeiro de 1994.



**Figura 4.3** - Temperatura média diária da estação meteorológica na cidade de Campos do Jordão – SP, para o período de 1º de novembro de 1992 a 24 de janeiro de 1994. As linhas vermelha (ao longo de 18°C) e azul (ao longo de 11,5°C) são as temperaturas médias da  $E_q$  e  $E_f$ , respectivamente.

A Tabela 4.2 mostra o início da  $E_q$  no Estado de São Paulo. A  $E_q$  teve início mais cedo na pênstada 55 (28 de setembro a 02 de novembro) nas estações meteorológicas de Franca, Catanduva e Votuporanga em 2003 e início mais tarde na pênstada 05 (21 a 25 de janeiro) nas estações de São Paulo e Taubaté em 2002. O início médio da  $E_q$  ocorreu primeiro na pênstada 67 (27 de novembro a 02 de dezembro) na estação pluviométrica de Três Lagoas e tardio na pênstada 72 (22 a 26 de dezembro) em Taubaté. Analisando a média das datas do início das estações do ano para cada ano estudado, verifica-se que a  $E_q$  apresentou o início mais cedo na pênstadas 59 (18 a 22 de outubro) no ano de 2003 e mais tarde na pênstada 04 (16 a 20 de janeiro) no ano de 1994. Nos setores norte e oeste do Estado de São Paulo foram verificados o início da  $E_q$  na pênstada 69 (07 e 11 de dezembro) (Tabela 4.2). No setor sudeste do Estado o início da  $E_q$  ocorreu 2 pênstadas mais tarde, na pênstada 71 (17 e 21 de dezembro). A  $E_q$  apresentou início médio no Estado de São Paulo durante o período estudado na pênstada 70 (12 a 16 de dezembro). Na Seção 4.1 o início climatológico da  $E_q$  ocorreu em 4 pênstadas mais cedo, devido a mudança de

critério. No Estado de São Paulo, o maior (menor) desvio padrão obtido no início da  $E_q$  foi de 6,3 (3,6) pântadas nas estações meteorológicas de Catanduva (Taubaté e Ubatuba) (Tabela 4.2).

Para a  $E_{q-f}$  (Tabela 4.3), nota-se que o início mais cedo ocorreu na pântada 12 (25 de fevereiro a 01 de março) nas estações meteorológicas de São Paulo em 1992 e Três Lagoas em 2000 e início tardio na pântada 25 (01 a 05 de maio) na maioria das estações meteorológicas no ano de 2002. O início médio de 20 anos da  $E_{q-f}$  observou-se mais cedo na pântada 16 (17 a 21 de março) em Campos do Jordão e mais tarde na pântada 19 (01 a 05 de abril) em São Carlos e Sorocaba. A média das datas do começo da  $E_{q-f}$  a cada ano ocorreu mais cedo na pântada 14 (07 a 11 de março) no ano de 2000 e mais tarde na pântada 22 (16 a 20 de abril) nos anos de 1990, 2002 e 2005. A  $E_{q-f}$  iniciou-se mais cedo no setor sudeste de São Paulo na pântada 17 (22 a 26 de março) (Tabela 4.3). Já nos setores norte e oeste começou uma pântada mais tarde, na pântada 18 (27 e 31 de março). E por fim, no setor central essa transição ocorreu na pântada 19 (01 a 05 de abril). A transição da  $E_{q-f}$  teve começo médio na pântada 18 (27 a 31 de março) no Estado de São Paulo e o início climatológico da  $E_{q-f}$  ocorreu na pântada 19, com 1 pântada mais tarde (Seção 4.1). O maior desvio padrão obtido no início da  $E_{q-f}$  ocorreu na estação meteorológica de Avaré, próximo a 4 pântadas, e o menor desvio padrão ocorreu na estação de Taubaté, superior a 2 pântadas (Tabela 4.3).

A  $E_f$  teve início mais cedo na pântada 23 (21 a 25 de abril) na estação pluviométrica de Votuporanga no ano de 1991 e o início mais tarde ocorreu na pântada 35 (20 a 24 de junho) nas estações de São Simão, Ubatuba e Sorocaba no ano de 2005 (Tabela 4.4). A  $E_f$  iniciou em média por estação meteorológica na pântada 27 (11 a 15 de maio) em praticamente todas as estações do Estado, exceto nas estações pluviométricas de Campos do Jordão e Ubatuba, que aconteceu nas pântadas 28 e 29, respectivamente. O início médio a cada ano da  $E_f$  ocorreu mais cedo na pântada 25 (01 a 05 de maio) nos anos de 1998, 2003, 2006 e 2008, e mais tarde na pântada 33 (10 a 14 de

junho) no ano de 1992. A  $E_f$  começou nos setores norte, oeste e central do Estado na pênstada 27 (11 a 15 de maio) (Tabela 4.4). No setor sudeste observou-se um início da  $E_f$  na pênstada 28 (16 a 20 de maio). Porém, na maioria das estações desse setor o início da  $E_f$  começou na pênstada 27. A  $E_f$  iniciou-se em média na pênstada 27 (11 a 15 de maio) no Estado de São Paulo. Na Seção 4.1 o começo climatológico da  $E_f$  ocorreu em 2 pênstadas mais tarde. No Estado de São Paulo, o maior (menor) desvio padrão encontrado no início da  $E_f$  aconteceu na estação de Ubatuba (Avaré e Três Lagoas) próximo 3 (2) pênstadas (Tabela 4.4).

No ano de 2002, o início mais cedo da  $E_{f-q}$  foi constatado na pênstada 44 (04 a 08 de agosto), com concordância em todas as estações meteorológicas do Estado de São Paulo (Tabela 4.5). O semelhante também ocorreu nos anos de 1995 e 2006. Já o início mais tarde aconteceu na pênstada 58 (13 a 17 de outubro) nas estações de Franca em 1990 e Ubatuba em 1991. O começo médio da  $E_{f-q}$  ocorreu mais cedo na pênstada 45 (09 a 13 de agosto) na estação meteorológica de Três Lagoas e mais tarde na pênstada 48 (24 a 28 de agosto) em São Paulo, Campos do Jordão, Guarulhos e Ubatuba. A média anual mostrou o começo da  $E_{f-q}$  na pênstada 44 (04 a 08 de agosto) nos anos de 1995, 2002 e 2006, e na pênstada 52 (13 a 17 de setembro) no ano de 1990. O início da  $E_{f-q}$  foi observado primeiro nos setores norte e oeste do Estado de São Paulo na pênstada 46 (14 a 18 de agosto) (Tabela 4.5). Na parte central do Estado, o início da  $E_{f-q}$  ocorreu na pênstada 47 (19 a 23 de agosto) e no setor sudeste começou na pênstada 48 (24 a 28 de agosto). A média do início da  $E_{f-q}$  no Estado de São Paulo ocorreu na pênstada 47 (19 a 23 de agosto) e o começo climatológico da  $E_{f-q}$  1 pênstada mais cedo (Seção 4.1). A Tabela 4.5 mostra que o maior desvio padrão obtido no início da  $E_{f-q}$ , na estação meteorológica de Guarulhos, foi de 4 pênstadas e o menor desvio padrão ocorreu, na estação de Três Lagoa, foi de 1 pênstada.

**Tabela 4.2** – Data do início das  $E_q$  a cada ano nas 14 estações meteorológicas do INMET, no Estado de São Paulo. Valores em azul e vermelho representam o início mais cedo e mais tarde da  $E_q$ , respectivamente.

Setores	N					SE					CT		W		SP
Estações /Ano	Franca	S. Carlos	S. Simão	Catanduva	Votupor.	SP	C. Jordão	Guarulhos	Taubaté	Ubatuba	Avaré	Sorocaba	Pres. Prud.	Três Lag.	$\bar{M}$
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	03 <sup>+</sup>	02 <sup>+</sup>	02 <sup>+</sup>	03 <sup>+</sup>	*	01 <sup>+</sup>	*	03 <sup>+</sup>	03 <sup>+</sup>	*	02 <sup>+</sup>				
1991	61	62	*	61	60	63	63	63	*	64	64	63	63	*	62
1992	73	70	*	63	*	68	69	69	*	69	*	*	63	*	68
1993	63	73	73	73	71	73	73	73	73	73	*	*	70	*	72
1994	04 <sup>+</sup>	04 <sup>+</sup>	*	04 <sup>+</sup>	04 <sup>+</sup>	03 <sup>+</sup>	04 <sup>+</sup>	03 <sup>+</sup>	04 <sup>+</sup>	04 <sup>+</sup>	04 <sup>+</sup>	*	04 <sup>+</sup>	*	<b>04<sup>+</sup></b>
1995	68	68	*	68	68	68	72	68	68	68	68	*	68	*	68
1996	04 <sup>+</sup>	02 <sup>+</sup>	70	03 <sup>+</sup>	03 <sup>+</sup>	02 <sup>+</sup>	02 <sup>+</sup>	02 <sup>+</sup>	02 <sup>+</sup>	71	02 <sup>+</sup>	*	03 <sup>+</sup>	67	01 <sup>+</sup>
1997	68	69	70	69	69	71	70	70	71	71	*	*	71	68	70
1998	72	61	71	68	72	71	71	71	72	71	71	*	68	68	70
1999	03 <sup>+</sup>	03 <sup>+</sup>	66	02 <sup>+</sup>	04 <sup>+</sup>	73	*	03 <sup>+</sup>	03 <sup>+</sup>	03 <sup>+</sup>	*	69	04 <sup>+</sup>	04 <sup>+</sup>	01 <sup>+</sup>
2000	02 <sup>+</sup>	02 <sup>+</sup>	02 <sup>+</sup>	65	66	02 <sup>+</sup>	*	02 <sup>+</sup>	02 <sup>+</sup>	02 <sup>+</sup>	03 <sup>+</sup>	*	71	65	72
2001	71	*	72	57	71	71	*	72	01 <sup>+</sup>	72	72	*	71	57	69
2002	04 <sup>+</sup>	64	64	64	65	<b>05<sup>+</sup></b>	*	65	<b>05<sup>+</sup></b>	67	65	65	65	65	68
2003	<b>55</b>	56	56	<b>55</b>	<b>55</b>	64	*	64	65	*	64	56	65	*	<b>59</b>
2004	66	62	73	69	63	68	*	*	66	64	*	68	69	70	67
2005	02 <sup>+</sup>	73	73	66	66	73	*	73	73	73	73	73	*	*	72
2006	03 <sup>+</sup>	02 <sup>+</sup>	02 <sup>+</sup>	02 <sup>+</sup>	72	02 <sup>+</sup>	*	02 <sup>+</sup>	*	02 <sup>+</sup>	02 <sup>+</sup>	02 <sup>+</sup>	02 <sup>+</sup>	*	02 <sup>+</sup>
2007	71	65	65	71	71	70	*	70	*	71	71	64	64	*	68
2008	67	72	68	72	65	72	*	72	73	73	73	72	68	*	70
$\bar{M}$	71	69	70	68	69	71	71	71	<b>72</b>	71	71	68	70	<b>67</b>	<b>70</b>
DP	6,1	6,0	5,2	<b>6,3</b>	5,9	3,8	4,0	4,1	<b>3,6</b>	<b>3,6</b>	4,3	5,9	4,7	5,2	-
$\bar{M}$ /setor (pêntada)	<b>69</b>					<b>71</b>					70		<b>69</b>		-
$\bar{M}$ /setor (dias)	07 -11/dez					17 -21/dez					12 - 16/dez		07 - 11/dez		-

\* Falta total de dados ou sem dados suficientes para determinar o início da  $E_q$ .

<sup>+</sup> Representa que o início da  $E_q$  ocorreu no ano seguinte.

<sup>-</sup> Não foi possível determinar o início da  $E_q$  devido a falta de dados em 1988.

**Tabela 4.3** – Data do início das  $E_{q-f}$  a cada ano nas 14 estações meteorológicas do INMET, no Estado de São Paulo. Valores em azul e vermelho representam o início mais cedo e mais tarde da  $E_{q-f}$ , respectivamente.

Setores	N					SE					CT		W		SP
Estações / Ano	Franca	S. Carlos	S. Simão	Catanduva	Votupor.	SP	C. Jordão	Guarulhos	Taubaté	Ubatuba	Avaré	Sorocaba	Pres. Prud.	Três Lag.	$\bar{M}$
1989	21	21	20	21	21	21	21	21	*	21	*	21	21	*	21
1990	22	22	22	22	22	22	21	21	*	22	22	22	22	*	<b>22</b>
1991	*	17	*	16	17	15	13	15	*	17	13	17	15	*	15
1992	20	17	*	17	*	<b>12</b>	14	18	*	19	*	*	17	*	17
1993	16	15	16	16	16	16	16	17	16	20	*	*	16	*	16
1994	15	16	16	16	16	13	17	18	13	18	18	*	16	*	16
1995	19	15	15	19	15	14	15	14	15	15	15	*	14	14	15
1996	21	21	21	21	21	21	19	21	19	22	21	*	20	20	20
1997	15	15	15	15	15	15	14	16	18	16	*	*	15	17	15
1998	19	19	18	19	19	15	*	17	18	19	18	18	19	18	18
1999	15	*	20	20	20	20	14	15	15	14	15	20	20	20	17
2000	14	22	14	14	14	14	*	14	14	14	13	*	14	<b>12</b>	<b>14</b>
2001	18	21	21	21	21	18	*	18	18	21	25	*	18	21	20
2002	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	19	19	19	20	19	<b>25</b>	19	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>22</b>
2003	16	16	16	14	16	15	*	16	16	16	16	16	16	16	16
2004	15	15	14	*	15	15	*	14	15	15	15	15	15	14	15
2005	22	22	22	22	23	22	*	22	22	22	22	22	*	*	<b>22</b>
2006	18	18	18	15	18	18	*	18	17	18	17	18	17	*	17
2007	20	24	20	20	24	19	*	20	20	20	20	24	20	*	21
2008	15	18	16	14	14	17	*	17	16	15	*	17	14	*	16
$\bar{M}$	18	<b>19</b>	18	18	18	17	<b>16</b>	17	17	18	18	<b>19</b>	17	18	<b>18</b>
DP	3,1	3,2	3,1	3,2	3,5	3,1	3,0	2,5	<b>2,4</b>	2,8	<b>3,9</b>	2,7	3,0	3,8	-
$\bar{M}$ /setor (pêntada)	18					<b>17</b>					<b>19</b>		18		-
$\bar{M}$ /setor (dias)	27 - 31/mar					22 - 26/mar					01 - 05/abr		27 - 31/mar		-

\* Falta total de dados ou sem dados suficientes para determinar o início da  $E_{q-f}$ .

**Tabela 4.4** – Data do início das  $E_f$  a cada ano nas 14 estações meteorológicas do INMET, no Estado de São Paulo. Valores em azul e vermelho representam o início mais cedo e mais tarde da  $E_f$ , respectivamente.

Setores	N					SE					CT		W		SP	
Estações / Ano	Franca	S. Carlos	S. Simão	Catanduva	Votupor.	SP	C. Jordão	Guarulhos	Taubaté	Ubatuba	Avaré	Sorocaba	Pres. Prud.	Três Lag.	$\bar{M}$	
1989	26	26	26	26	26	26	26	26	*	26	*	26	26	*	26	
1990	28	27	28	28	28	28	28	28	*	28	28	28	28	*	28	
1991	26	26	*	24	<b>23</b>	26	26	26	*	32	25	*	26	*	26	
1992	34	34	*	33	33	33	33	33	*	34	*	*	33	*	<b>33</b>	
1993	27	28	28	27	27	28	28	28	27	29	27	*	27	*	27	
1994	27	27	*	27	27	27	32	31	32	33	32	*	27	*	29	
1995	28	28	28	*	28	28	28	28	28	29	28	*	28	28	28	
1996	30	29	29	28	*	28	26	30	29	29	28	*	30	29	28	
1997	28	27	29	29	29	29	29	29	27	30	*	*	29	29	29	
1998	25	25	25	25	25	25	*	25	25	26	25	25	25	24	<b>25</b>	
1999	26	26	27	26	26	29	27	27	27	29	27	27	26	28	27	
2000	27	26	28	26	28	26	*	26	26	30	26	*	28	25	27	
2001	27	27	27	28	25	27	*	27	27	36	27	*	25	26	27	
2002	29	28	29	29	29	29	29	29	30	29	28	28	28	29	29	
2003	25	25	25	25	25	25	*	25	25	25	*	25	25	25	<b>25</b>	
2004	26	26	26	26	26	28	*	28	26	28	27	30	26	26	27	
2005	30	29	<b>35</b>	29	29	30	*	30	24	<b>35</b>	28	<b>35</b>	*	*	30	
2006	25	25	25	25	25	25	*	25	25	25	25	25	25	*	<b>25</b>	
2007	29	29	29	29	29	29	*	29	29	30	29	29	29	*	29	
2008	24	25	25	25	25	25	*	24	25	26	*	25	25	*	<b>25</b>	
$\bar{M}$	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	28	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>29</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	
DP	2,2	2,1	2,4	2,2	2,2	2,0	2,2	2,2	2,1	<b>3,2</b>	<b>1,8</b>	2,9	2,0	<b>1,8</b>	-	
$\bar{M}$ /setor (pêntada)			<b>27</b>					<b>28</b>			<b>27</b>		<b>27</b>		-	
$\bar{M}$ /setor (dias)			11 -15/mai					16 -20/mai					11 - 15/mai			-

\* Falta total de dados ou sem dados suficientes para determinar o início da  $E_f$ .

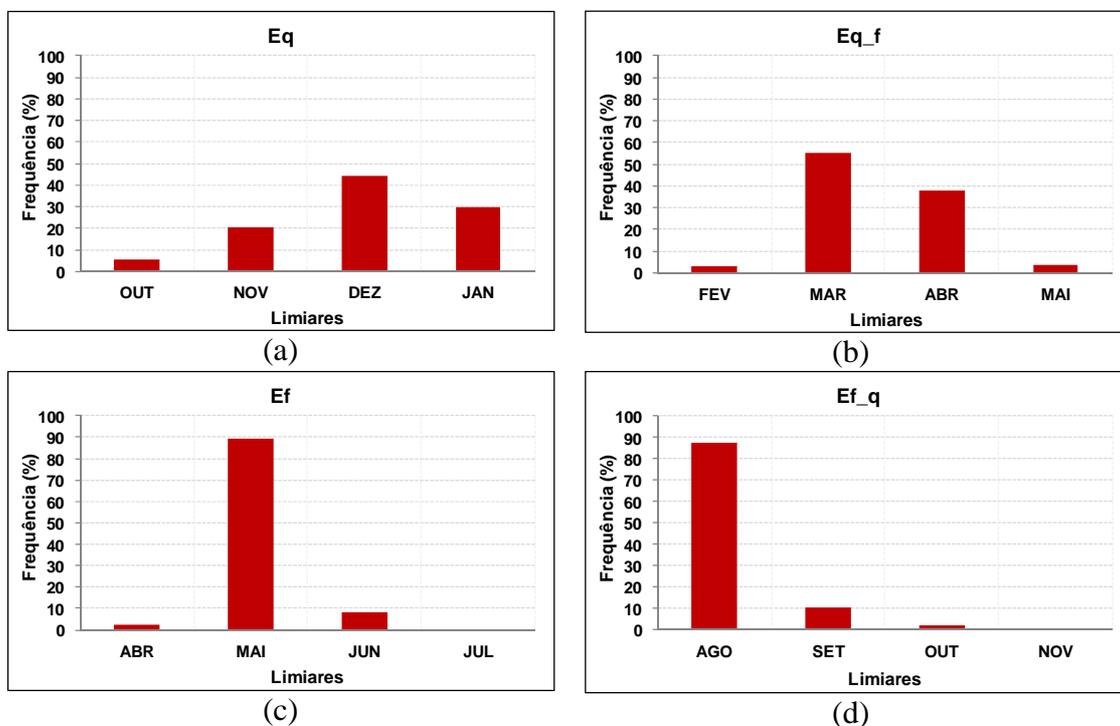
**Tabela 4.5** – Data do início das  $E_{f-q}$  a cada ano nas 14 estações meteorológicas do INMET, no Estado de São Paulo. Valores em azul e vermelho representam o início mais cedo e mais tarde da  $E_{f-q}$ , respectivamente.

Setores	N					SE					CT		W		SP	
Estações / Ano	Franca	S. Carlos	S. Simão	Catanduva	Votupor.	SP	C. Jordão	Guarulhos	Taubaté	Ubatuba	Avaré	Sorocaba	Pres. Prud.	Três Lag.	$\bar{M}$	
1989	46	47	47	46	47	46	46	46	*	46	*	46	46	*	46	
1990	<b>58</b>	44	*	53	55	55	55	55	*	50	56	44	45	*	<b>52</b>	
1991	44	44	*	44	44	57	51	57	*	<b>58</b>	*	*	47	*	49	
1992	48	*	44	54	55	52	48	52	48	48	*	*	53	*	50	
1993	48	48	49	48	48	48	48	*	49	48	48	*	48	*	48	
1994	44	48	*	46	46	51	48	52	48	49	46	*	46	*	47	
1995	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	45	45	*	<b>44</b>	45	<b>44</b>	
1996	47	47	48	44	*	47	48	47	47	48	48	*	44	44	46	
1997	47	45	46	46	46	46	44	46	47	46	47	*	46	46	46	
1998	45	46	45	45	45	45	*	45	45	45	45	45	45	45	45	
1999	48	48	48	47	46	47	48	48	48	48	47	47	47	47	47	
2000	44	45	46	46	47	47	*	51	46	51	51	*	51	46	47	
2001	47	47	46	45	45	46	*	46	48	47	46	*	45	46	46	
2002	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	*	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	
2003	49	49	50	49	49	53	*	53	49	53	*	53	53	*	51	
2004	47	47	47	47	46	47	*	47	47	47	46	46	46	*	46	
2005	46	45	46	46	46	46	*	45	46	46	46	46	45	*	46	
2006	46	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	*	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	*	<b>44</b>	
2007	44	48	47	47	49	44	*	49	49	49	44	44	49	*	47	
2008	*	45	44	44	45	45	*	*	45	46		45	46	45	45	
$\bar{M}$	46	46	46	46	47	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	47	<b>48</b>	47	46	46	<b>45</b>	<b>47</b>	
DP	3,3	1,6	1,9	2,7	3,4	3,9	3,3	<b>4,0</b>	1,9	3,3	3,2	2,6	2,8	<b>1,0</b>	-	
$\bar{M}$ /setor (pêntada)			<b>46</b>					<b>48</b>			47		<b>46</b>		-	
$\bar{M}$ /setor (dias)			14 -18/ago					24 -28/ago				19-23/ago		14 -18/ago		-

\* Falta total de dados ou sem dados suficientes para determinar o início da  $E_{f-q}$ .

As frequências do início das  $E_q$ ,  $E_f$  e transições no Estado de São Paulo podem ser vistas na Figura 4.4. O início da  $E_q$  foi observado entre os meses de outubro a janeiro, com maior frequência no mês de dezembro, superior a 40%, e com menor frequência no mês de outubro, em torno de 5% (Figura 4.4a). O início da  $E_q$  ocorreu de forma mais distribuída do que as demais estações devido ao pico na temperatura média diária durante a  $E_{f-q}$ , o qual algumas vezes causou o início da  $E_q$ . O início da  $E_f$  foi encontrado entre os meses de abril a junho, com maior frequência no mês de maio próximo a 80%, e com baixíssima frequência no mês de abril (Figura 4.4c).

A transição da  $E_q$  para  $E_f$  teve início de fevereiro a maio, com maior frequência em março (superior a 50%) e em abril (próximo a 40%), sendo 90% das vezes entre março e abril, como pode ser visto na Figura 4.4b. Já a transição  $E_{f-q}$  teve início de agosto a outubro, com maior frequência em agosto em torno de 90%, sendo que em setembro e outubro juntos a frequência foi próximo de 10% (Figura 4.4d).



**Figura 4.4** - Frequência da ocorrência do início das  $E_q$  (a),  $E_{q-f}$  (b),  $E_f$  (c) e  $E_{f-q}$  (d), no período de 1989 a 2008 (20 anos), sobre o Estado de São Paulo.

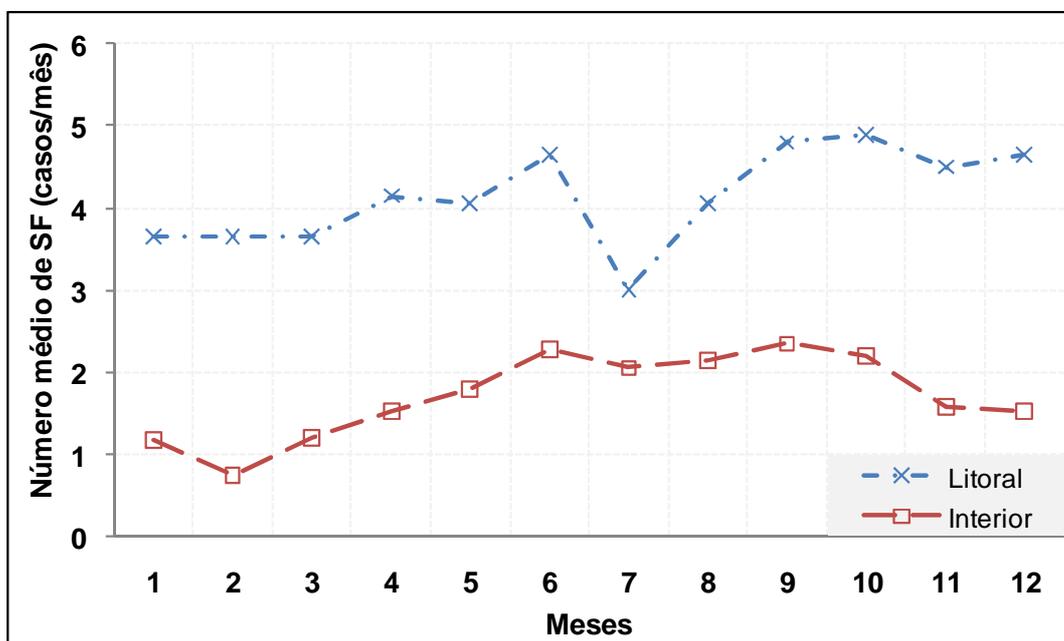
### 4.3. Início e fim das estações quente e fria na presença ou ausência de SF

As datas do início das  $E_q$  e  $E_f$  foram ajustadas e/ou alteradas aos resultados obtidos na seção 4.1.2, usando os dados mensais de SF obtidas através do Boletim Climanálise para período em estudo, no Estado de São Paulo. Assim, utilizando-se as informações do Climanálise foi obtida uma climatologia dos SF no litoral e interior do Estado. Observou-se uma média mensal de entrada de SF entre 3 e 5 sistemas no litoral e entre 1 e 2 sistemas no interior, como pode ser visto na Figura 4.5. No litoral as maiores ocorrências de SF encontram-se nos meses de setembro e outubro, ambos próximas de 5 (Figura 4.5a). Já no interior, as maiores médias de SF verificaram-se de junho a outubro, com máximo em setembro. A média nos meses de setembro e outubro foi diferente no litoral e interior, sendo que no litoral a média aumentou e no interior diminuiu de setembro a outubro.

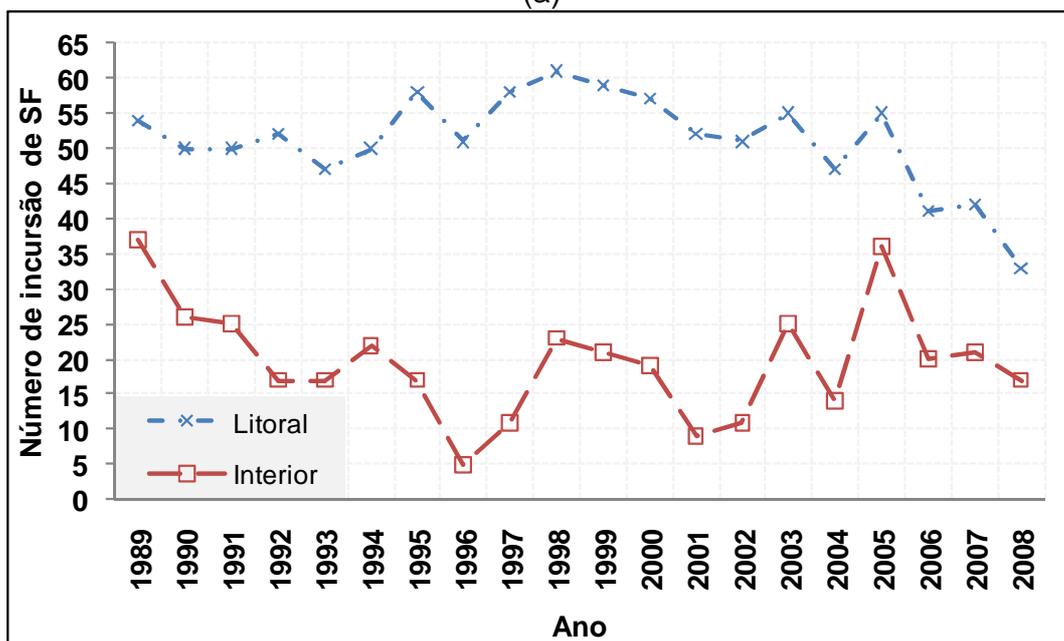
No litoral a climatologia de ocorrência de SF foi menor nos meses de janeiro a março e em julho, quando se encontrou o mínimo, com 3 casos/mês (Figura 4.5a). No interior a menor ocorrência de SF foi em fevereiro, porém durante o período de novembro a maio todos os meses apresentaram valores abaixo de 2 casos/ano.

No litoral do Estado de São Paulo foram observados entre 33 e 61 SF por ano, com máximo em 1998, com 61 casos, e mínimo em 2008, com 33 casos (Figura 4.5b). No interior a ocorrência de sistemas frontais foi entre 5 e próximo de 40 eventos/ano, com máximo em 1989 e 2005. Os mínimos ocorreram em 2008 no litoral e em 1996 e 2001 no interior. A variabilidade interanual da ocorrência de SF no litoral e interior do Estado de São Paulo comportou-se quase semelhante, diferenciando apenas no número de ocorrências, sendo no litoral praticamente o dobro do que no interior (Figura 4.5b). No litoral de São

Paulo, entre os anos de 2006 e 2008, observou-se uma queda do número de passagens de SF. Mas, isso não foi verificado no interior do Estado.



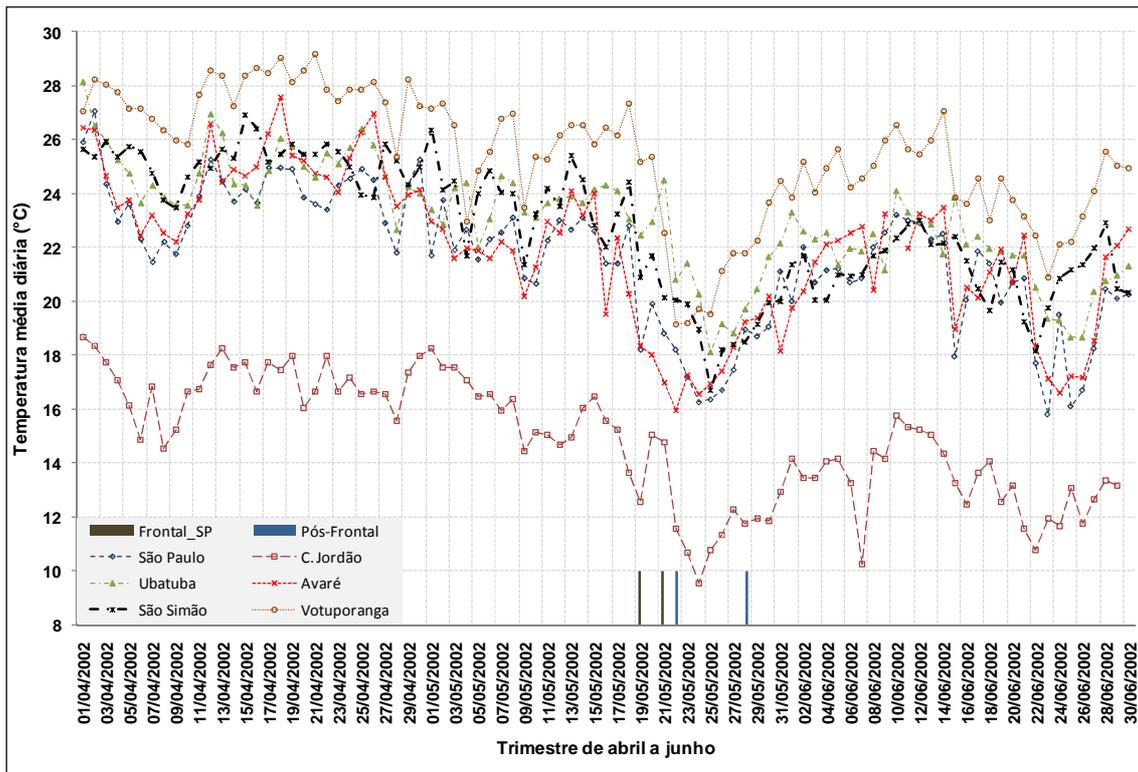
(a)



(b)

**Figura 4.5** – Média mensal em 20 anos (a) e variabilidade interanual (b) da ocorrência de SF, no litoral (linha azul) e no interior (linha vermelho) do Estado de São Paulo.

Depois de obtida a climatologia de incursão de SF no Estado de São Paulo, esta foi associada ao início da  $E_f$  no Estado (seção 3.3.1.c). Como exemplo, mostra a evolução do início da  $E_f$  em 2002, a qual iniciou entre os dias 19 e 23 de maio, como mostrado na Figura 4.6. Esta figura apresenta apenas seis estações meteorológicas distribuídas no Estado de São Paulo, mas representa o observado em todas as estações em estudo. Neste ano observou-se que a partir de 19 de maio houve uma queda da temperatura média diária marcando o início da  $E_f$  através do critério da temperatura, e também foi constatada a passagem do quarto SF em maio, que foi o responsável pela redução das temperaturas. Tal SF foi verificado tanto no litoral como no interior de São Paulo e, assim, como a maior parte dos anos estudados, a  $E_f$  iniciou após a passagem de um SF que avançou até latitudes mais baixas. O início da  $E_{q-f}$  e  $E_f$  em algumas vezes, foi marcado pela passagem de um SF apenas pelo litoral de São Paulo, e seguindo em direção ao oceano. Outra situação encontrada para o início dessas duas estações ocorreu quando houve ciclogênese sobre o Estado ou em latitudes mais baixas (Climanálise 1989-2008).



**Figura 4.6** – Temperatura média diária em seis estações meteorológicas do Estado de São Paulo e passagem de sistema frontal (barra vertical).

Em geral, a  $E_{q-f}$  no Estado de São Paulo começou entre as pântadas 14 e 22 (de 7 a 11 de março até 16 a 20 de abril) (Figura 4.7). Porém, o início da  $E_{q-f}$  ocorreu mais tarde em 1989 e 2005 nas pântadas 21 e 22, respectivamente, e mais cedo em 2000, 2004 e 2008, todos na pântada 14.

A  $E_{q-f}$  iniciou principalmente devido a passagem dos três primeiros SF em março ou dos dois primeiros SF em abril no Estado de São Paulo, sendo com maior frequência na passagem da terceira frente fria de março (Figura 4.8a). Também foi verificado que raramente o início da  $E_{q-f}$  ocorreu na passagem do quarto e sexto SF de março e também no terceiro de abril. Esses últimos inícios da  $E_{q-f}$  após a passagem de somente um SF ocorreram principalmente nos anos com muitas penetrações frontais, porque, em geral, tais SFs não foram fortes o suficiente para causar queda nas temperaturas médias diárias e mante-las baixas.

A  $E_{q-f}$  começou entre os dias 7 e 21 de março em 50% das vezes, em um total de 10 anos, sobre São Paulo (Figura 4.8b). Os inícios da  $E_{q-f}$  que ocorreram entre os dias 22 de março a 5 de abril e entre os dias 6 a 20 de abril corresponderam cada um a 25% das vezes.

A Tabela 4.6 apresenta a média dos resultados encontrados na Figura 4.7, Foi observado que o início das  $E_{q-f}$ , em média, foi na pântada 17, com o desvio padrão acima de 2 pântadas, sendo que, na transição foi um pouco maior (Tabela 4.6). Os limites do início mais cedo e mais tardio para a  $E_{q-f}$  foram nas pântadas 14 e 22, respectivamente. O início da  $E_{q-f}$ , em geral, foi marcado pela passagem de um SF observado tanto no litoral quanto no interior do Estado de São Paulo. A  $E_{q-f}$  foi marcada em 60% das vezes por registro de passagem de SF no interior e sempre ocorreram passagens de SF no litoral de São Paulo.

O início da  $E_f$  ocorreu entre as pântadas 24 e 33 (de 26 a 30 de abril até 10 a 14 de junho) (Figura 4.7) sobre o Estado de São Paulo. O início da  $E_f$  mais

tardio ocorreu no ano de 1992, na pênstada 33, e o mais cedo aconteceu em 2007 e 2008, ambos na pênstada 24.

A Figura 4.8a mostra que o início da  $E_f$  começou após a passagem dos quatros primeiros SF do mês de maio sobre o Estado. De forma geral, a  $E_f$  começou em 60% das vezes na entrada dos dois primeiros SF do mês de maio e 90% sobre os quartos primeiros neste mês, no Estado de São Paulo. O início da  $E_f$  também foi observado em abril e junho, com apenas um caso de passagem de SF em cada mês, sendo que ambos significaram 10% das vezes.

A Figura 4.8b mostra que a  $E_f$  teve início em aproximadamente 60% dos casos entre os dias 11 e 25 de maio, num total de 11 anos. Mas, também, os inícios da  $E_f$  ocorreram com grande frequência, 40% dos casos, entre os dias 26 de abril e 10 de maio. Já entre os dias 26 de maio e 14 de junho quase não foi encontrado o início da  $E_f$ , abaixo de 10% dos anos estudados. Assim, foi verificado que a  $E_f$  começou do final de abril ao final de maio em mais de 90% dos casos.

A Tabela 4.6 mostra que o início da  $E_f$ , em média, foi na pênstada 27 (11 a 15 de maio). O desvio padrão do início da  $E_f$  foi acima de 2 pênstadas (Tabela 4.6). O início mais cedo da  $E_f$  ocorreu na pênstada 24 e o mais tardio na 33. O início da  $E_f$ , em geral, foi marcado pela passagem de um SF observado tanto no litoral quanto no interior do Estado de São Paulo. As  $E_f$  foram marcadas em 75% das vezes por registro de passagem de SF no interior, e sempre ocorreram passagens de SF no litoral de São Paulo.

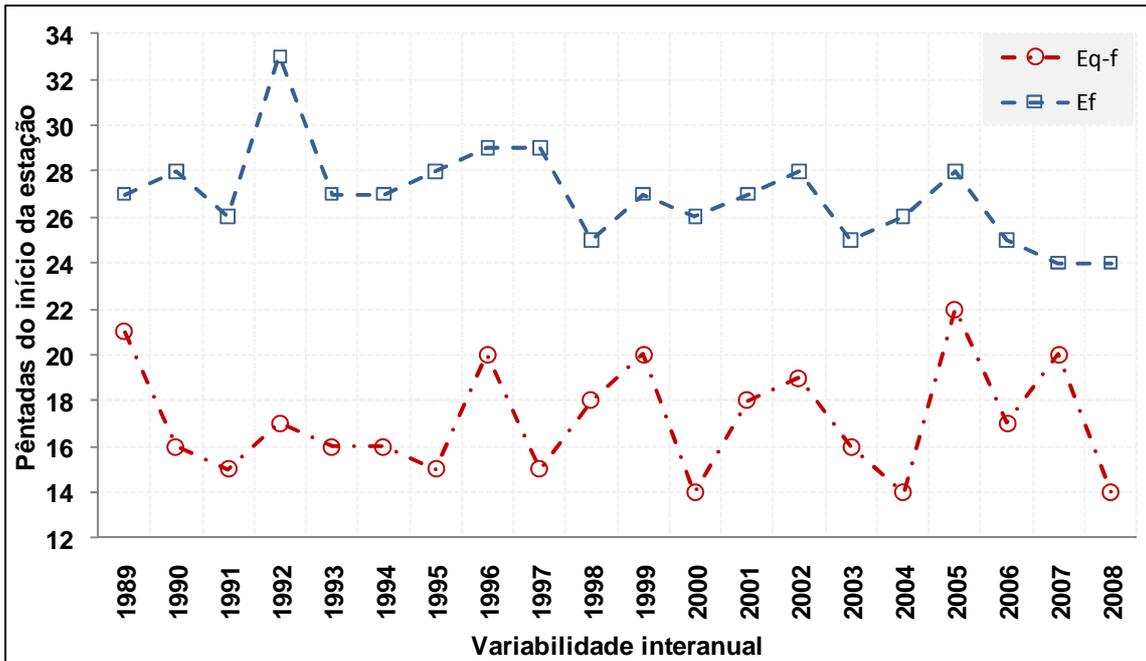
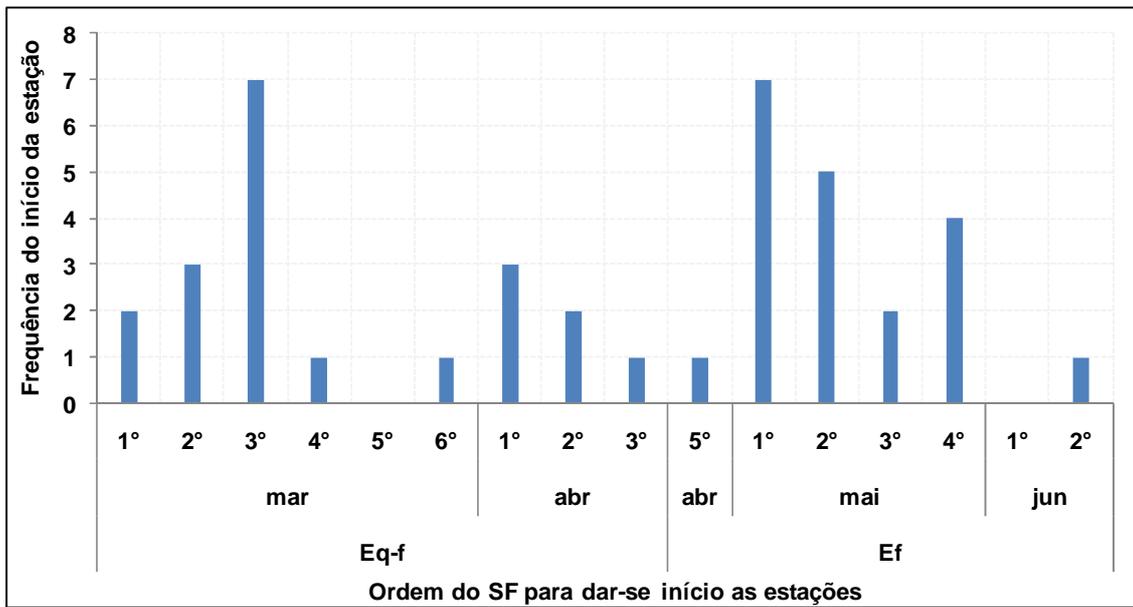
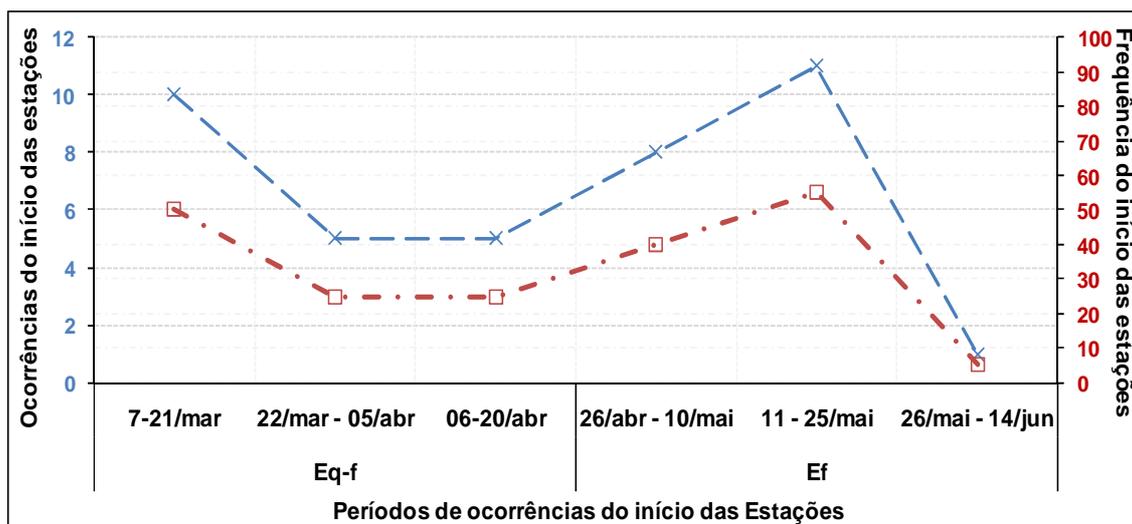


Figura 4.7 – Início da transição da  $E_{q-f}$  (linha vermelha) e início da  $E_f$  (linha azul).



(a)

Figura 4.8 - Frequência da ordem dos SF no início da  $E_{q-f}$  e da  $E_f$  (a) e ocorrência (linha azul) e frequência (linha vermelha) do início da  $E_{q-f}$  e da  $E_f$ . (Continua)



(b)

Figura 4.8 – Conclusão.

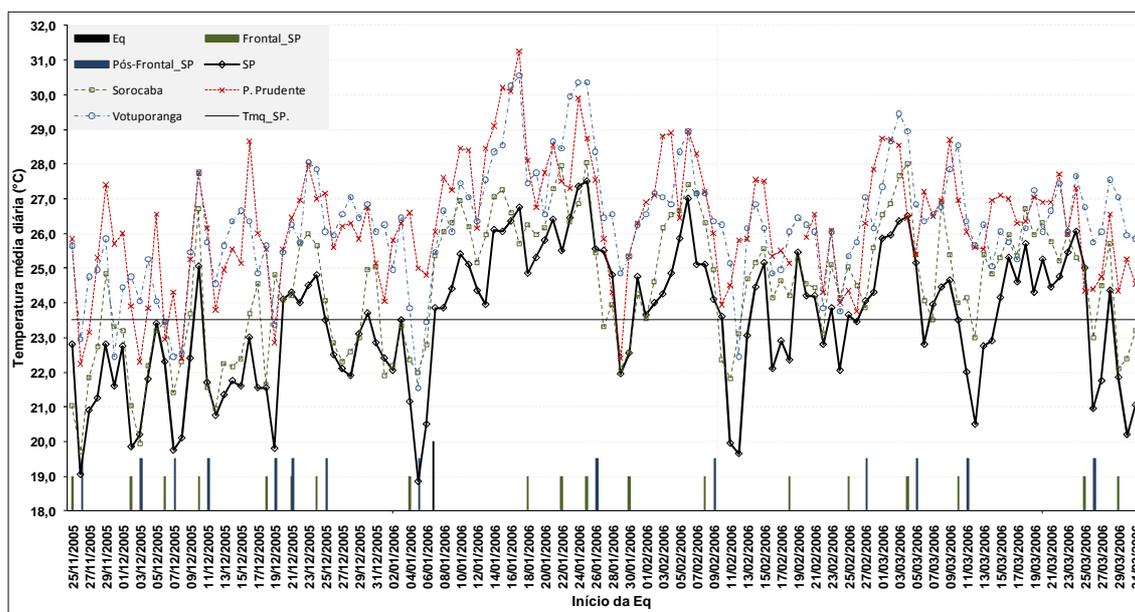
**Tabela 4.6** – Média do início da transição da  $E_{q-f}$  e a  $E_f$ , desvio padrão e frequência dos SF observados no interior.

-	$I(SF)_M$	$DI(SF)_M$	$DP(SF)$	$I(SF)_{\min}$	$DI(SF)_{\min}$	$I(SF)_{\max}$	$DI(SF)_{\max}$	$SF_{int}$
$E_{q-f}$	17	22-26/mar	2,48	14	7-11/mar	22	16-20/abr	60%
$E_f$	27	11-15/mai	2,06	24	26-30/abr	33	10-14/jun	75%

$I(SF)_M$ ,  $I(SF)_{\min}$  e  $I(SF)_{\max}$  inícios médio, cedo e tardio das estações pelo SF em pântadas;  $DI(SF)_M$ ,  $DI(SF)_{\min}$  e  $DI(SF)_{\max}$ , inícios médio, cedo e tardio das estações pelo SF pelo calendário;  $SF_{int}$ , frequência dos SF que também passaram pelo interior durante o início das estações.

As datas do início das  $E_{f-q}$  e  $E_q$  foram ajustadas através da ausência de passagens de SF de cada ano (Figura 4.9) e na média (Tabela 4.5) no Estado de São Paulo. Um exemplo disto é mostrado na Figura 4.9, no qual observa-se que o início da  $E_q$ , ocorreu próximo à segunda pântada (6 e 10 de janeiro) de 2006. Nesse ano, antes do início da  $E_q$  por volta de 4 de janeiro, na maior parte das estações meteorológicas de São Paulo, foi observado uma forte queda nas temperaturas permanecendo até a situação pós-frontal. Logo após a queda nas temperaturas foi verificado um forte aquecimento dando o início da  $E_q$ . Pela estação da cidade de São Paulo foi observado, a partir da segunda pântada de 2006, que as temperaturas ficaram acima da temperatura média climatológica (aproximadamente 24°C) até o final de janeiro. Após a passagem do SF que

antecedeu o início da  $E_q$ , aconteceram 2 passagens de SF pelo o litoral do Estado, onde a primeira ocorreu depois de 11 dias da passagem da anterior, não passando pelo interior. A passagem do segundo SF ocorreu no litoral e no interior até ficar na situação pós-frontal, computando um intervalo de 20 dias entre o SF que antecedeu e esse último SF posterior ao início da  $E_q$ .



**Figura 4.9** – Análise do início da  $E_q$  num período sem passagens frontais em janeiro de 2006. A linha horizontal preta em 23,5°C (temperatura média da  $E_q$  climatológica) é referente apenas à estação na cidade de São Paulo.

Considerando a ausência de SF no Estado de São Paulo, nos 20 anos de estudo, foram constatados que o início da  $E_{f-q}$  ocorreu entre as pênadas 44 e 55 (de 04 de agosto a 02 de outubro), como pode ser visto na Figura 4.10. Portanto, o início da  $E_{f-q}$  mais tardio ocorreu nos anos de 1990 e 1992 nas pênadas 55 (29 de setembro a 02 de outubro) e 54 (23 a 27 de setembro), respectivamente. Já nos anos de 1991, 1995, 2002 e 2006, o início da  $E_{f-q}$  foi mais cedo, na pênada 44 (02 a 06 de agosto).

A média dos resultados encontrados na Figura 4.10 é mostrada na Tabela 4.7. Foi observado que o início da  $E_{f-q}$ , em média, foi na pênada 47 (19 a 23 de agosto). O início mais cedo e mais tarde para a  $E_{f-q}$  foi nas pênadas 44 e 55,

respectivamente. O desvio padrão do início da  $E_{f-q}$  foi pouco acima de 3 pântadas (Tabela 4.7). Com isso, foi verificado que os inícios das  $E_{f-q}$  ocorreram mais frequentemente entre 04 de agosto a 7 setembro. O início da  $E_{f-q}$  foi marcado por ausência de passagens de SF próximo de 15 dias, em média. Os inícios das  $E_{f-q}$  foram marcados pelas ausências de SF entre 7 (ausência mínima) e 33 dias (ausência máxima).

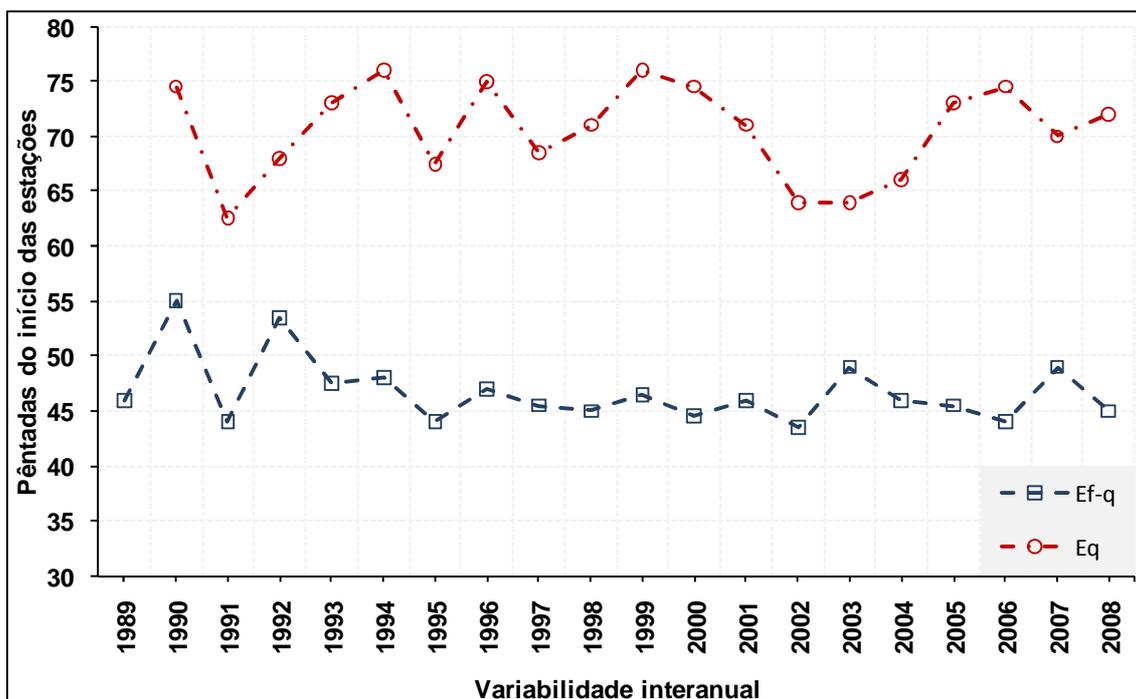
Nos meses de início da  $E_{f-q}$  foram verificados que, na situação pré-frontal (Estado do Paraná), no litoral houve uma maior frequência de SF, entre 4 a 5 casos e no interior entre 0 e 1 eventos (Figura 4.12). Os SF que chegaram apenas em São Paulo, em mais de 60% dos anos, foram entre 4 e 5 eventos e no interior entre 0 e 3 casos. Na situação pós-frontal, durante os meses de início da  $E_{f-q}$  observou-se que os SF ocorreram principalmente nos limiares entre 2 e 3 episódios e também 4 e 5 eventos no litoral. Mas, no interior foi verificada uma considerável redução, com passagem de apenas um ou ausência de SF, em 80% dos meses.

Os inícios das  $E_q$  aconteceram entre as pântadas 62 e 76 (02 de novembro a 15 de janeiro) (Figura 4.10). Os anos em que as  $E_q$  levaram mais tempo para ter início foram 1994 e 1999, na pântada 76 (11 a 15 de janeiro). Ainda na  $E_q$ , os inícios mais precoces ocorreram em 1991, 2002 e 2003, entre as pântadas 63 e 64 (7 a 16 de novembro).

A Tabela 4.7 mostra que o início da  $E_q$ , em média, foi na pântada 71 (17 a 21 de dezembro). O início da  $E_q$  ocorreu entre as pântadas 62 quando precoce e 76 quando tardio. O desvio padrão do início da  $E_q$  foi próximo a 4,5 como pode ser visto na Tabela 4.7. Com isso, foram verificados que os inícios das  $E_q$ , em geral, ocorreu entre 27 de novembro a 01 de dezembro. O início da  $E_q$  foi marcado por ausência de passagens de SF próximo de 13 dias, em média. As  $E_q$  começaram com uma ausência mínima de SF de 5 dias e ausência máxima de SF de 31 dias.

A Figura 4.13 mostra a frequência de SF nos meses em que ocorreu o início da  $E_q$  no Estado de São Paulo. A frequência de SF no litoral é, em geral, de 4 a 5 casos, e no interior entre a ausência e 1 caso de SF. Durante os meses de início da  $E_q$  foram verificados na situação pós-frontal entre 2 e 5 episódios de SF no litoral, e no interior não ocorreu ou apenas um caso foi observado, em cerca de 90% dos meses. Os SF que atingiram o Estado através do litoral foram entre 4 e 5 casos, em acima de 60% dos meses, e no interior em 70% dos meses observou-se até uma passagem de SF.

A Figura 4.11 apresenta a média de SF na  $E_{f-q}$  e  $E_q$  nos meses de início dessas estações. No litoral do Estado as médias de SF nas  $E_{f-q}$  e  $E_q$  foram praticamente iguais, sendo que, houve mais SF na  $E_q$ , em média, no litoral de São Paulo, do que na  $E_{f-q}$ . No interior do Estado ocorreram em média menos SF na  $E_q$  do que na  $E_{f-q}$ , causando temperaturas médias mais baixas nesta última.

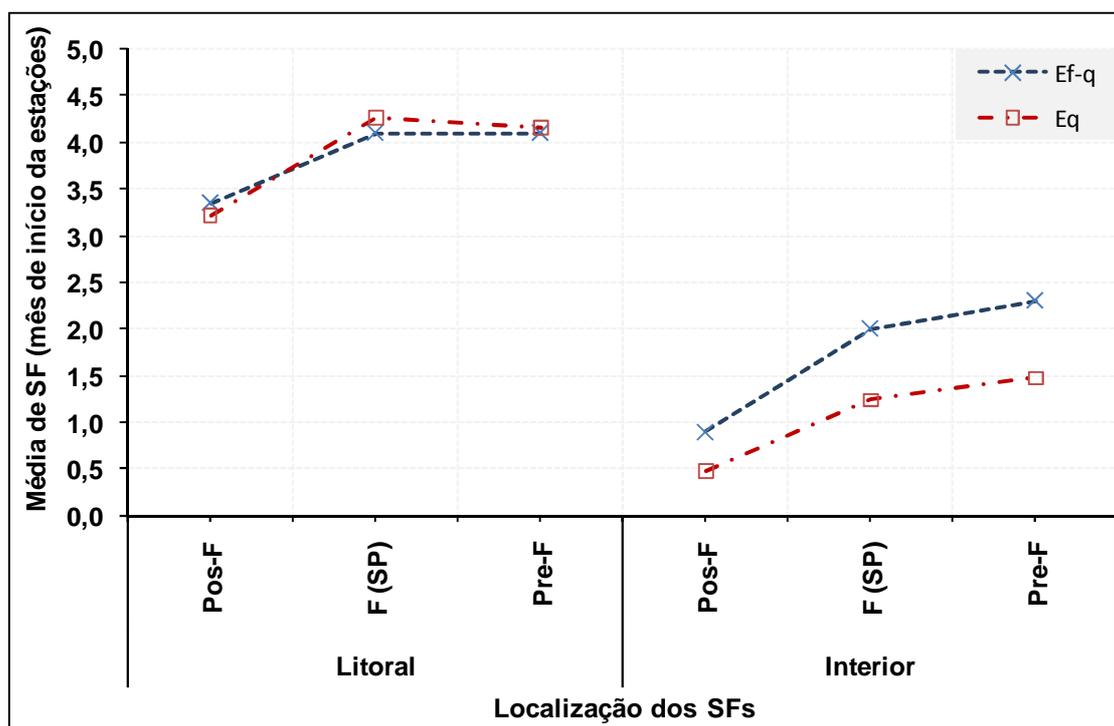


**Figura 4.10** – Variabilidade anual do início da  $E_{f-q}$  (linha azul) e da  $E_q$  (linha vermelha) sobre o Estado de São Paulo.

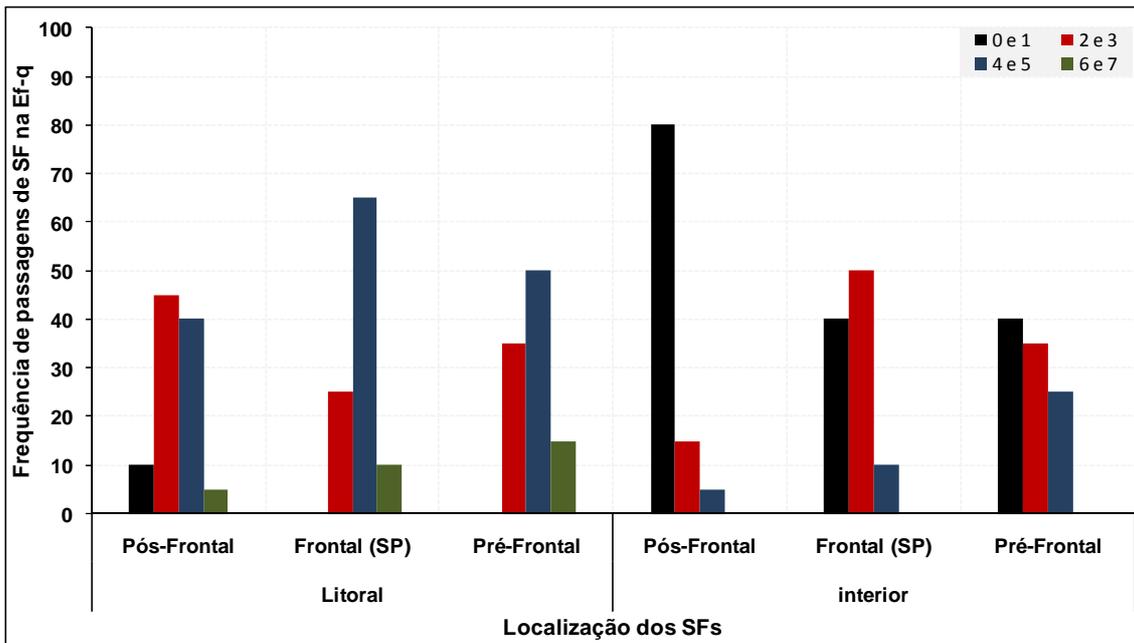
**Tabela 4.7** – Média do início da  $E_{f-q}$  e  $E_q$ , desvio padrão, amplitude e número de dias com ausência dos SF observados no litoral, no período de 1989 a 2008, no Estado de São Paulo.

-	$I(SF)_M$	DP	$I(SF)_{m\acute{a}x}$	$I(SF)_{m\acute{i}n}$	A	Aus\^encia de $SF_M$	Aus\^encia de $SF_{m\acute{a}x}$	Aus\^encia de $SF_{m\acute{i}n}$
$E_{f-q}$ P\^entadas	47	3,04	55	44	11	-	-	-
$E_{f-q}$ (dias)	19 - 23/ago	04/ago- 7/set	28/set - 02/out	04- 08/ago	04/ago- 02/out	14,55	33	7
$E_q$ P\^entadas	71	4,30	03 <sup>+</sup>	62	14	-	-	-
$E_q$ (dias)	17 - 21/dez	27/nov- 01/dez	11- 15/jan	02- 06/nov	02/nov- 15/jan	12,74	31	5

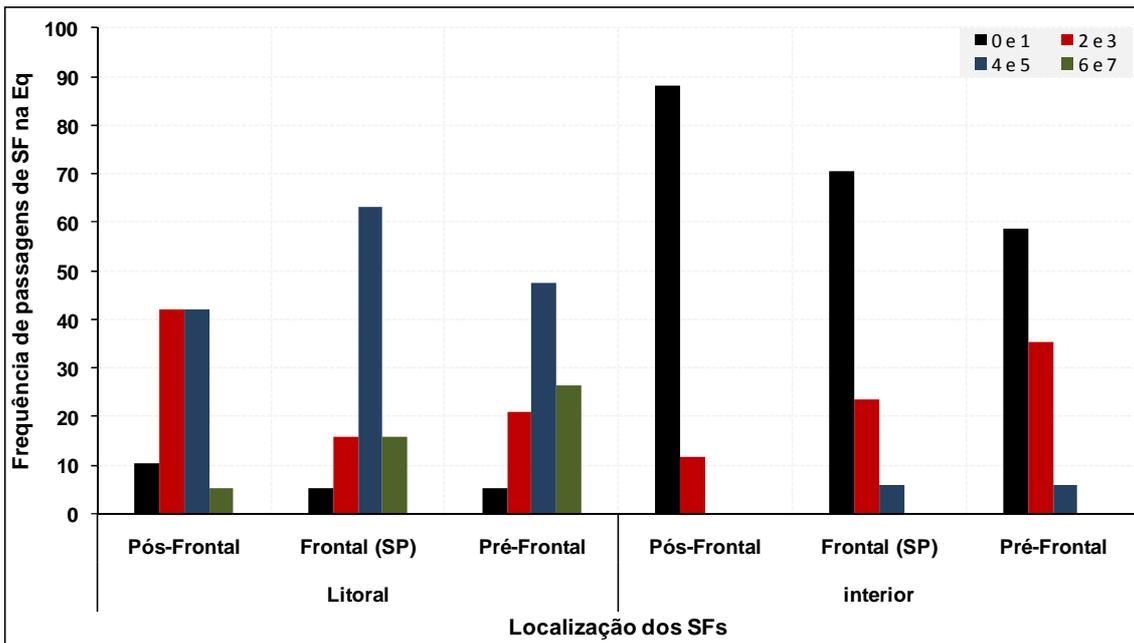
<sup>+</sup> Representa que o in\^icio da esta\^cao ocorreu no ano seguinte.



**Figura 4.11** – Média de SF durante os meses de início da  $E_q$  e  $E_{f-q}$  no litoral e no interior do Estado de São Paulo.



**Figura 4.12** – Frequência de SF nos meses de início da  $E_{f-q}$  no litoral e no interior do Estado de São Paulo.



**Figura 4.13** – Frequência de SF nos meses de início da  $E_q$  no litoral e no interior do Estado de São Paulo.

Na [Figura 4.14](#) pode-se observar a variabilidade interanual das datas do início médio das  $E_q$ ,  $E_{q-f}$ ,  $E_f$  e  $E_{f-q}$  no Estado de São Paulo, nos 20 anos (1989-2008) de estudo. Os inícios dessas estações, foram determinados de duas formas diferentes, uma apenas pelo critério da temperatura [CT, linhas: vermelha (a e b); azul (c e d)], sendo que nessa primeira forma, foi calculando a média de cada estação em todas as estações meteorológicas do INMET; e, também, pelo CT (nesse caso quando foi observada uma mudança de uma determinada estação na maioria das estações meteorológicas em estudo), e com um ajuste da presença ou ausência de passagens de SF (CTSF, linha preta). Vale salientar que entre os dois métodos utilizados, o método CTSF foi o que obteve um resultado mais adequado. Isso ocorreu devido ao comportamento equivalente nas temperaturas médias diárias na maioria das estações meteorológicas na mesma pântada, junto à ocorrência ou um período em falta de SF.

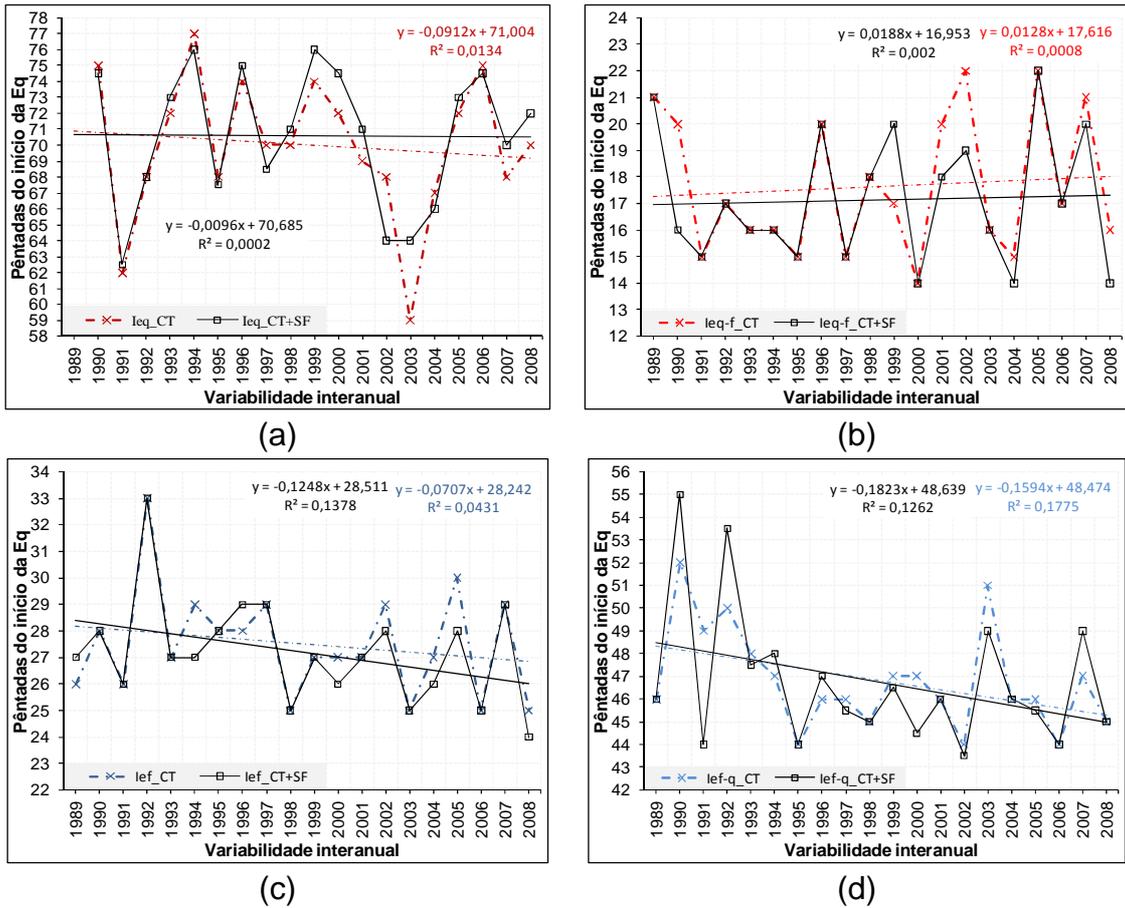
Analizando a [Figura 4.14](#) foi verifica-se que o início da  $E_q$  ocorreu mais cedo na pântada 59 (62) no ano de 2003 (1991) e mais tarde na pântada 04<sup>+</sup> (03<sup>+</sup>) no ano de 1994 (1994 e 1999), a partir do CT (CTSF) [Figura 4.14a](#). Os inícios mais cedo da  $E_q$  ocorreram em anos com eventos de El Niño, em ambos os critérios, e nos inícios mais tardio foram observados em anos com casos de El Niño e La Niña nos anos de 1994 e 1999, respectivamente. O início da  $E_q$  obtido através do CT teve uma tendência a ocorrer mais cedo e pelo CTSF não foi alterado.

Utilizando o CT obteve-se que a  $E_{q-f}$  teve seu início mais cedo na pântada 14, no ano de 2000, sendo que nesse ano foi verificado um episódio de La Niña, e mais tarde na pântada 22, nos anos de 2002, com predominância do evento de El Niño, e 2005 em anomalia de TSM neutra ([Figura 4.14b](#)). Com o CTSF foi notado que a  $E_{q-f}$  teve também seu início mais cedo na pântada 14, ocorrendo nos anos de 2000 (em La Niña), 2004 (em El Niño) e 2008 (com atuação de La Niña), e mais tarde na pântada 22, em 2005 (situação neutra no Oceano Pacífico Equatorial). Nos 20 anos de estudo, o início da transição da  $E_{q-f}$

utilizando o CT e o CTSF mostrou uma tendência de ocorrer um pouco mais tarde.

A [Figura 4.14c](#) mostra o início mais cedo da  $E_f$  na pântada 25 (24) nos anos de 1998, 2003, 2006 e 2008 (2008) e mais tarde na pântada 33 no ano de 1992, utilizando o CT (CTSF). Com o CT, a  $E_f$  começou mais cedo, em geral, em anos de El Niño e em situação de neutralidade do evento ENOS, e mais tarde em um ano com anomalia de TSM positiva. Já utilizando o CTSF, o início mais cedo da  $E_f$  foi verificado em um ano que começou com La Niña até o mês de maio e terminando em anomalia de TSM neutra. O início mais tarde da  $E_f$  foi observado em um ano com um evento de El Niño. No período em estudo, a  $E_f$  tendeu a iniciar mais cedo em ambos os critérios utilizados, principalmente no CTSF.

Na [Figura 4.14d](#) verificou-se aplicando o CT que a  $E_{f-q}$  começou mais cedo na pântada 44, nos anos de 1995 e 2002, e mais tarde na pântada 52, no ano de 1990. Já utilizando o CTSF, foi notado que a  $E_{f-q}$  iniciou mais cedo na pântada 43, no ano de 2002, e mais tarde na pântada 55, em 1990 ([Figura 4.14d](#)). Nos inícios mais cedo da  $E_{f-q}$  foram verificados em anos com predomínio de El Niño, mas também nesses anos foi observado anomalias de TSM neutra e negativa, em ambos os critérios. O início mais tarde da transição da  $E_{f-q}$  ocorreu em anos com anomalia de TSM neutra no Oceano Pacífico Equatorial. Foi verificado que o início da transição da  $E_{f-q}$  passou a ocorrer mais cedo utilizando ambos os critérios, nos últimos anos.

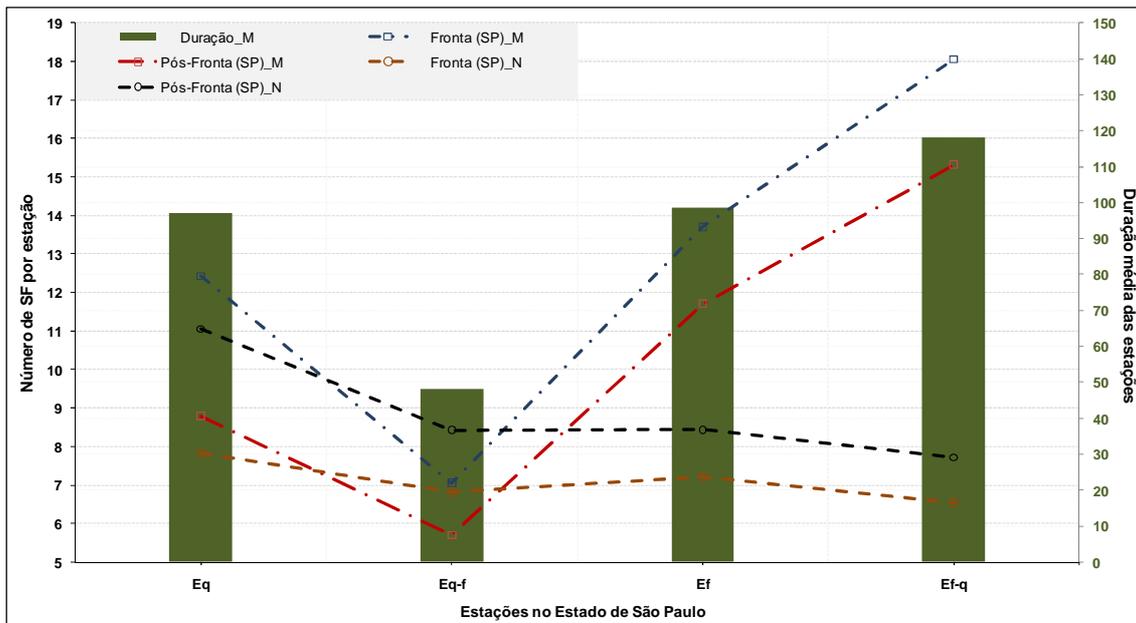


**Figura 4.14** – Pentada do início das estações (a)  $E_q$ , (b)  $E_{q-f}$ , (c)  $E_f$  e (d)  $E_{f-q}$ , determinados pelo critério da temperatura (CT) e em conjunto (CT e ajustada a incursão de SF - CTSF), nos 20 anos (1989-2008). Também a tendência linear do início das estações e no período em estudo.

A Figura 4.15 apresenta a média de SF durante as  $E_q$ ,  $E_f$  e transições e a duração dessas estações. Foi verificado um maior número, em média, de SF durante a  $E_{f-q}$  (frontal, próximo a 18; pós-frontal, acima de 15), seguido das  $E_f$ ,  $E_q$  e  $E_{q-f}$ , tanto as frentes que chegaram até o litoral, quanto as que ficaram em situação pós-frontal no Estado de São Paulo. Desta forma, o cálculo da razão entre período que representa as  $E_q$ ,  $E_{q-f}$ ,  $E_f$  e  $E_{f-q}$ , e seus respectivos números médios de ocorrência de SF, resultou em um menor tempo entre dois SF consecutivos na  $E_{f-q}$ . Com isso, confirmou-se que é maior a frequência de ocorrência de SF na estação de transição. Na  $E_q$  foi constatado um tempo maior entre a passagem de dois SF consecutivos, com cerca de 8 e 11 dias

para as situações frontal e pós-frontal, respectivamente. Nas  $E_{q-f}$ ,  $E_f$  e  $E_{f-q}$  foi verificou-se pouca diferença entre o tempo de passagem de um SF e o SF posterior, em média, chegando à cerca de 7 dias na situação frontal e de 8 dias na situação pós-frontal.

Depois de realizado a delimitação das estações a partir do critério da temperatura junto com a passagens e/ou ausência de SF foram encontrados o tempo de duração médio de cada estação. Foi verificado que a estação com maior duração foi a  $E_{f-q}$  com aproximadamente 120 dias, como pode ser visto na Figura 4.15. As  $E_q$  e  $E_f$  apresentaram durações próximos de 100 dias, e com menor duração próximo de 50 dias na  $E_{q-f}$ .



**Figura 4.15** – Média e normalização (duração/nº de passagens SF ) dos SF, frontal e pós-frontal e, também duração nas  $E_q$ ,  $E_f$  e transições para o período de 20 anos (de 1989 a 2008), no Estado de São Paulo.

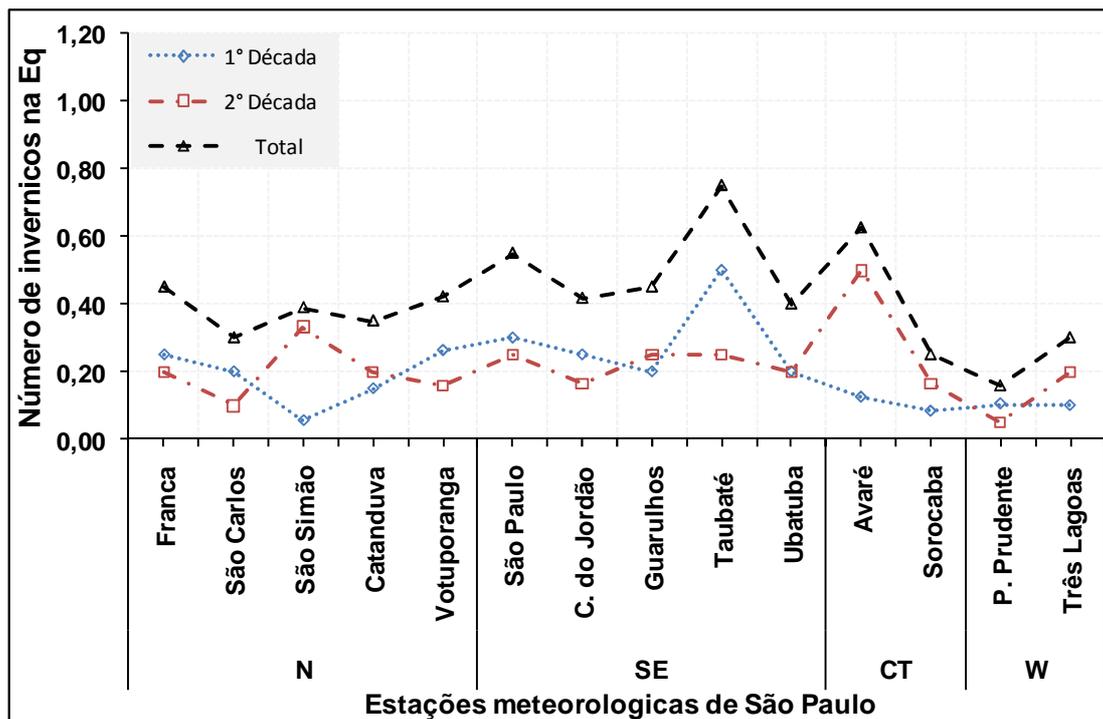
#### **4.4. Determinação de invernicos e veranicos no Estado de São Paulo**

Os eventos de invernicos e veranicos foram determinados após a obtenção das datas de início e fim das  $E_q$  e  $E_f$  na seção 4.3. Desta forma, os eventos de invernicos na  $E_q$  foram encontrados principalmente no setor sudeste do Estado, como pode ser visto na Figura 4.16a. Nos outros setores de São Paulo ocorreu um número reduzido de eventos de invernicos.

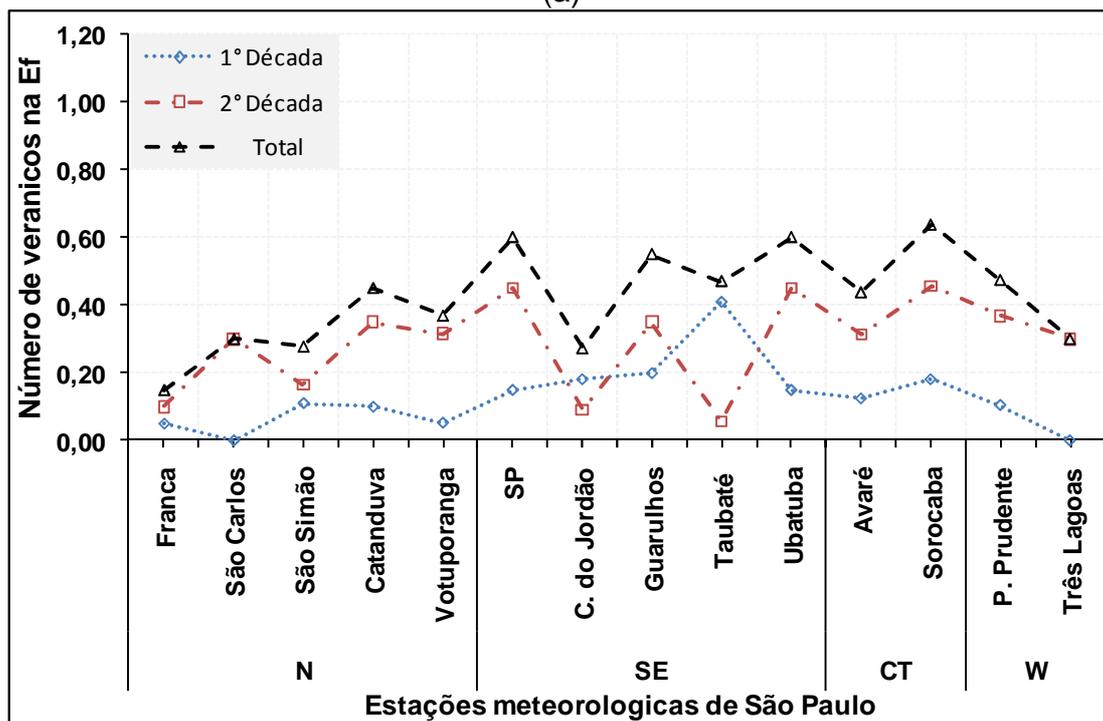
As estações meteorológicas com maior número de eventos de invernicos foram Taubaté (0,75), Avaré (0,63) e São Paulo (0,55), nos setores sudeste e central do Estado de São Paulo (Figura 4.16a). Na estação de Presidente Prudente (0,16) praticamente não foram verificados eventos de invernicos.

Os eventos de veranicos durante a  $E_f$  ocorreram em todos os setores do Estado (Figura 4.16b). Na Figura 4.16b observa-se que o número de episódios de veranicos durante a  $E_f$  foi maior nas estações de São Paulo, Ubatuba e Sorocaba, nos setores sudeste e central. As estações com menor número de eventos de veranicos na  $E_f$  foram Campos do Jordão, Franca, São Simão, São Carlos e Três Lagoas.

O número total de eventos de invernicos e, principalmente, de veranicos nas estações meteorológicas do Estado de São Paulo foram, em geral, maiores durante a segunda década (1999 - 2008) (Figuras 4.16a e 4.16b). Na primeira década de estudo, os eventos de invernicos foram observados nas estações de Franca, São Carlos, Votuporanga, São Paulo, Campos do Jordão, Taubaté e Presidente Prudente (Figura 4.16a). Observou-se maior frequência nos casos de veranicos durante a primeira década de estudo, apenas nas estações pluviométricas de Campos do Jordão e Taubaté (Figura 4.16b).



(a)

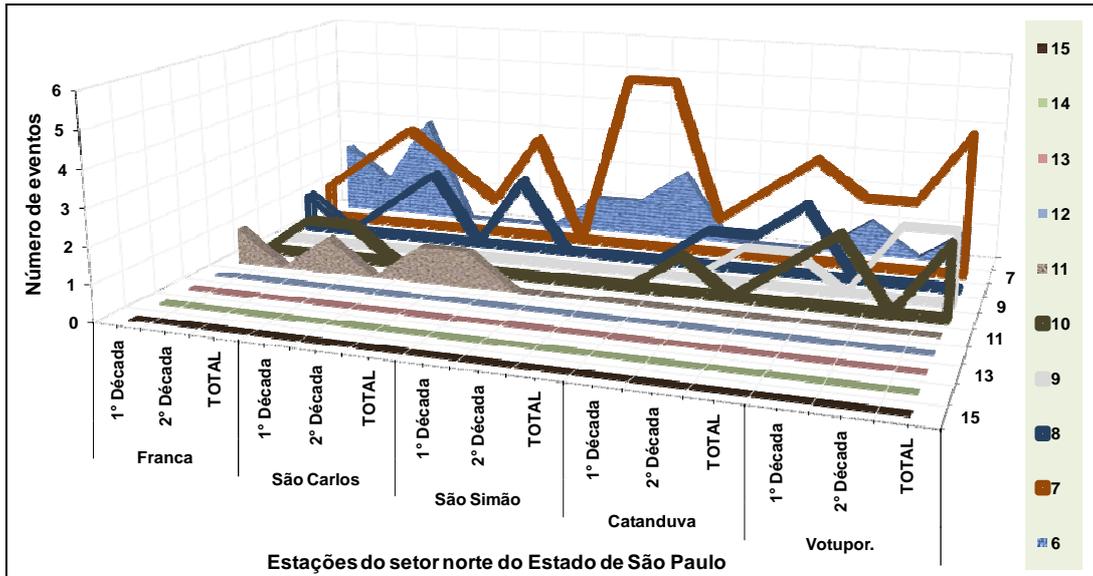


(b)

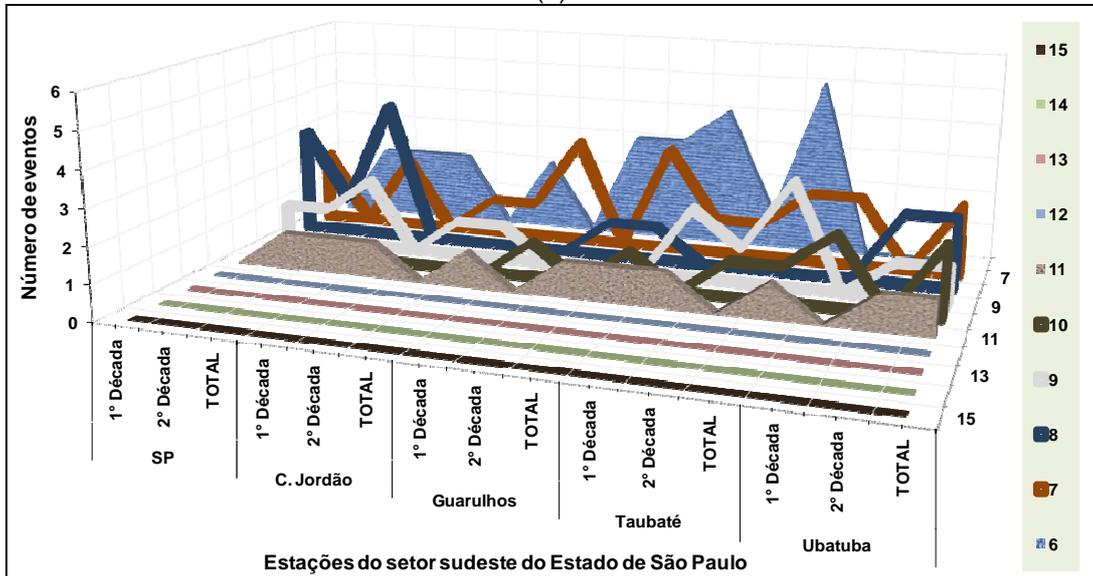
**Figura 4.16** – Número de eventos normalizados pelas estações com dados (Apêndice B) de invernicos na E<sub>q</sub> (a) e de veranicos durante a E<sub>f</sub> (b), no Estado de São Paulo.

A Figura 4.17a mostra que, no setor norte, do Estado de São Paulo, as estações meteorológicas de Franca e São Carlos apresentaram eventos de invernicos mais duradouros com 11 dias de duração. Na estação de São Simão foram verificados casos com até 7 dias de duração e, nas outras estações desse setor, os eventos encontrados tiveram durações entre 9 e 10 dias. No setor sudeste de São Paulo foi identificada uma distribuição homogênea dos episódios de invernicos nas estações de São Paulo, chegando a 11 dias de duração (Figura 4.17b). No setor central do Estado de São Paulo obteve-se uma quantidade menor de casos de invernicos, mas pode-se encontrar-se casos duradouros, como na estação meteorológica de Avaré (15 dias de duração) (Figura 4.17c). Ainda nesse setor, verificou-se na estação de Sorocaba um caso de 12 dias. A Figura 4.17d também mostra que no setor oeste do Estado ocorreram casos de invernicos, chegando a 10 dias de duração nas estações meteorológicas de Presidente Prudente e Três Lagoas. Também foram encontrados eventos de invernicos com 7 dias na estação de Três Lagoas e de 9 dias na estação de Presidente Prudente.

Nos quatro setores de São Paulo foi verificada maior frequência de eventos com 7 dias de duração. No setor sudeste do Estado encontrou-se um maior número episódios de invernicos mais duradouros (Figura 4.17).

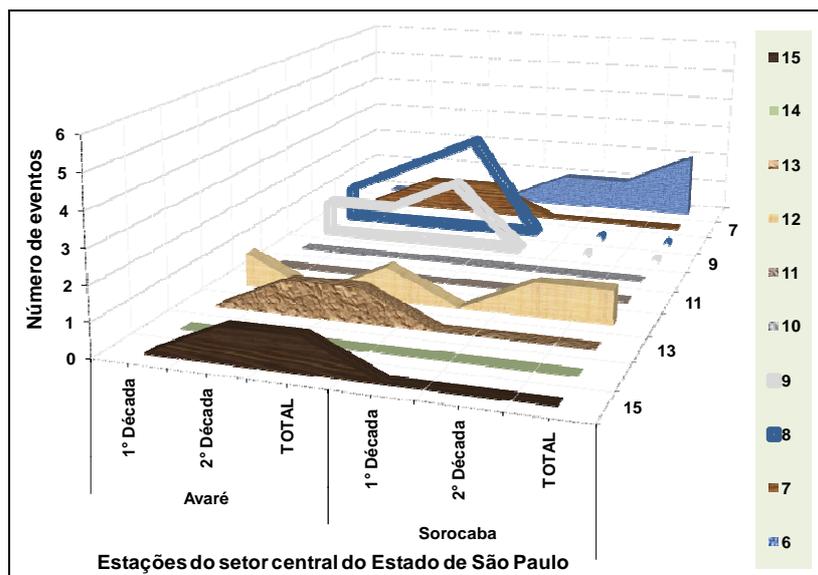


(a)

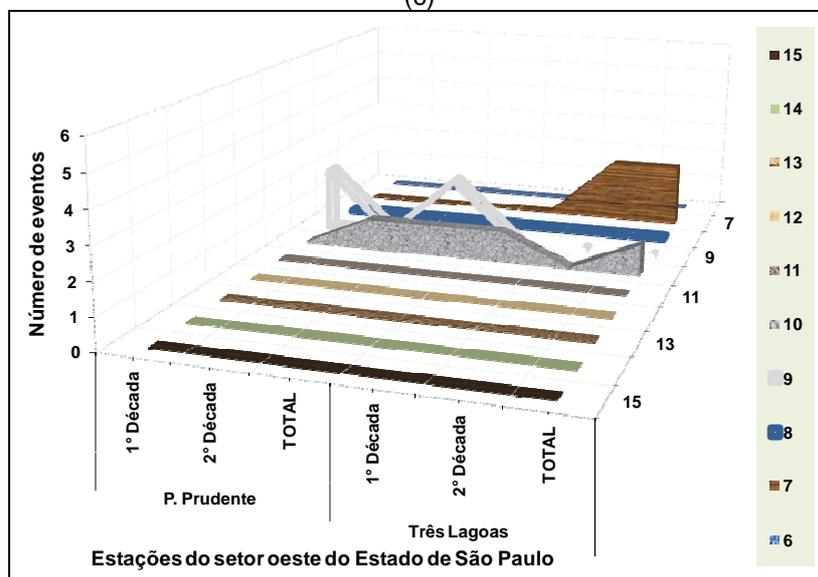


(b)

**Figura 4.17 -** Duração (dias) dos eventos de invernicos durante a  $E_q$  nos setores (a) norte, (b) sudeste, (c) central e (d) oeste do Estado de São Paulo. (Continua)



(c)

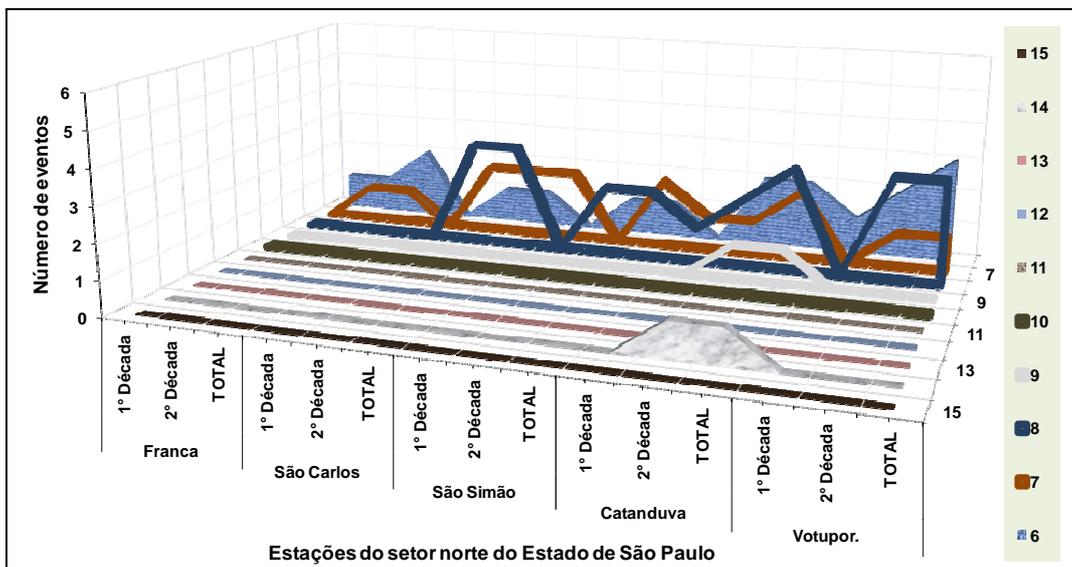


(d)

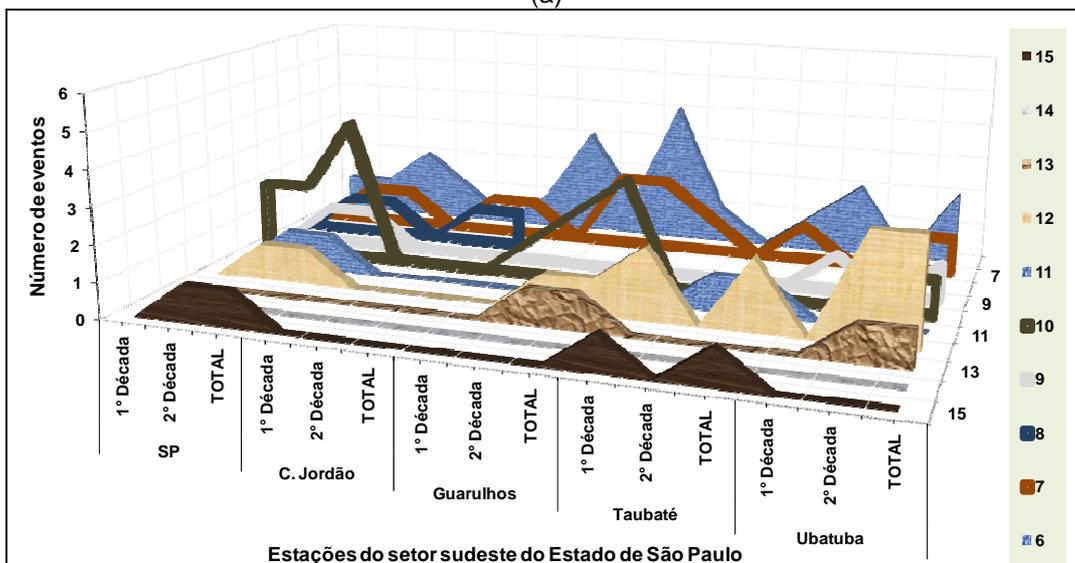
**Figura 4.17 – Conclusão.**

No setor norte de São Paulo, os eventos de veranicos mais longos foram encontrados na estação de Catanduba com máximo de 14 dias, na segunda década em estudo (Figura 4.18a). Nas estações de Franca, São Carlos, São Simão e Votuporanga ocorreu uma forte redução dos eventos de veranicos, mas foram observados basicamente casos entre 6 e 8 dias de duração. A Figura 4.18b mostra que, no setor sudeste do Estado, as estações de São Paulo e Taubaté tiveram eventos de veranicos mais longos, atingindo uma duração de 15 dias. Mas nas estações de Guarulhos e Ubatuba ocorreram

eventos de veranicos com 13 dias de duração. No setor central do Estado de São Paulo os eventos de veranicos, ocorreram entre 6 e 7 dias de duração na estação de Avaré e de 9 dias de duração na estação de Sorocaba (Figura 4.18c). Na Figura 4.18d pode ser visto que no setor oeste do Estado de São Paulo há um maior número de casos de veranicos longos na estação de Presidente Prudente, chegando a 13 dias. Na estação de Três Lagoas apenas foram verificados eventos de veranicos com duração de 8 dias. Os eventos de veranicos duradouros foram encontrados com maior frequência durante a segunda década, de 1999 a 2008, no Estado de São Paulo (Figura 4.18).

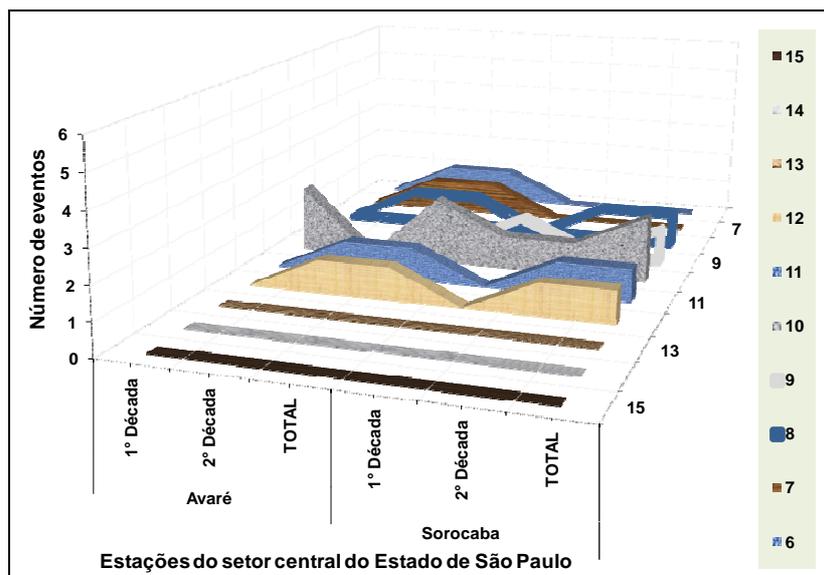


(a)

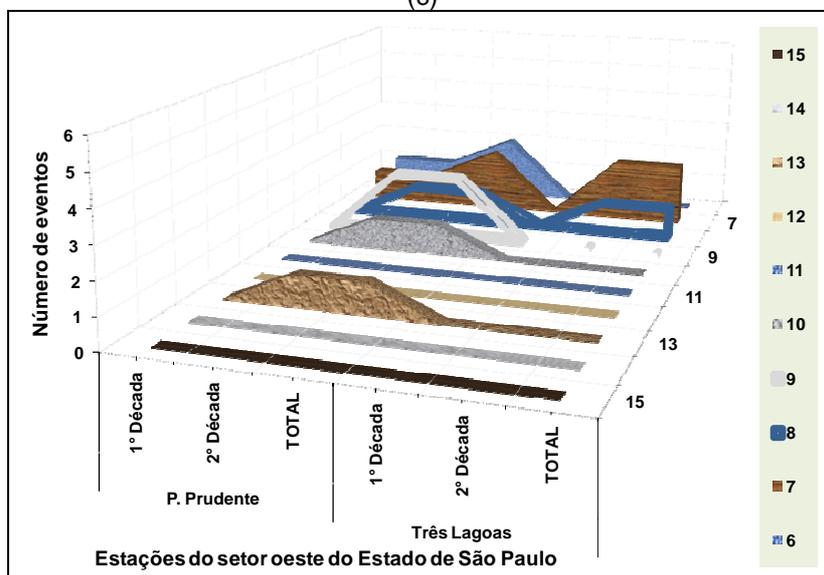


(b)

**Figura 4.18 -** Duração (dias) dos episódios de veranicos na  $E_f$ , nos setores (a) norte, (b) sudeste, (c) central e (d) oeste no Estado de São Paulo. (Continua)



(c)



(d)

**Figura 4.18 – Conclusão.**

A Figura 4.19 mostra a relação, frequência versus a duração dos eventos de invernicos e veranicos no Estado de São Paulo. Observaram-se ocorrências de invernicos e veranicos, e suas durações são quase inversamente proporcionais, tendo comportamento de uma curva quase exponencial descendente.

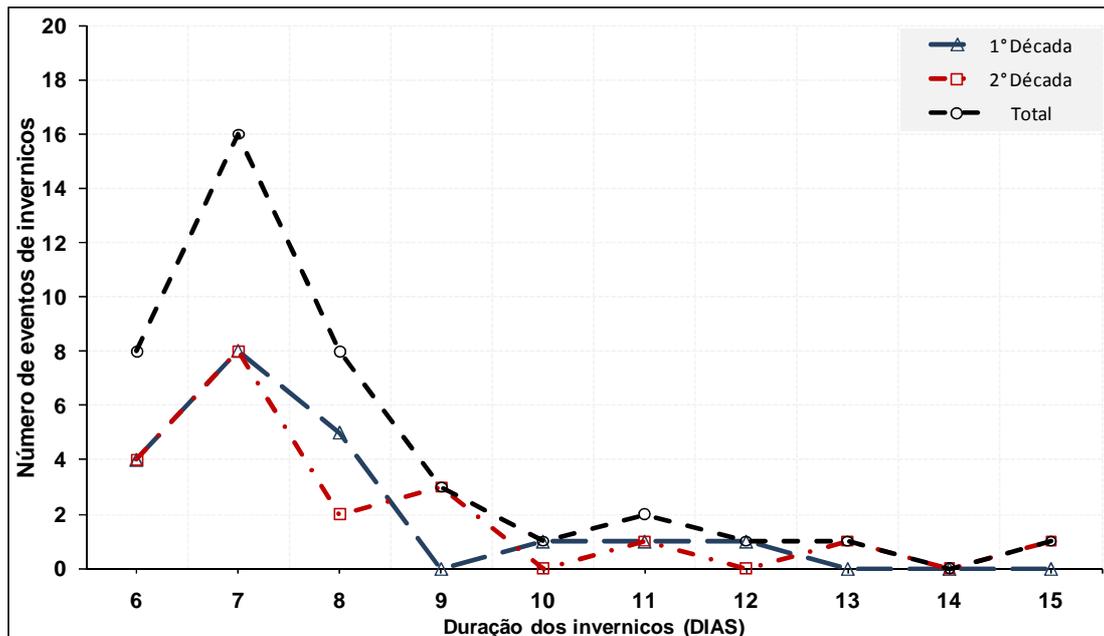
Os casos de invernicos nas duas décadas em estudo foram praticamente iguais no Estado de São Paulo (Figura 4.19a), tendo na segunda década

apenas um caso adicional. Em todas as estações meteorológicas estudadas a máxima duração dos episódios de invernicos sobre o Estado não ultrapassou 15 dias de duração. Os eventos de veranicos na segunda década foram superiores ao da primeira década em 11 casos, num total de 43 em 20 anos.

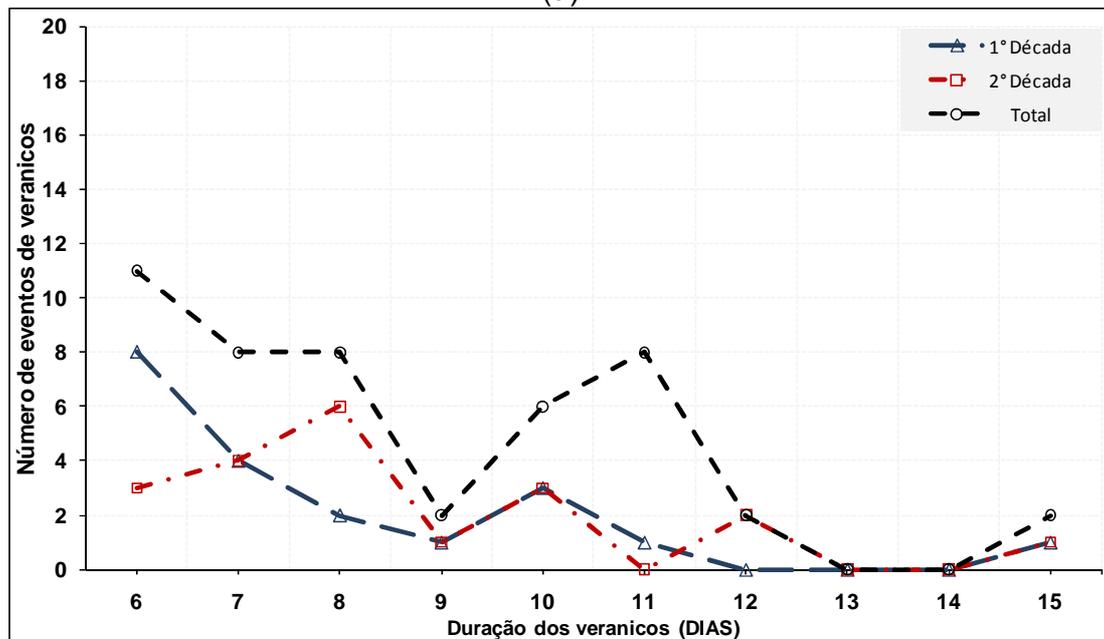
Durante a  $E_f$  o número de eventos de veranicos duradouros foi maior que o número de eventos de invernicos na  $E_q$  (Figura 4.19). Isso ocorreu devido principalmente à maior variabilidade da temperatura média durante a  $E_f$ . Nos eventos com duração de 10 e 11 dias, por exemplo, o total de veranicos foi de 6 e 8 casos, respectivamente, e o total de invernicos foi abaixo de 2 casos. Mas, também, foi encontrado o inverso, nos eventos com 7 dias, o número de invernicos e veranicos foi de 16 e 8, respectivamente.

Na Figura 4.20, observa-se que os eventos de invernicos na  $E_q$ , ocorrerem do mês de dezembro a abril, com pico no mês de março. Nos meses de janeiro e março o número de eventos de invernicos também foi alto, porém reduzindo bastante nos meses de dezembro e abril.

Na  $E_f$  foram verificados eventos de veranicos entre os meses de maio a setembro, com máximo em julho e mínimo em setembro (Figura 4.20). Também foi constatado um grande número de eventos de veranicos nos meses de maio, junho e agosto. Nos meses de outubro e novembro não foram encontrados casos de veranicos, nem de invernicos no Estado de São Paulo. Esta última característica encontrada aconteceu por causa da pouca ocorrência das  $E_q$  e  $E_f$  nesses dois meses, ocorrendo mais frequentemente nesse período a transição da  $E_{f-q}$ .

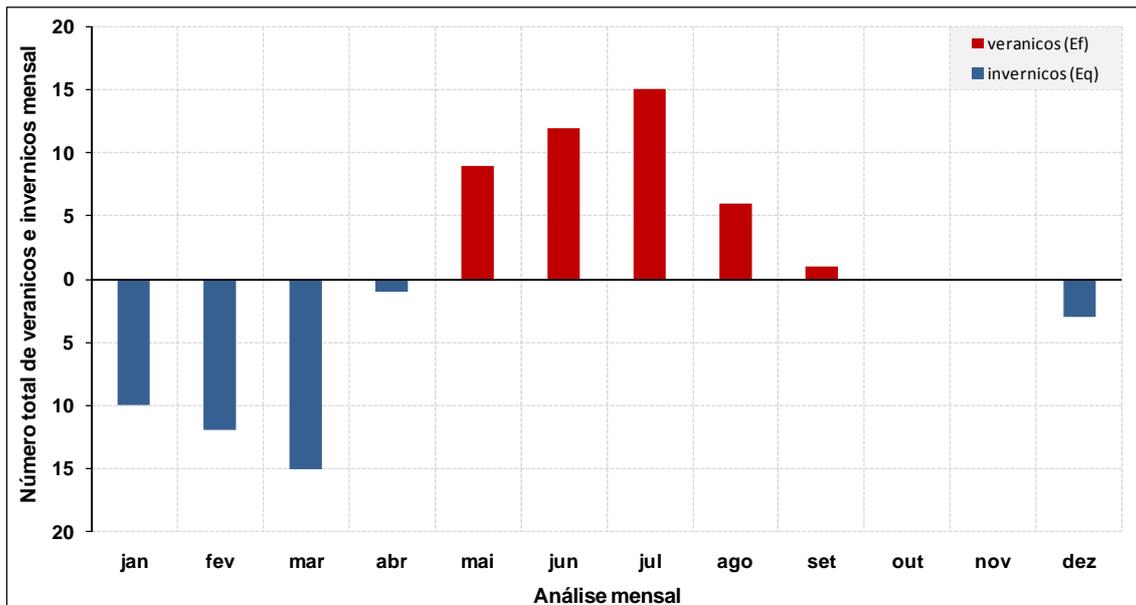


(a)



(b)

**Figura 4.19** – Número total de episódios de invernics (a) e veranicos (b) sobre o Estado de São Paulo, no período de 20 anos (1989 - 2008).



**Figura 4.20** – Número total de eventos de invernicos na Eq e veranicos na Ef no Estado de São Paulo, no período de 20 anos (1989 - 2008).

#### 4.5. Discussão

Os resultados apresentados neste capítulo 4 mostraram o início das quatro estações aqui estudadas. A Figura 4.21 mostra, em resumo, a pênstada em que começou cada estação. Com isto, o início da  $E_q$  começou primeiro nos setores N, W e CT do Estado de São Paulo entre os dias 07 e 11 de dezembro (pênstada 69), e no setor SE o início da  $E_q$  ocorreu 2 pênstadas mais tarde entre os dias 17 e 21 de dezembro (Figura 4.21a). No começo da  $E_q$  foram encontrados os maiores desvios padrões do Estado de São Paulo, devido principalmente à maior variabilidade da temperatura média diária de outubro a janeiro, fazendo com que essa estação tivesse seu início mais cedo (tarde), quando a temperatura média diária fosse acima (abaixo) do normal. A  $E_{q-f}$  iniciou antes no setor SE do Estado entre 22 a 26 de março (pênstada 17) (Figura 4.21b), uma pênstada mais tarde entre os dias 27 e 31 de março nos setores N e W e, no setor CT entre 01 e 05 de abril (pênstada 19). Na Figura 4.21c é visto que a  $E_f$  teve início nos setores N, W e CT do Estado de São Paulo, entre 11 e 15 de maio (pênstada 27). No setor SE o início da  $E_f$  foi mais tarde entre os dias 16 a 20 de maio (pênstada 28), mas na maioria das estações

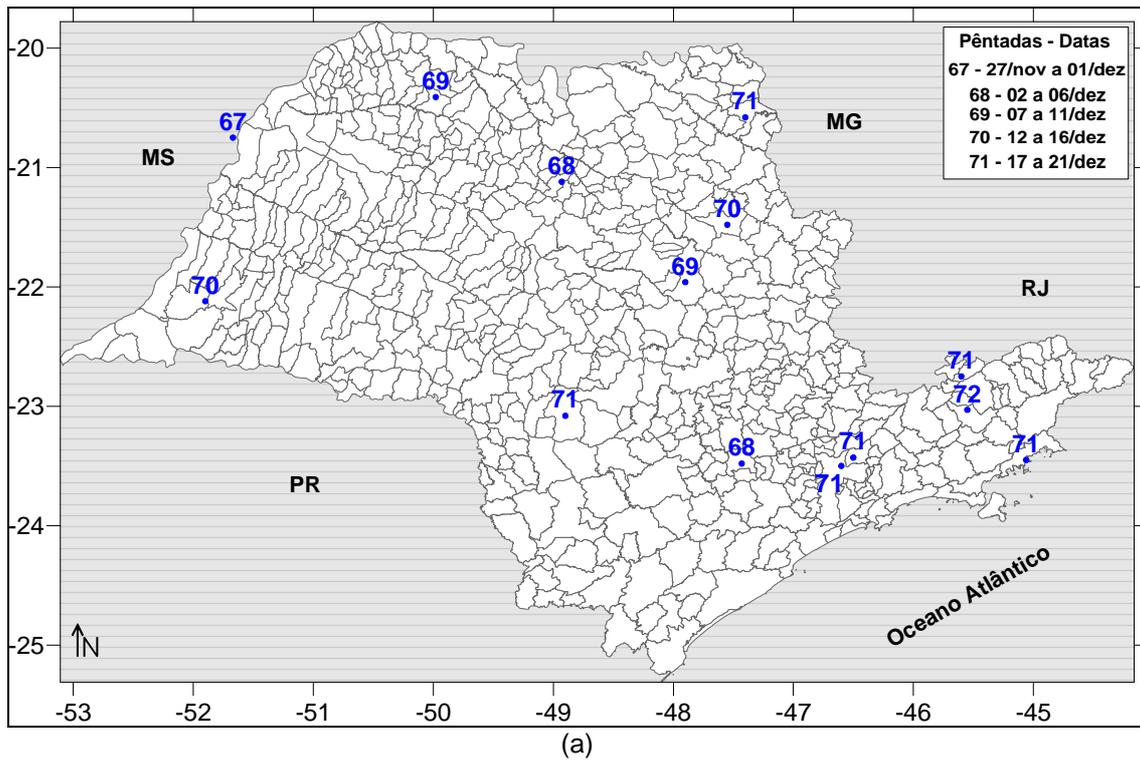
meteorológicas desse setor o início da  $E_f$  ocorreu na pântada 27. Finalizando, a  $E_{f-q}$  começou mais cedo nos setores N e W de São Paulo entre 14 e 18 de agosto (pântada 46) (Figura 4.21d). Na parte CT do Estado, o início da  $E_{f-q}$  aconteceu entre 19 e 23 de agosto (pântada 47) e no setor SE entre os dias 24 a 28 de agosto (pântada 48).

Baseando-se no início das quatro estações nos 20 anos de estudo no Estado de São Paulo foi encontrado que as  $E_q$  começaram com maior frequência no mês de dezembro em acima de 40% dos anos. A  $E_{q-f}$  teve início com maior frequência em março em mais de 50% e em abril próximo a 40% dos anos e, juntos computaram mais de 90%. As  $E_f$  foram iniciadas com maior frequência no mês de maio próximo a 80% e a  $E_{f-q}$  teve início mais frequentemente em agosto próximo de 90%.

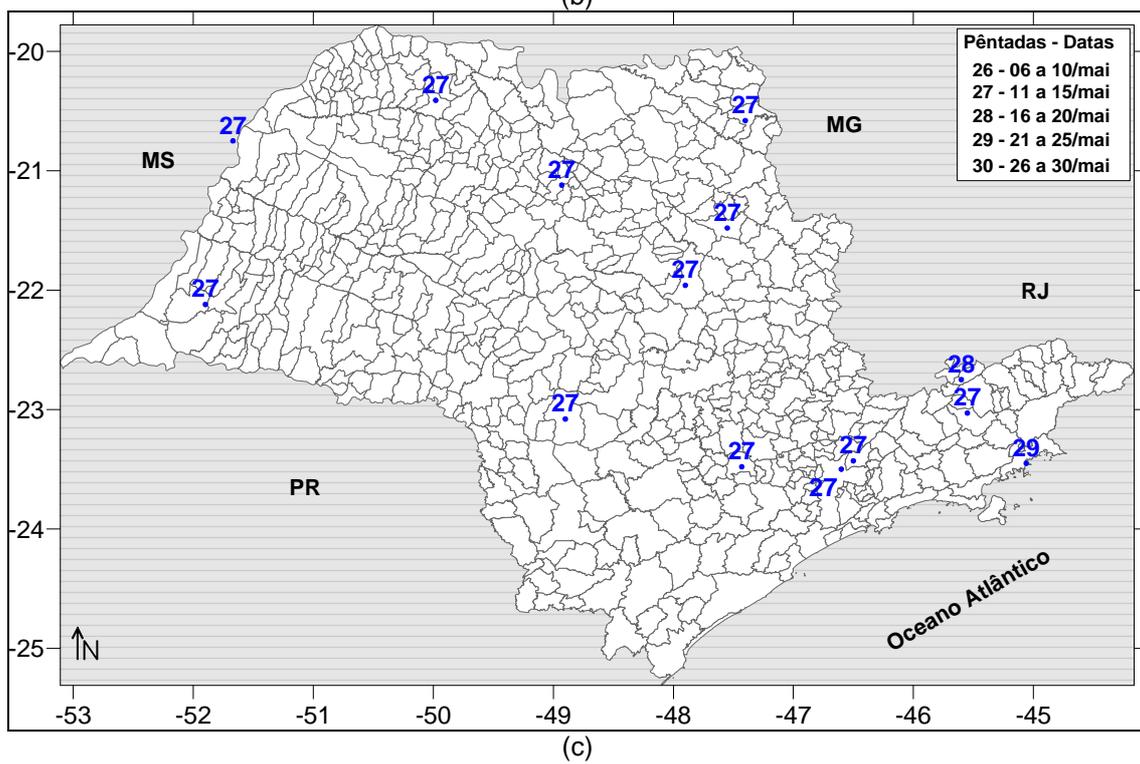
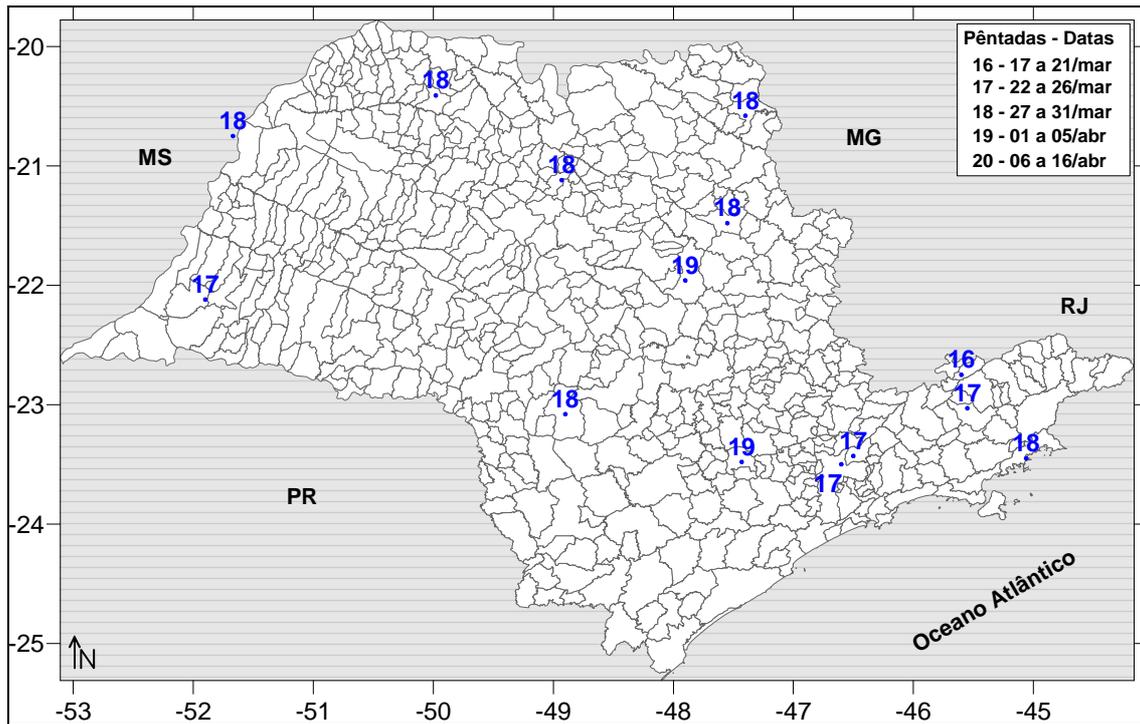
As análises do início das estações com relação aos SFs mostram que o início das  $E_{q-f}$  e  $E_f$ , em média, foi nas pântadas 17 e 27, respectivamente. Tais estações foram marcadas por passagem de SF no interior em 60% (75%) na  $E_{q-f}$  ( $E_f$ ) dos anos estudados. Já no litoral do Estado de São Paulo, as  $E_{q-f}$  e  $E_f$  iniciaram através de passagens de SF em todos os anos estudados. As  $E_{f-q}$  e  $E_q$  começaram em média entre 19 e 23 de agosto (pântada 47) e 17 a 21 de dezembro (pântada 71), respectivamente. O início dessas estações foi marcado por um período sem passagens de sistemas frontais, com média de 15 dias na  $E_{f-q}$  e de 13 dias na  $E_q$  aproximadamente. Entre as quatro estações estudadas neste capítulo, a estação com maior duração foi a transição da  $E_{f-q}$ , com cerca de 120 dias. As  $E_q$  e  $E_f$  tiveram durações próximas de 100 dias e a  $E_{q-f}$  teve menor duração, próximo de 50 dias.

As  $E_q$  e  $E_f$  apresentaram um número um pouco maior de eventos de invernicos e veranicos, respectivamente, durante a segunda década (1999 - 2008) no Estado de São Paulo. O número total de episódios de veranicos foi, em geral, maior que o de invernicos, devido à maior variabilidade da temperatura média

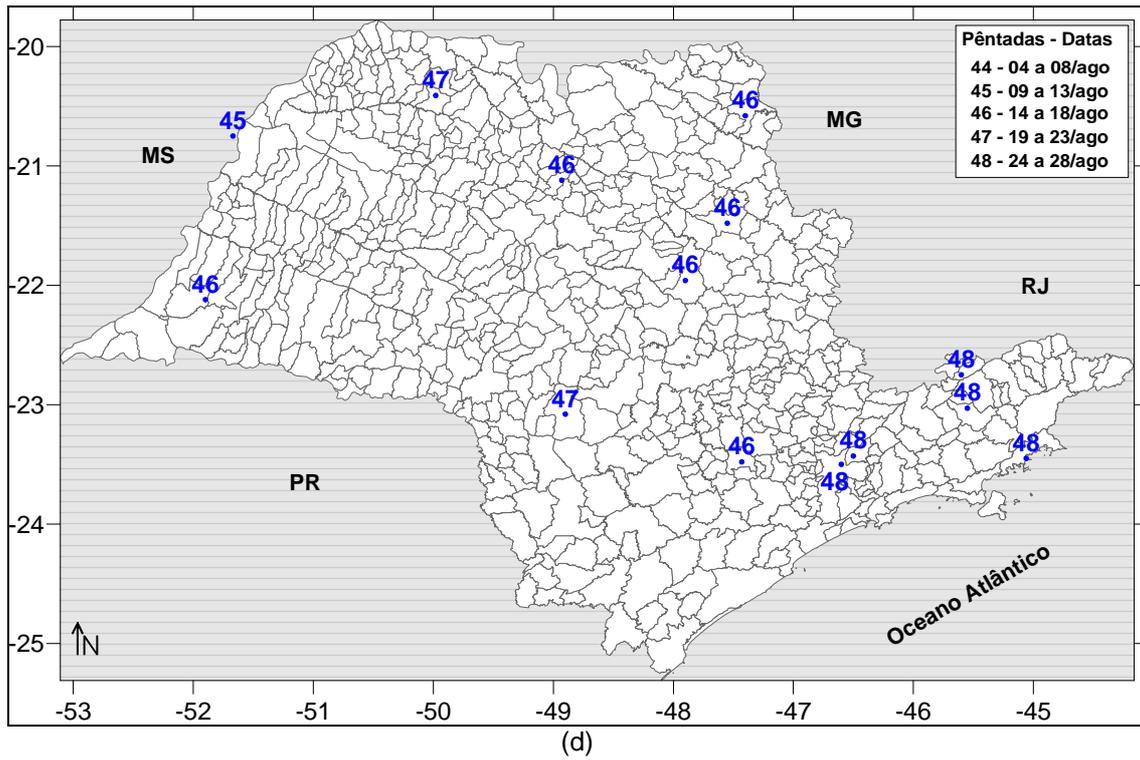
na  $E_f$ . Na estação meteorológica de Avaré, no caso de invernico, e de São Paulo e Taubaté, no caso de veranico, encontraram-se eventos de 15 dias de duração. Os episódios de invernicos e veranicos foram máximos no mês de março, seguido dos meses de fevereiro e janeiro e, no mês de julho seguido do mês de junho, respectivamente.



**Figura 4.21 -** Análise espacial do início das  $E_q$  (a), transição  $E_{q-f}$  (b),  $E_f$  (c) e transição  $E_{f-q}$  (d) no Estado de São Paulo. (Continua)



**Figura 4.21 – Continuação. (Continua)**



**Figura 4.21 – Conclusão.**



## 5. DETERMINAÇÃO DAS ESTAÇÕES CHUVOSA E SECA

Neste capítulo será primeiramente identificado o ciclo anual da precipitação, isto é, os meses com precipitação acima ou abaixo da média anual da precipitação. Depois serão determinadas as datas do início das  $E_c$  e  $E_s$  no Estado de São Paulo, usando dados do INMET e DAEE. Por fim, serão discutidas as influências dos SF e ZCAS no início de ambas as estações.

### 5.1. Análise das $E_c$ e $E_s$ pela precipitação média mensal

A Figura 5.1 apresenta a precipitação média do acumulado mensal de todas as estações meteorológicas do INMET no Estado de São Paulo para cada um dos 20 anos (1989 - 2008) estudados e a precipitação média mensal climatológica. No Apêndice A é apresentada a precipitação média do acumulado mensal em cada uma das 12 estações meteorológicas. No período em estudo, a média anual climatológica da precipitação foi aproximadamente 120 mm, como estão destacadas através da linha preta das Figuras 5.1a - 5.1v.

A Figura 5.1v mostra que o período mais chuvoso no Estado de São Paulo ficou entre os meses de outubro a março e o período mais seco nos meses de abril a setembro, pois estiveram acima e abaixo da precipitação média anual, respectivamente. Apesar de haver um período chuvoso e seco bem definido, observou-se a cada ano meses com precipitação acima da média anual no período mais seco, e meses com índice pluviométrico acima da média anual no período mais chuvoso.

No período em estudo, foram encontrados 5 anos em que a precipitação mensal esteve acima (ou abaixo) da precipitação média anual no período mais chuvoso (seco); esses 5 anos foram: 1994, 1995, 2001, 2004 e 2006 (Figuras 5.1f, g, n, q e s, respectivamente). Nesses anos ocorreu um predomínio dos eventos de El Niño, mas também foram encontrados períodos neutros e com

eventos de La Niña (CLIMANÁLISE, 1989-2008).

Na Figura 5.1 foram localizados nos 20 anos de estudo, 10 meses (1 mês a cada ano) com precipitações abaixo da média anual durante o período mais chuvoso do Estado. Dentre esses meses, a precipitação foi reduzida no mês de outubro em 5 anos (1989, 1999, 2002, 2003 e 2007) (Figuras 5.1a, l, o, p e t), no mês de novembro em 3 anos (1990, 1991 e 1998) (Figuras 5.1b, c e j), no mês de fevereiro em 1 ano (1997) (Figura 5.1i) e, também, no mês de março em 1 ano (2005) (Figura 5.1r). Esses meses em que foram observadas precipitações abaixo da média anual, ocorreram principalmente devido à ausência de ZCAS ou quando a convecção associada a esse sistema foi posicionada ao norte do Estado de São Paulo (CLIMANÁLISE, 1989-2008). Outra importante situação encontrada foi durante episódios de ZCAS no final do mês de outubro de 2007, produzindo precipitações e até dando suporte para o início da  $E_c$ , mas, no entanto não foi suficiente para que o valor mensal fosse igual ou superior à média anual (CLIMANÁLISE, 1989-2008). Nesses meses com precipitação abaixo da média anual no período mais chuvoso, a atuação dos fenômenos El Niño e La Niña foi dividida e sendo menos frequente quando a anomalia da TSM foi próxima a neutralidade no Oceano Pacífico equatorial (CLIMANÁLISE, 1989-2008).

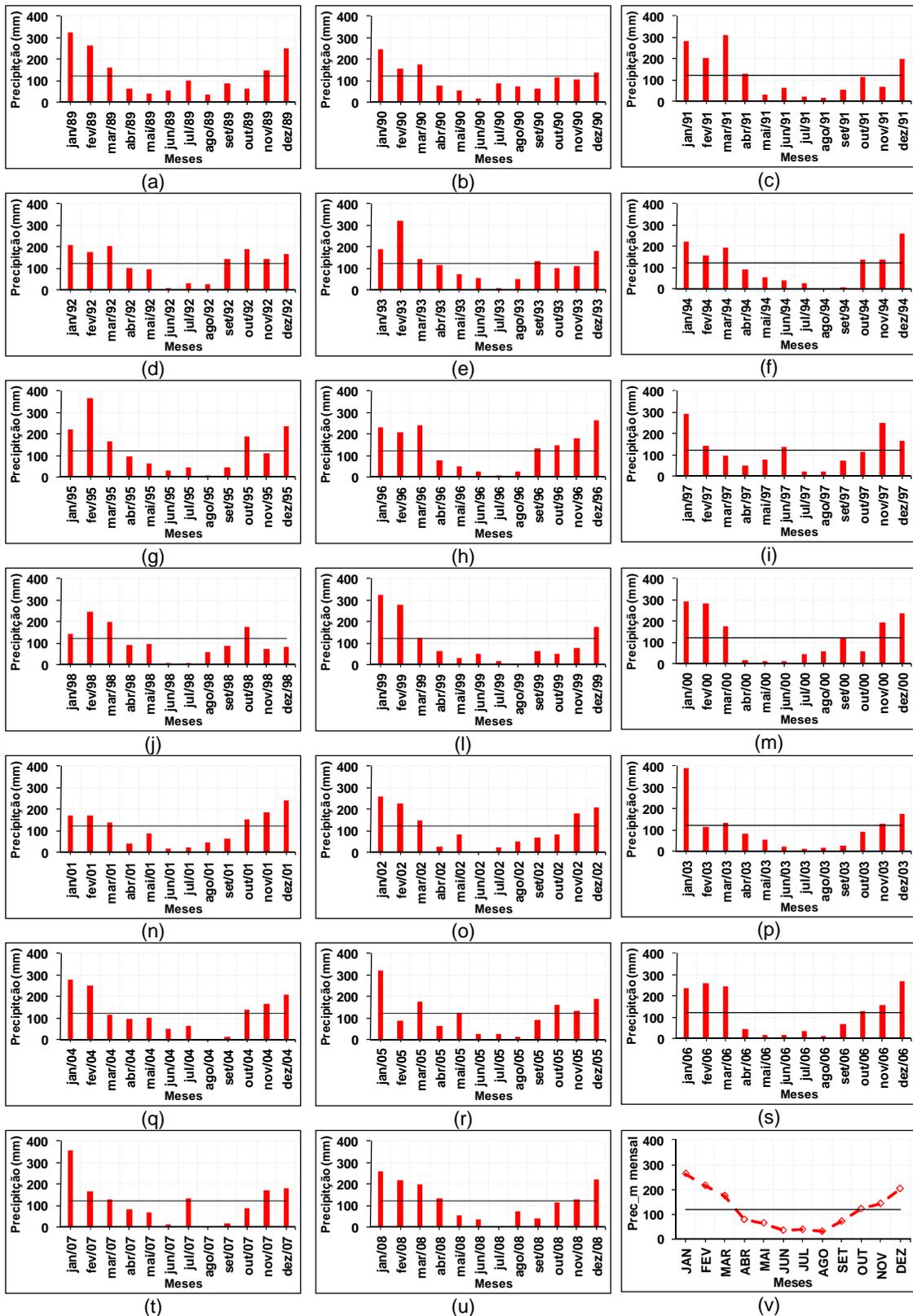
No período mais seco do ano, de abril a setembro, foi encontrado um total de 7 meses com precipitações acima da média anual, sendo observado em 3 anos (1992, 1996 e 2000) em setembro (Figuras 5.1d, h e m), em 2 anos (1993 e 2000) em abril (Figuras 5.1e e m), em 1 ano (2005) em maio (Figura 5.1r) e, em outro ano (2007) em julho (Figura 5.1t). Os meses de setembro foram mais chuvosos principalmente por causa da atuação de SFs, que algumas vezes foram responsáveis pelo início precoce da  $E_c$  no Estado de São Paulo. No ano de 1992, por exemplo, a  $E_c$  começou no mês de setembro para grande parte da região Amazônica, do Centro-Oeste e do Sudeste do Brasil (CLIMANÁLISE, 1992).

Apesar das precipitações ocorrerem abaixo da média no mês de abril, em

alguns anos como os de 1993 e 2000 podem ter significado um prolongamento da  $E_c$ . Nesses 2 anos (1993 e 2000), além dos SF e principalmente a atuação dos VCANs foram responsáveis por precipitações intensas no Estado.

O único mês de maio, dos 20 anos de estudo, com índices pluviométricos acima da média anual climatológica de precipitação foi em 2005. Nesse mês foram registrados no Boletim Climanálise (2005) eventos extremos diários de precipitação, e a formação de uma tromba d'água próximo a Ubatuba no início do mês e de um tornado em Indaiatuba em São Paulo. No fim deste mês, algumas estações registraram índices pluviométricos próximo de 200 mm (Apêndice A).

No mês de julho de 2007, 6 passagens de SFs pelo Estado causaram fortes chuvas, quando o valor mensal excedeu a média de outubro. A estação de Presidente Prudente registrou cerca de 250 mm (Apêndice A).



**Figura 5.1** – Precipitação mensal acumulada para cada ano (de a até u) e precipitação mensal acumulada média climatológica (v) no Estado de São Paulo (média das 12 estações meteorológicas do INMET), no período de 20 anos (1989 - 2008). Linha preta significa a precipitação média anual climatológica.

Além das precipitações médias climatológicas por estação meteorológica, foram determinados os meses chuvosos e secos para cada localidade e para cada setor do Estado de São Paulo, como pode ser visto na Figura 5.2 e na Tabela 5.1. Assim, no setor norte do Estado verificou-se que as precipitações médias mensais foram maiores (menores) na estação de Franca (São Simão), com pico em janeiro próximo a 325 mm (200 mm) (Figura 5.2a).

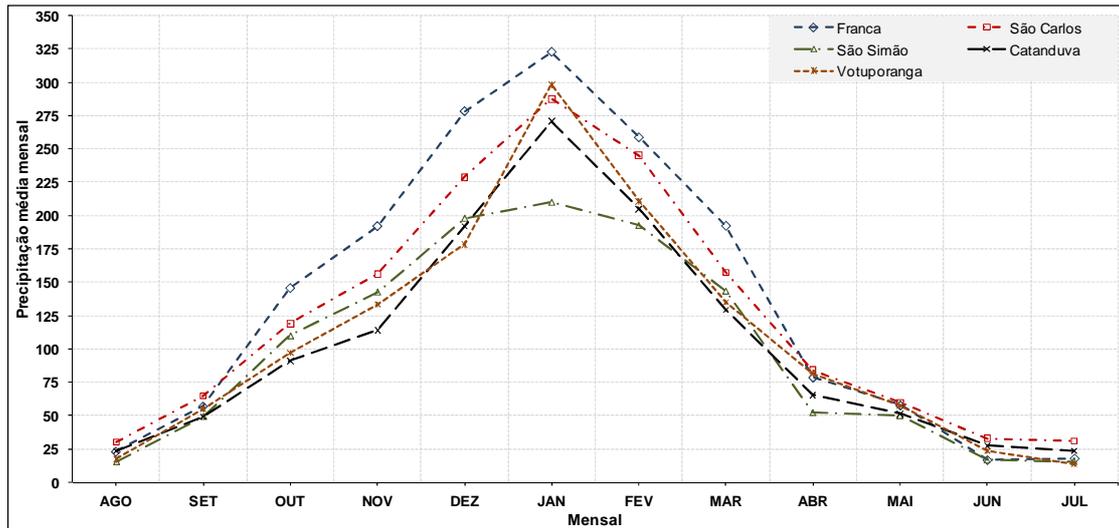
O setor sudeste do Estado de São Paulo mostrou precipitações médias mensais climatológicas maiores na estação de São Paulo, com pico em janeiro, acima de 275 mm, e com menores precipitações mensais média em Taubaté, próximo de 150 mm (Figura 5.2b).

No setor central do Estado foi observado que na estação de Avaré, as precipitações médias mensais foram maiores do que na estação de Sorocaba, onde os picos foram acima de 175 e 150 mm, respectivamente. Já no setor oeste de São Paulo, representado pela estação de Presidente Prudente, foi registrado pico em janeiro com 200 mm.

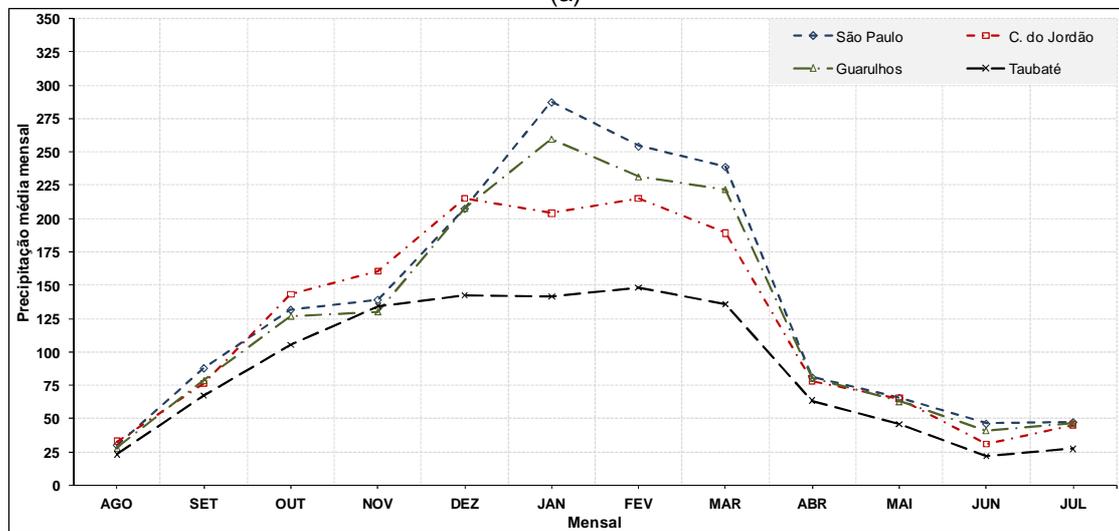
A Tabela 5.1 mostra que praticamente todas as estações do INMET tiveram pico em janeiro, exceto as estações de Campos do Jordão e Taubaté no setor sudeste, e Avaré no setor central do Estado. As maiores precipitações médias mensais climatológicas foram encontradas nas estações de Franca, próximo a 325 mm, e São Paulo acima de 275 mm, e a menor ocorreu na estação de Sorocaba próximo a 150 mm.

Análise semelhante realizou-se utilizando os dados do DAEE para os 4 setores de São Paulo. Diferente do encontrado através dos dados do INMET, o período chuvoso foi de novembro a março e o seco de abril a outubro, exceto para o setor sudeste do Estado, onde foi encontrado que a  $E_c$  ocorre de outubro a março e a  $E_s$  de abril a setembro (Tabela 5.2). Os picos da  $E_c$  ocorreram sempre no mês de janeiro nos quatros setores de São Paulo (Tabela 5.2). Já

os mínimos de precipitação na  $E_s$  foram observados nos meses de julho, nos setores norte e oeste, e em agosto, nos setores sudeste e central. Ainda, a Tabela 5.2 mostra que a maior (menor) precipitação média mensal foi encontrada no setor sudeste (oeste), chegando a aproximadamente 115 mm (86 mm).

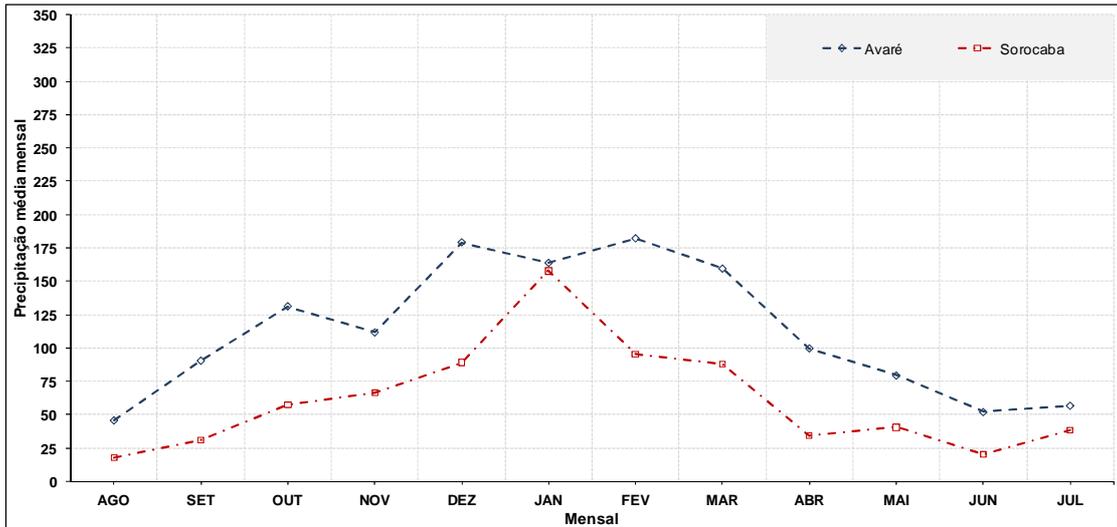


(a)

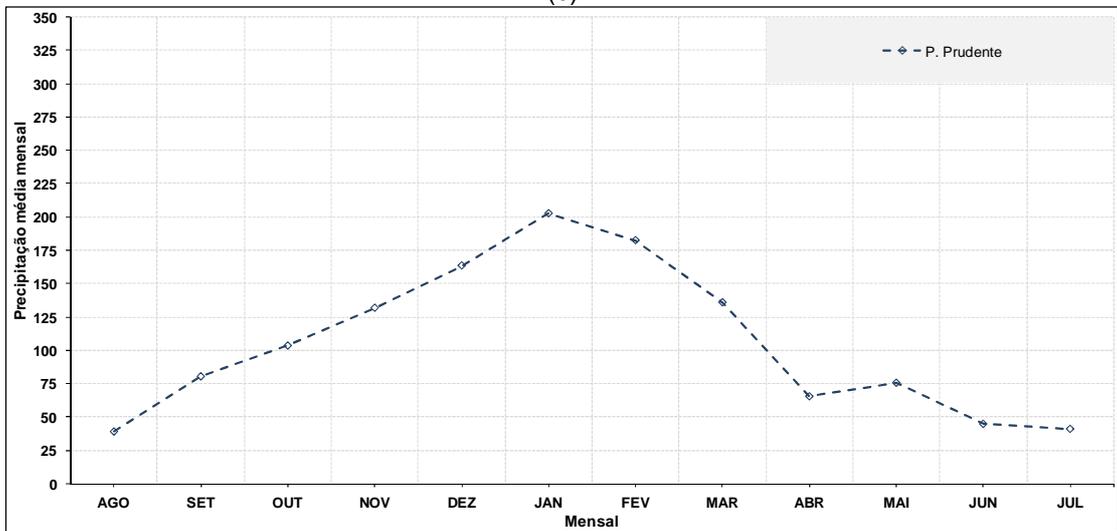


(b)

**Figura 5.2 -** Precipitação média mensal climatológica para os setores N (a), SE (b), CT (c) e W (d) no Estado de São Paulo. (Continua)  
Fonte: INMET [entre 1989 e 2008].



(c)



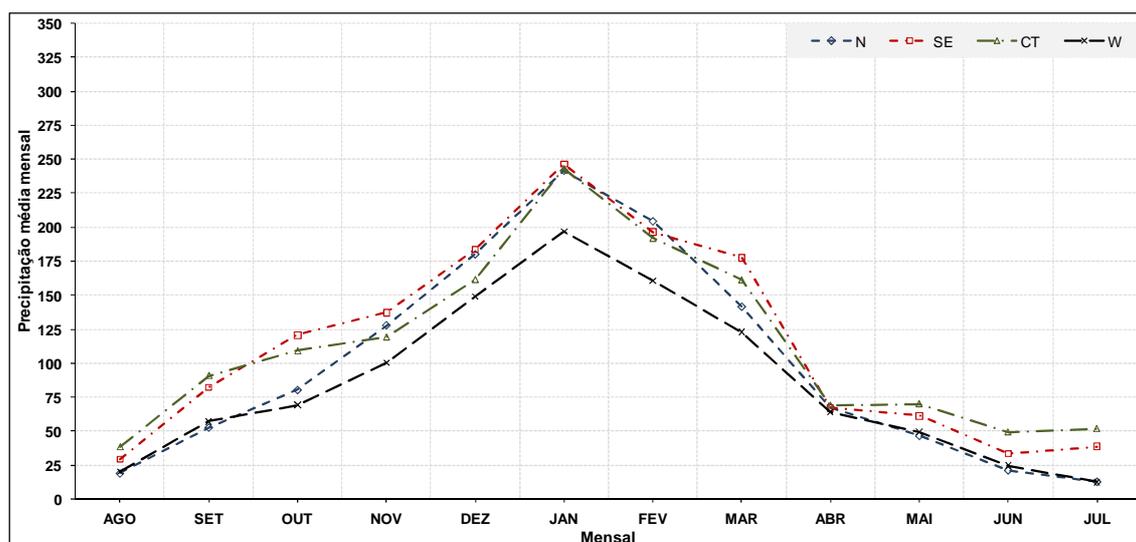
(d)

Figura 5.2 - Conclusão.

**Tabela 5.1** – As  $E_c$  e  $E_s$  a partir da precipitação média climatológica e sua precipitação média anual no Estado de São Paulo.

Setores de SP	Estações	$E_c (> P_M)$	$E_s (<= P_M)$	Pico da $P_M$	$P_M$ (mm)
N	Franca	OUT – MAR	ABR - SET	JAN	136,66
	São Carlos	OUT – MAR	ABR - SET	JAN	124,62
	São Simão	OUT – MAR	ABR - SET	JAN	99,63
	Catanduva	NOV – MAR	ABR - OUT	JAN	103,41
	Votuporanga	NOV – MAR	ABR - OUT	JAN	108,29
SE	São Paulo	NOV – MAR	ABR - OUT	JAN	134,81
	C. do Jordão	OUT – MAR	ABR - SET	FEV	121,21
	Guarulhos	OUT – MAR	ABR - SET	JAN	126,26
	Taubaté	OUT – MAR	ABR - SET	FEV	87,98
CT	Avaré	OUT – MAR	ABR - SET	FEV	112,50
	Sorocaba	OUT – MAR	ABR - SET	JAN	61,24
W	P. Prudente	NOV – MAR	ABR - OUT	JAN	105,46

Fonte: INMET[entre 1989 e 2008].



**Figura 5.3** - Ciclo anual de precipitação média de 20 anos (1989 - 2008) para os quatro setores do Estado de São Paulo. (Continua)

Fonte: DAEE [entre 1989 e 2006].

**Tabela 5.2** - As  $E_c$  e  $E_s$  a partir da precipitação média climatológica e sua precipitação média anual em São Paulo.

Setores de SP	$E_c (> P_M)$	Pico da $E_c$	$E_s (<= P_M)$	Mínimo de $P_M$ na $E_s$	$P_M$ (mm)
N	NOV - MAR	JAN	ABR - OUT	JUL	99,57
SE	OUT - MAR	JAN	ABR - SET	AGO	114,43
CT	NOV - MAR	JAN	ABR - OUT	AGO	112,88
W	NOV - MAR	JAN	ABR - OUT	JUL	85,57

Fonte: DAEE [entre 1989 e 2006].

## 5.2. Delimitação das $E_c$ e $E_s$ a pelo critério da precipitação e com os dados do INMET

Após a localização do período das  $E_c$  e  $E_s$  no ciclo anual (seção 5.1), foram determinadas as datas do início dessas estações anualmente em cada localidade do Estado de São Paulo, e também ano a ano, com a precipitação média dos 20 anos (Tabelas 5.3 e 5.4).

O início das  $E_c$  e  $E_s$  foi determinado em pântadas a partir de limiares de precipitação média encontrados para cada estação meteorológica (Tabela 5.3 e 5.4). Portanto, foram observadas precipitações médias entre 3,3 mm, na estação de São Simão, e 4,5 mm, nas estações de Franca e São Paulo. O início médio da  $E_c$  varia da pântada 62 (02 a 06 de novembro) até a pântada 69 (07 a 11 de dezembro), com início mais cedo na estação de Avaré e mais tarde na estação de Sorocaba, ambos no setor central de São Paulo. O início da  $E_s$  ocorreu na pântada 17 (22 a 26 de março) em São Carlos e na pântada 21 (16 a 20 de abril) em Sorocaba, nos setores norte e central de São Paulo, respectivamente.

A Tabela 5.3 mostra as datas, em pântadas, do início da  $E_c$  em cada estação meteorológica para cada ano estudado. Nessa tabela verifica-se que as estações pluviométricas com início mais cedo (tarde) da  $E_c$  do Estado de São Paulo ocorreu na pântada 48 (06) em São Paulo e Avaré (Franca e São

Simão). No setor norte do Estado, o começo da  $E_c$  ocorreu mais cedo na pântada 52 e mais tarde na pântada 06. No setor sudeste de São Paulo, a  $E_c$  ocorreu mais cedo na pântada 48 e mais tarde na pântada 03. No setor central, o início da  $E_c$  ocorreu da pântada 48 até a pântada 01. Já no setor oeste, representado pela estação meteorológica de Presidente Prudente, a  $E_c$  iniciou-se mais cedo na pântada 52 e mais tarde na pântada 05. Ainda na Tabela 5.3 verifica-se que no ano de 2000 uma maior precisão do início da  $E_c$ , que ocorreu na pântada 64 quase em todas as estações pluviométricas em estudo.

Na  $E_s$ , o início mais cedo no Estado de São Paulo ocorreu na pântada 11 nas estações meteorológicas de Franca, Catanduva e São Paulo, e mais tarde na pântada 34 na estação de Guarulhos (Tabela 5.4). No setor norte, a  $E_s$  iniciou mais cedo na pântada 11 e mais tarde na pântada 31. No setor sudeste, a  $E_s$  ocorreu mais cedo na pântada 11 e mais tarde na pântada 34. No setor central, o início da  $E_s$  ocorreu entre as pântadas 13 e 32, e no setor oeste a  $E_s$  iniciou mais cedo na pântada 12 e mais tarde na pântada 28. Na Tabela 5.4 verifica-se que no ano de 2006 a  $E_s$ , começou na pântada 19 em quase todas as estações pluviométricas em estudo.

Calculando a data média do início e fim da  $E_c$  das 12 localidades do Estado de São Paulo obteve-se que o início em média foi na pântada 66 (22 a 26 de novembro) e o fim em média foi na pântada 19 (01 a 05 de abril) (Tabela 5.3 e 5.4). Na análise da  $E_c$  mensal da seção 5.1, foi verificado que em um terço das estações meteorológicas do INMET a  $E_c$  começou em novembro, concordando com este resultado. O maior (menor) desvio padrão foi de aproximadamente 8 pântadas (3 pântadas) na  $E_c$  e cerca de 6 pântadas (3 pântadas) na  $E_s$  (Tabela 5.3 e 5.4).

**Tabela 5.3** - Início da  $E_c$  ano a ano nas 12 estações meteorológicas do Estado de São Paulo. Valores em azul e vermelho representam o início mais cedo e mais tarde da  $E_c$ , respectivamente.

Setores	N					SE				CT		W	SP
	Franca	S. Carlos	S. Simão	Catanduva	SP	SP	C. Jordão	Guarulhos	Taubaté	Avaré	Sorocaba	P. Prudente	$\bar{M}$
1989	63	63	64	69	63	70	70	70	*	*	73	69	67
1990	66	03 <sup>+</sup>	*	73	73	01 <sup>+</sup>	*	01 <sup>+</sup>	*	*	69	*	<b>72</b>
1991	01 <sup>+</sup>	*	*	*	03 <sup>+</sup>	*	71	73	*	*	*	67	<b>72</b>
1992	53	57	56	68	*	51	<b>03<sup>+</sup></b>	57	02 <sup>+</sup>	*	*	<b>52</b>	<b>61</b>
1993	66	73	<b>52</b>	69	69	<b>48</b>	52	52	69	<b>48</b>	*	02 <sup>+</sup>	<b>61</b>
1994	01 <sup>+</sup>	69	*	67	*	67	64	67	69	60	*	67	67
1995	70	70	70	70	67	73	63	73	70	*	*	70	70
1996	65	65	65	70	71	03 <sup>+</sup>	72	72	*	56	*	58	67
1997	<b>06<sup>+</sup></b>	59	57	64	63	62	64	62	64	61	*	58	63
1998	57	67	57	68	57	68	68	68	51	53	67	68	62
1999	68	73	68	69	01 <sup>+</sup>	*	*	72	*	*	*	*	71
2000	64	63	64	60	64	64	64	64	62	64	*	61	63
2001	62	64	64	64	73	52	65	64	70	67	69	*	65
2002	70	64	64	70	61	64	*	66	59	*	70	61	65
2003	61	01 <sup>+</sup>	63	65	*	67	61	69	61	*	65	*	65
2004	65	64	*	67	68	67	67	65	53	57	*	*	64
2005	59	69	<b>06<sup>+</sup></b>	*	65	*	54	54	65	71	*	<b>05<sup>+</sup></b>	66
2006	56	65	56	72	66	65	62	67	*	72	<b>01<sup>+</sup></b>	67	66
2007	69	*	*	69	02 <sup>+</sup>	60	69	60	58	68	64	01 <sup>+</sup>	67
2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$\bar{M}$	66	67	63	68	68	64	65	66	64	<b>62</b>	<b>69</b>	66	<b>66</b>
DP	6,3	5,3	7,0	<b>3,2</b>	5,5	<b>8,1</b>	6,2	6,4	7,1	7,7	3,5	7,3	-
$P_M$	<b>4,5</b>	4,0	<b>3,3</b>	3,4	3,6	<b>4,5</b>	4,0	4,2	3,6	4,0	3,6	3,6	-

\* Falta total de dados ou sem dados suficientes para determinar o início da  $E_c$ .

<sup>+</sup> Representa que o início da  $E_c$  ocorreu no ano seguinte.

<sup>-</sup> Não foi possível determinar o início da  $E_c$  devido à falta de dados em 2009.

**Tabela 5.4** – Início da  $E_s$  a cada ano em 12 estações meteorológicas do INMET, no Estado de São Paulo. Valores em azul e vermelho representam o início mais cedo e mais tarde da  $E_s$ , respectivamente.

Setores	N					SE				CT		W	SP	
	Estações / Ano	Franca	S. Carlos	S. Simão	Catanduva	Votupor.	SP	C. Jordão	Guarulhos	Taubaté	Avaré	Sorocaba	P. Prudente	$\bar{M}$
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	15	23	19	23	19	18	19	18	*	*	19	19	19	19
1991	20	20	*	19	23	19	*	19	*	*	23	*	20	20
1992	18	*	*	*	24	*	23	20	*	*	*	<b>28</b>	23	23
1993	22	27	22	21	*	19	18	19	21	*	*	21	21	21
1994	16	20	18	21	20	20	29	17	24	23	*	18	21	21
1995	<b>11</b>	29	*	12	*	24	20	24	19	22	*	<b>12</b>	19	19
1996	18	17	17	17	23	20	17	19	17	*	*	17	18	18
1997	14	14	14	11	20	17	13	16	*	14	*	12	<b>15</b>	15
1998	14	14	14	18	21	21	14	19	19	21	*	26	18	18
1999	16	13	18	13	13	16	18	16	13	16	14	13	<b>15</b>	15
2000	15	17	16	19	15	*	*	19	*	*	*	*	17	17
2001	19	15	21	15	22	15	15	21	19	15	*	15	17	17
2002	13	12	19	19	14	19	15	19	20	<b>13</b>	20	*	17	17
2003	23	12	12	<b>11</b>	27	<b>11</b>	*	15	16	*	18	18	16	16
2004	23	13	<b>31</b>	<b>31</b>	*	16	22	<b>34</b>	21	*	<b>32</b>	*	<b>25</b>	25
2005	18	18	*	*	18	18	21	24	21	18	*	*	20	20
2006	19	19	15	19	15	*	19	19	19	19	*	19	18	18
2007	18	13	14	13	17	17	25	21	*	17	17	<b>12</b>	17	17
2008	24	*	*	22	24	17	22	22	22	26	26	22	23	23
$\bar{M}$	18	<b>17</b>	18	18	20	18	19	20	19	19	<b>21</b>	18	<b>19</b>	19
DP	3,6	5,1	4,8	5,2	4,1	2,9	4,3	4,2	<b>2,8</b>	4,1	<b>5,7</b>	5,1	-	-
$P_M$	<b>4,5</b>	4,0	<b>3,3</b>	3,4	3,6	<b>4,5</b>	4,0	4,2	3,6	4,0	3,6	3,6	-	-

\* Falta total de dados ou sem dados suficientes para determinar o início da  $E_s$ .

~ Não foi possível determinar o início da  $E_s$  devido a falta de dados em 1988.

Depois de serem determinadas as  $E_c$  e  $E_s$  ano a ano e em cada estação meteorológica, foram também determinadas as datas do início dessas estações

através da média climatológica de precipitação, como pode ser visto na Figura 5.4 e na Tabela 5.5.

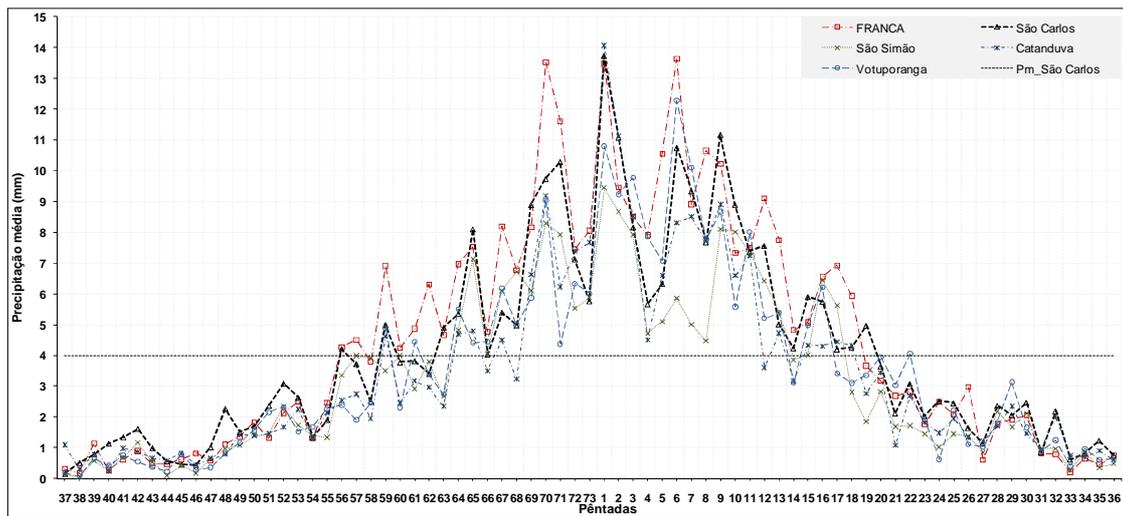
Baseado nessa análise, a  $E_c$  começou mais cedo nas estações de São Simão e Campos do Jordão, na pênstada 56 (03 a 07 de outubro), e iniciou mais tarde nas estações de São Paulo e Guarulhos, na pênstada 65 (17 a 21 de novembro) (Tabela 5.5). Já na  $E_s$ , o início tardio (precoce) ocorreu na pênstada 20 (17) nas estações São Carlos, Campos do Jordão e Avaré (Votuporanga).

O início da  $E_c$  por setores foi verificada na pênstadas 60 (23 a 27 de outubro) no setor norte, na pênstada 62 no setor sudeste, e na pênstada 64 (17 a 21 de novembro) nos setores oeste e central (Tabela 5.5). A  $E_s$  nos quatros setores do Estado iniciou-se entre as pênstadas 19 e 20 (primeira dezena de abril).

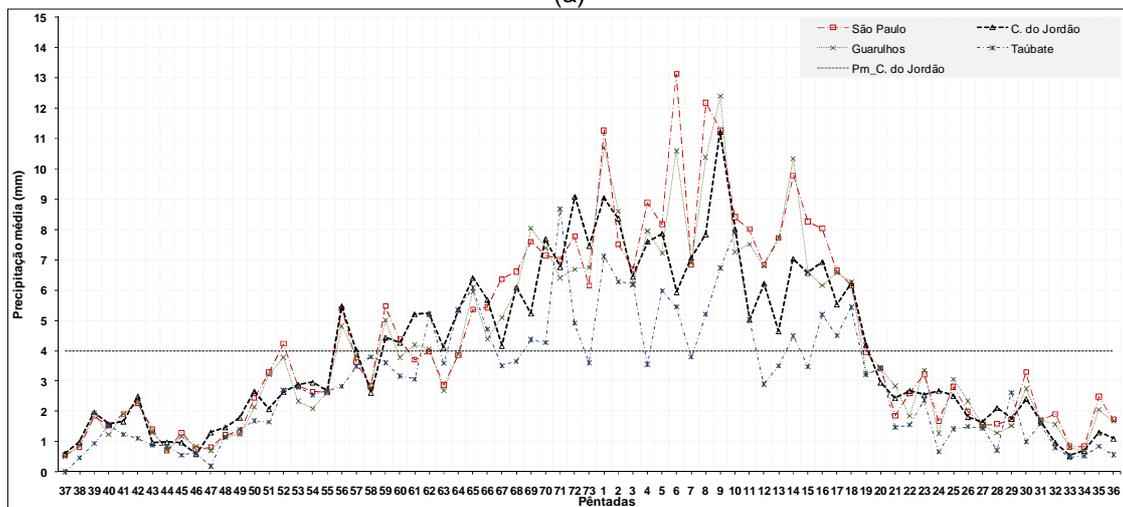
Observou-se também, que na maioria das estações meteorológicas o fim da  $E_c$  tendeu a ocorrer mais bruscamente que seu início, principalmente no setor sudeste e oeste do Estado (Figura 5.4b). Esse comportamento é contrário do que ocorre na monção da Índia (ASNANI, 1993). Já no setor norte do Estado observou-se que o ciclo anual da precipitação foi praticamente similar, não diferenciando muito entre o início e fim da  $E_c$  (Figura 5.4a).

Em média, no Estado de São Paulo foi encontrado que o início das  $E_c$  e  $E_s$  ocorreu nas pênstadas 62 (02 a 06 de novembro) e 19 (1 a 5 de abril), respectivamente. Na Figura 5.2 e Tabela 5.1 foi mostrado que a  $E_c$  tendeu a começar em outubro, mas em mais de 30% das estações meteorológicas do INMET começou em novembro, constatando os resultados obtidos na Tabela 5.5, nos quais observou-se que esta começou no início de novembro. No entanto, tais resultados diferenciam dos resultados obtidos por Alves et al. (2005) e Minuzzi et al. (2007), que encontraram o início mais cedo da  $E_c$  (o começo dessa estação ocorreu no início de novembro).

A diferença entre as datas do início da  $E_c$  aconteceu devido principalmente à diferença de critérios, das variáveis meteorológicas utilizadas, do período estudado e também dos valores limiares de precipitação, pois Alves et al. (2005) determinaram o começo da  $E_c$  a partir do índice de precipitação de 3, 4 e 5 mm, obtendo datas diferentes.



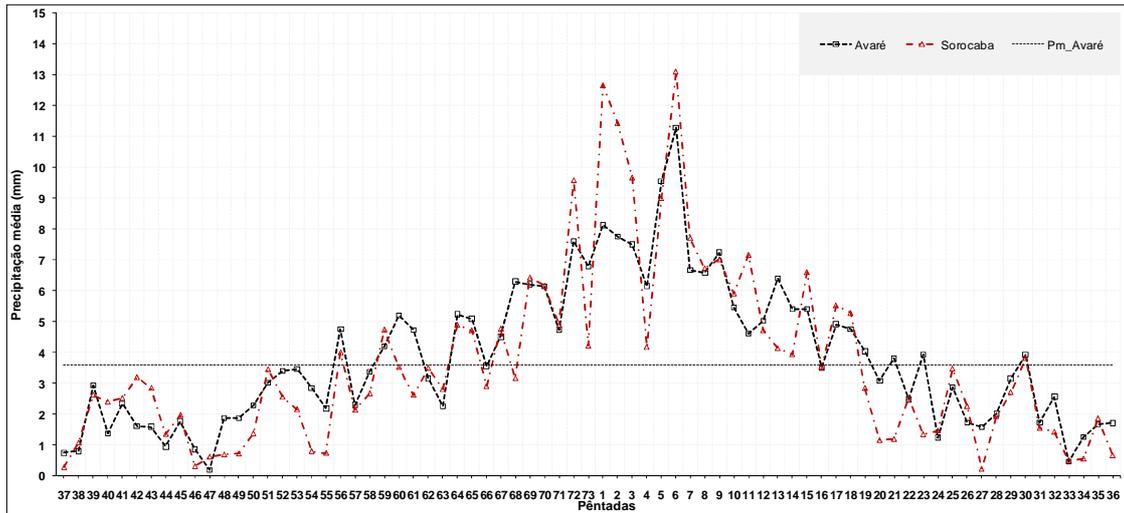
(a)



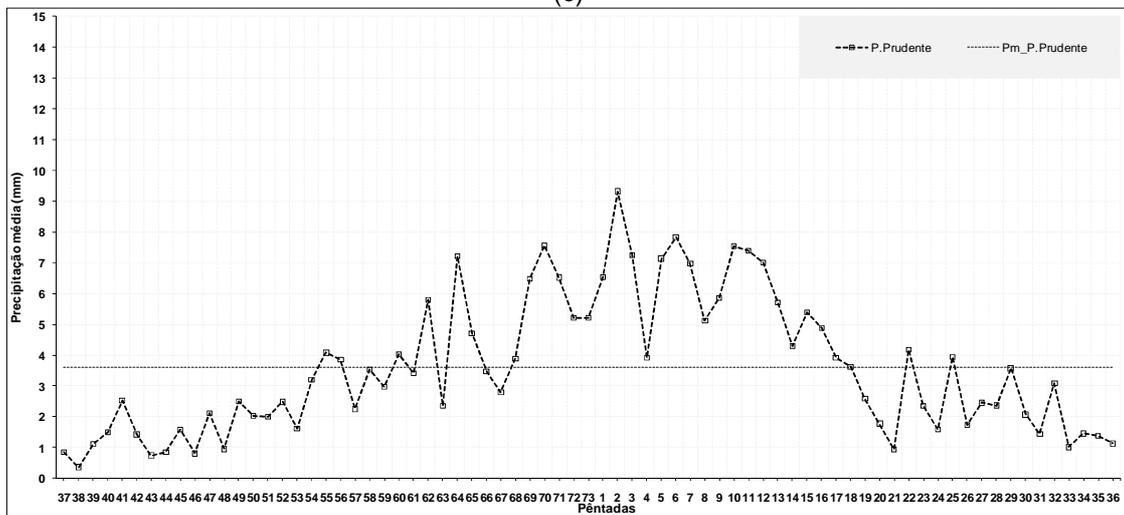
(b)

**Figura 5.4 -** Ciclo anual de precipitação entre as pântadas 37 e 36 nos setores N (a), SE (b), CT (c) e W (d), no Estado de São Paulo. (Continua)

Fonte: INMET [entre 1989 e 2008].



(c)



(d)

Figura 5.4 - Conclusão.

**Tabela 5.5** – Início das  $E_c$  e  $E_s$  a partir da climatologia de precipitação média no Estado de São Paulo.

Setores de SP	Estações	$le_c$ (pêntadas)	$le_{cD}$ (datas)	$le_s$ (pêntadas)	$le_{sD}$ (datas)	$P_M$ (mm)
N	Franca	57	08 - 12/out	19	01 - 05/abr	4,5
	São Carlos	63	07 - 11/nov	20	06 - 10/abr	4,0
	São Simão	56	03 - 07/out	18	27 - 31/mar	3,3
	Catanduva	64	12 - 16/nov	19	01 - 05/abr	3,4
	Votuporanga	61	28/out - 01/nov	17	22 - 26/abr	3,6
	$\bar{M}$	~ 60	23 - 27/out	~ 19	01 - 05/abr	3,8
SE	São Paulo	65	17 - 21/nov	19	01 - 05/abr	4,5
	C. do Jordão	56	03 - 07/out	20	06 - 10/abr	4,0
	Guarulhos	65	17 - 21/nov	19	01 - 05/abr	4,2
	Taubaté	62	02 - 06/nov	19	01 - 05/abr	3,6
	$\bar{M}$	62	02 - 06/nov	~ 19	01 - 05/abr	4,1
CT	Avaré	64	12 - 16/nov	20	06 - 10/abr	4,0
	Sorocaba	64	12 - 16/nov	19	01 - 05/abr	3,6
	$\bar{M}$	64	12 - 16/nov	~ 20	06 - 10/abr	3,8
W	P. Prudente	64	12 - 16/nov	19	01 - 05/abr	3,6
SP	$\bar{M}$	~ 62	02 - 06/nov	19	01 - 05/abr	3,9

Fonte: INMET [entre 1989 e 2008].

### 5.3. Determinação das $E_c$ e $E_s$ pelo critério da precipitação, com os dados do DAEE

A Tabela 5.6 mostra o início da  $E_c$  por setor do Estado de São Paulo baseado nos dados de precipitação do DAEE. Através dessa tabela verifica que essa estação ocorreu mais cedo (tarde): no setor norte, na pêntada 52 (70); no setor sudeste, na pêntada 51 (70); no setor central, na pêntada 50 (06); e no setor oeste, na pêntada 52 (71). Com os dados do DAEE, assim como nos dados do INMET, o ano de 2000 também apresentou maior precisão para o início da  $E_c$  na pêntada 64.

O início da  $E_s$  nos quatro setores de São Paulo ocorreram entre as pântadas 16 e 30, no setor norte; entre as pântadas 15 e 23, no setor sudeste; entre as pântadas 11 e 26, no setor central e entre as pântadas 12 e 27, no setor oeste, como mostra na Tabela 5.7. Nos setores central e norte do Estado de São Paulo ocorrem os extremos do início da  $E_s$  nas pântadas 11 e 30, respectivamente (Tabela 5.7). No ano de 1993 a  $E_s$  ocorreu praticamente na mesma pântada, isto é, na pântada 21.

O início médio das  $E_c$  e  $E_s$ , com dados do INMET, mostrou pouca variação entre as estações meteorológicas nos quatro setores do Estado de São Paulo. Com isto, tais estações foram determinadas a cada ano em cada setor do Estado de São Paulo (Tabela 5.6 e 5.7).

Assim, com os dados do DAEE, a  $E_c$  no Estado de São Paulo começou nos quatro setores do Estado de São Paulo próximo à pântada 63 (07 a 11 de novembro) (Tabela 5.6). O início da  $E_s$  aconteceu entre as pântadas 19 e 20 (entre 1 e 10 de abril) nos quatro setores do Estado (Tabela 5.7). Foi verificado também, que os setores sudeste e central tiveram maiores índices pluviométricos, em média superiores a 4 mm/dia, acompanhado dos setores norte com 4 mm/dia e com menores precipitação média no oeste do Estado, próximo a 3,5 mm/dia (Tabela 5.6 e 5.7).

Na Tabela 5.6 e 5.7 é mostrado que o início das  $E_c$  e  $E_s$  para todo o Estado de São Paulo ocorreu em média na pântada 63 (07 a 11 de novembro) e 19 (01 a 05 de abril), respectivamente. O maior desvio padrão foi observado na  $E_c$  sendo superior a 8 pântadas, e na  $E_s$  foi superior a 4 pântadas. Já o menor desvio padrão constatado nas  $E_c$  e  $E_s$  foram próximos às pântadas 5 e 2, respectivamente.

**Tabela 5.6** - Datas do início da  $E_c$ , ano a ano, a partir da média de precipitação em pântadas das 300 estações meteorológicas do DAEE, nos setores norte, sudeste, central e oeste do Estado de São Paulo. Valores em azul e vermelho representam o início mais cedo e mais tarde da  $E_c$ , respectivamente.

Setores /anos	N	SE	CT	W	$\bar{M}_{SP}$
1989	60	<b>70</b>	65	62	64
1990	69	<b>70</b>	69	69	69
1991	67	69	69	67	68
1992	<b>52</b>	<b>51</b>	<b>50</b>	<b>52</b>	<b>51</b>
1993	66	67	51	69	63
1994	67	65	64	<b>71</b>	67
1995	<b>70</b>	58	70	70	67
1996	65	64	56	58	61
1997	63	59	52	61	59
1998	57	<b>51</b>	<b>50</b>	55	53
1999	68	63	68	61	65
2000	64	64	64	64	64
2001	62	64	69	64	65
2002	61	60	61	61	61
2003	61	61	60	61	61
2004	*	69	69	*	69
2005	*	66	<b>06<sup>+</sup></b>	*	<b>73</b>
2006	*	*	*	*	-
2007	*	*	*	*	-
2008	-	-	-	-	-
$\bar{M}$	63	63	63	63	<b>63</b>
DP	<b>4,8</b>	5,8	<b>8,5</b>	5,5	-
$P_M$	4,0	<b>4,2</b>	<b>4,2</b>	<b>3,7</b>	-

\* Falta total de dados ou sem dados suficientes para determinar o início da  $E_c$ .

<sup>+</sup> Representa que o início da  $E_c$  ocorreu no ano seguinte.

<sup>-</sup> Não foi possível determinar o início da  $E_c$  devido a falta de dados em 2009.

**Tabela 5.7** – Datas do início da  $E_s$ , ano a ano, a partir da média de precipitação em pântadas das 300 estações meteorológicas do DAEE, nos quatro setores do Estado de São Paulo. Valores em azul e vermelho representam o início mais cedo e mais tarde da  $E_c$ , respectivamente.

Setores /anos	N	SE	CT	W	$\bar{M}_{SP}$
1989	-	-	-	-	-
1990	19	23	19	23	21
1991	21	20	19	21	20
1992	22	22	26	26	24
1993	21	21	22	21	21
1994	14	20	24	21	20
1995	16	20	19	12	17
1996	20	19	23	17	20
1997	17	17	11	17	16
1998	20	20	21	27	22
1999	16	16	23	16	18
2000	19	20	19	17	19
2001	16	20	15	15	17
2002	19	18	18	14	17
2003	22	21	17	24	21
2004	30	*	23	*	27
2005	*	18	18	*	18
2006	*	15	19	*	17
2007	*	*	*	*	-
2008	*	*	*	*	-
$\bar{M}$	19	19	20	19	19
DP	3,8	2,1	3,6	4,6	-
$P_M$	4,0	4,2	4,2	3,7	-

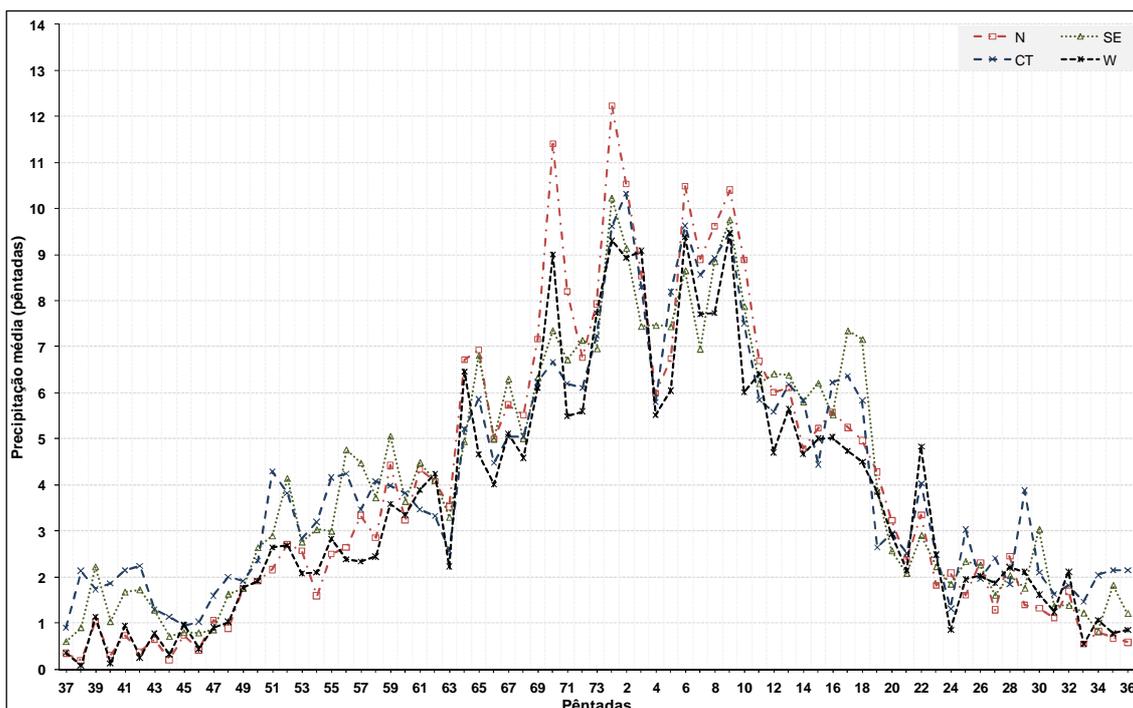
\* Falta total de dados ou sem dados suficientes para determinar o início da  $E_s$ .

- Não foi possível determinar o início da  $E_s$  devido a falta de dados em 1988.

O início das  $E_c$  e  $E_s$  também foram determinados pela média climatológica de precipitação por setor e para todo o Estado de São Paulo (Figura 5.5 e Tabela 5.8). Na Figura 5.5 pode-se observar o início da  $E_c$  foi identificado entre 18 e 22 de outubro (pântada 59) no setor norte, entre 28 de outubro e 01 de novembro

(pêntada 61) no sudeste e oeste do Estado, e entre 12 a 16 de novembro (pêntada 64) no setor central de São Paulo (Tabela 5.8). Nos setores norte e oeste, o começo da  $E_c$  ocorreu bruscamente, e nos setores sudeste e central, antes do início efetivo dessa estação, as precipitações foram próximas à média climatológica e, por isto, começaram mais tarde. A média do início da  $E_c$  ocorreu próximo à pêntada 60. Na  $E_s$  foram constatados que, nos setores central e sudeste, esta estação começou mais cedo, na pêntada 19 (01 a 05 de abril), e nos setores norte e oeste iniciou na pêntada posterior, entre 06 e 10 de abril. Assim, constatou-se que em média para todo o Estado, o início da  $E_s$  ocorreu na pêntada 20.

Nessa figura foi observado que, em geral, o setor norte do Estado de São Paulo teve maiores índices pluviométricos durante a  $E_c$  e menor precipitação na  $E_s$ , comparado com outros setores de São Paulo. Nas partes do sudeste e do centro do Estado foram encontrados maiores precipitações médias na  $E_s$  e menores índices pluviométricos na  $E_c$ , tendo assim, menor diferença de precipitação média entre as duas estações. O oeste de São Paulo teve menores índices pluviométricos praticamente no ano inteiro, referente aos outros setores do Estado. As pêntadas em que ocorreram os picos de precipitação foram constatadas no mês de janeiro nos quatro setores do Estado. Nos setores norte e sudeste ocorreu na pêntada 1 (01 a 05 de janeiro), chegando a índices pluviométricos superiores a 12 mm/dia (acima de 60 mm em cinco dias) e 10 mm/dia, respectivamente, e no setor central ocorreu na pêntada 2 (06 a 10 de janeiro), acima de 10 mm/dia. Já no setor oeste de São Paulo foram encontrados 3 picos, com valores muito próximo e superiores a 9 mm, nas pêntadas 9, 6 e 1.



**Figura 5.5** – Ciclo de precipitação anual climatológica entre as pênadas 37 e 36 nos quatro setores no Estado de São Paulo.

**Tabela 5.8** – As  $E_c$  e  $E_s$  a partir da precipitação média climatológica nos quatros setores do Estado de São Paulo.

Setores de SP	$le_c$	$le_{cD}$	$le_s$	$le_{sD}$	$P_M$ (mm)
N	59	18 - 22/out	20	06 - 10/abr	4
SE	61	28/out - 01/Nov	19	01 - 05/abr	4,2
CT	64	12 - 16/Nov	19	01 - 05/abr	4,2
W	61	28/out - 01/Nov	20	06 - 10/abr	3,7

Fonte: DAEE [entre 1989 e 2006]

A [Figura 5.6](#) mostra a variabilidade interanual das datas do início médio das  $E_c$  e  $E_s$  no Estado de São Paulo, durante os 20 anos (1989-2008) em estudo, além da tendência linear desse período em ambas as estações. Para cada uma dessas duas estações, determinou-se seu início pela média da precipitação com os dados do INMET (linha preta) e, também, pela média diária de precipitação nas estações meteorológicas de cada setor do Estado de São Paulo, com os dados do DAEE [linhas: vermelha ( $E_c$ ) e azul ( $E_s$ )].

O início mais cedo da  $E_c$  ocorreu na pântada 61 (51) nos anos de 1992 e 1993 (1992) e mais tarde na pântada 72 (73) nos anos de 1990 e 1991 (2005) com os dados do INMET (DAEE) como mostrado na [Figura 5.6](#) (parte superior). Foi observado que as datas do início da  $E_c$  foram, em geral, mais cedo utilizando os dados do DAEE, menos nos anos de 1993, 2000, 2004 e 2005. O início da  $E_c$  não mostrou uma relação com anomalia de TSM neutra do Oceano Pacífico equatorial.

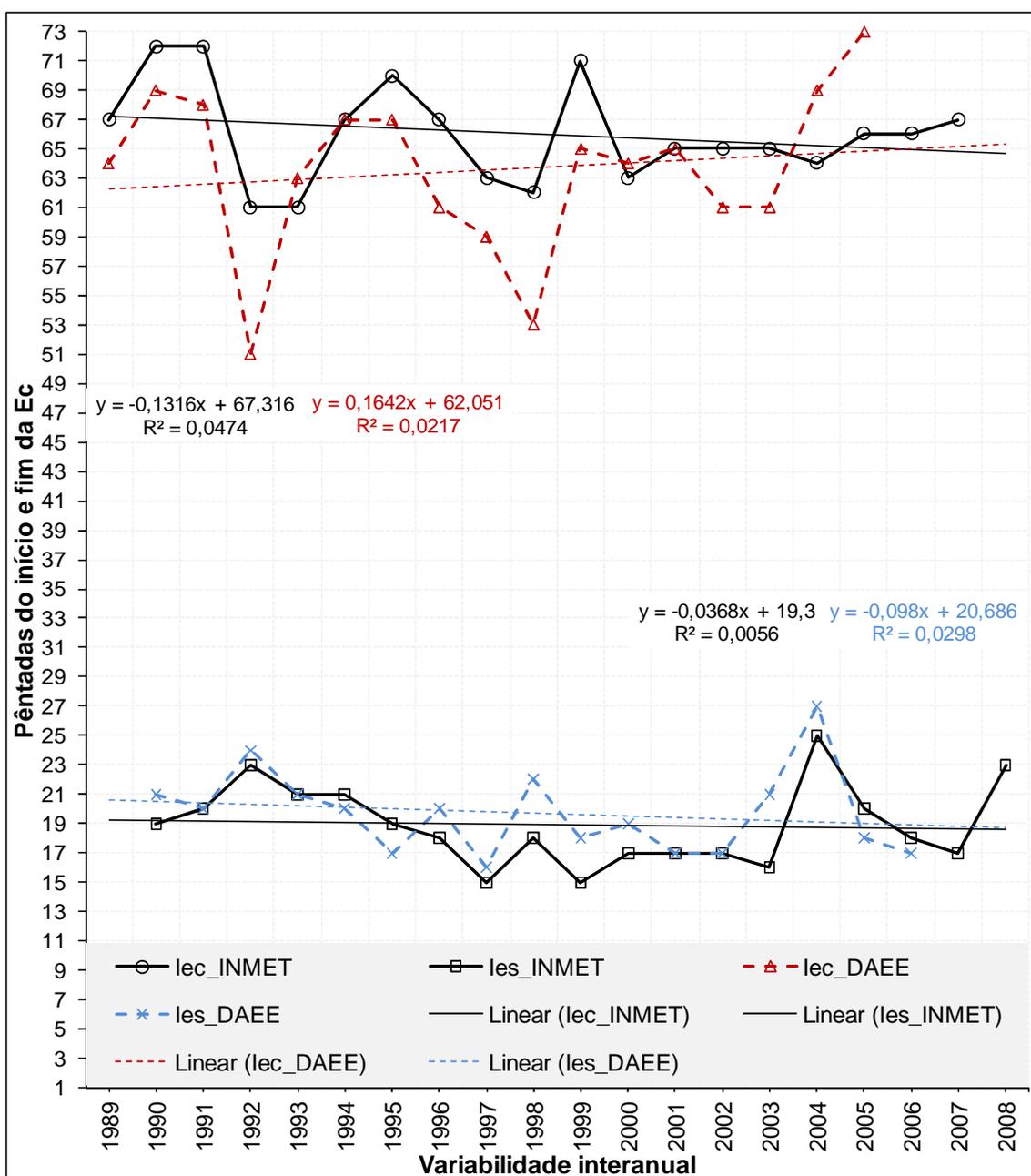
Durante os 20 anos de estudo, com a determinação das datas do início da  $E_c$  pelos dados do INMET e do DAEE, foram observadas grandes diferenças entre o início da  $E_c$  obtido pelas duas fontes dos dados, assim seus inícios, por exemplo em alguns anos como: 1992 e 1998. Em 1992, o início da  $E_c$  ocorreu na pântada 51 (08 a 12 de setembro) através dos dados do DAEE e na pântada 61 (28 de outubro a 01 de novembro) utilizando os dados do INMET, tendo uma diferença de 10 pântadas (50 dias). Nesse período, foi observado que as precipitações acumuladas mensais foram acima da média anual desde setembro de 1992 a março de 1993 ([Figura 5.1d](#)). Com isto, a determinação do início da  $E_c$  utilizando os dados DAEE, parece indicar o resultado mais coerente. Já em 1998, o início da  $E_c$  ocorreu na pântada 53 (18 a 22 de setembro) com os dados do DAEE e na pântada 62 (02 a 06 de novembro) através dos dados do INMET, sendo observado uma diferença de 9 pântadas (45 dias) entre os dois resultados. Em setembro desse ano, na região do Vale do Rio Paraíba do Sul, nordeste do Estado de São Paulo, as chuvas acumuladas foram próximas a 200 mm, chegando a 100 mm acima da média

(CLIMANÁLISE, 1998). Em outubro de 1998, em geral, as precipitações foram abaixo da média climatológica na parte leste e na média climatológica na parte oeste do Estado de São Paulo (CLIMANÁLISE, 1998). No mês seguinte, em novembro, ocorreram poucas precipitações entre 50 a 100 mm. A [Figura 5.1j](#) mostra que o trimestre de setembro a novembro, em geral, foi seco, com os acumulados mensais dos meses de setembro e novembro abaixo da média anual e o mês de outubro acima da média anual. Assim, nota-se que entre o final de setembro e início de novembro ocorreu muita quantidade de precipitação, sendo que, é mais razoável que a Ec tenha iniciado durante esse período.

A [Figura 5.6](#) (parte inferior) mostra que a  $E_s$  começou mais cedo na pântada 15 (16) nos anos de 1997 e 1999 (1997) e tardio na pântada 25 (27), de 2004, com os dados do INMET (DAEE). As datas do início da  $E_s$  ocorreram, em geral, mais cedo com os dados do INMET, exceto no anos de 1994, 1995, 2005 e 2006. As datas do início da  $E_s$  estiveram menos dispersas do que as datas do início da  $E_c$ . O início mais cedo da  $E_s$  ocorreu durante anos com começo neutro e evoluindo para El Niño, em 1997, e também quando foi verificado La Niña, em 1999. Já o início mais tarde da  $E_s$  foi verificado em um ano predominantemente com anomalia de TSM do Pacífico Equatorial positiva.

Nos 20 anos de estudo, o início da  $E_s$  foi determinado com os dados do INMET e DAEE separadamente, sendo que no ano de 2003, ocorreu uma maior diferença entre as datas do início dessa estação, chegando a 5 pântadas (25 dias). Em 2003, o início da  $E_s$  ocorreu na pântada 16 (17 a 21 de março), com os dados do INMET, e na pântada 21 (11 a 15 de abril), com os dados do DAEE ([Figura 5.6, parte inferior](#)). A [Figura 5.1p](#) mostra que a precipitação no mês de março foi acima da média anual e no mês de abril abaixo da média anual. No mês de março de 2003, as precipitações ocorreram em maior quantidade nos setores oeste e norte do Estado de São Paulo (CLIMANÁLISE, 2003). No setor oeste do Estado de São Paulo verificam-se precipitações maiores apenas na estação de Presidente Prudente com os dados do INMET.

Assim, na parte oeste do Estado, um dos setores do Estado onde ocorreu maior quantidade de precipitação, o INMET não tem estações meteorológicas para registrar o índice pluviométrico do mês de março de 2003. Desta forma, com mais estações meteorológicas no setor oeste de São Paulo possivelmente seria determinado o início da  $E_s$  após a pântada 16, aproximando-se da data do início dessa estação com os dados do DAEE.



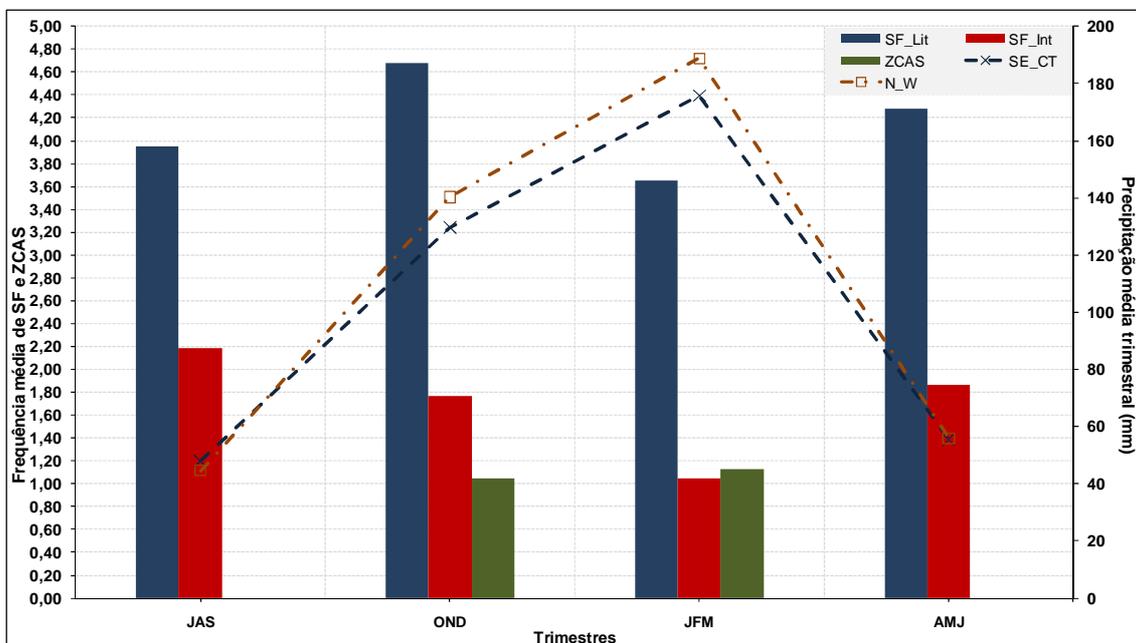
**Figura 5.6** – Variabilidade interanual das estações  $E_c$  e  $E_s$ , determinadas pelo critério da precipitação, nos 20 anos (1989-2008).

#### 5.4. Análise dos SF e ZCAS durante as $E_c$ e $E_s$

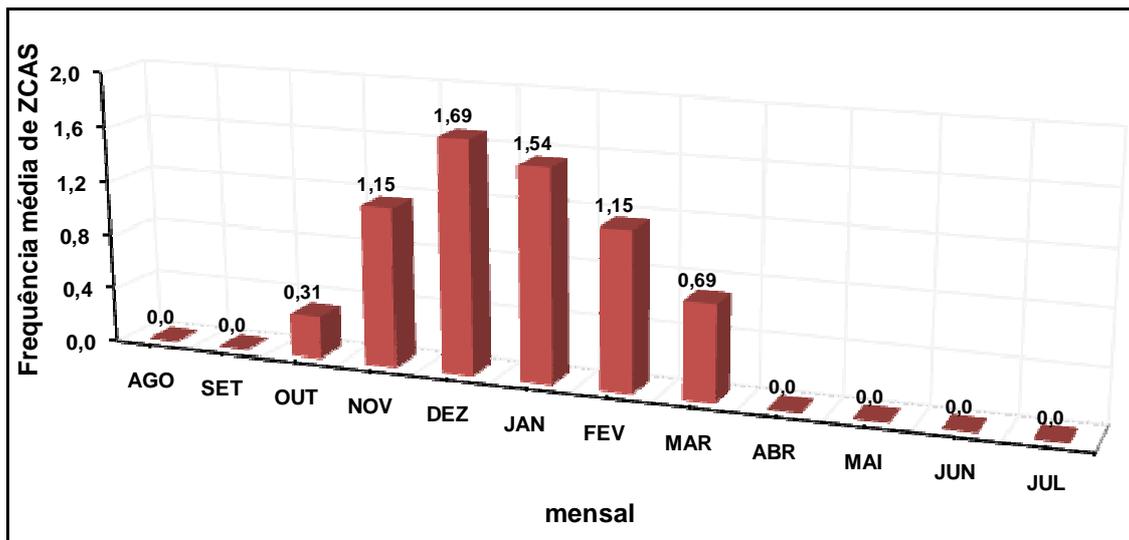
Como mencionado na seção anterior, a  $E_c$  foi observada entre os meses de outubro a março e a  $E_s$  de abril a setembro, concordando com estudos anteriores como Gan et al. (2004), Franchito et al. (2007) e Raia e Cavalcanti (2008), realizados para a região do sistema de monção da América do Sul. No primeiro trimestre da  $E_c$ , de outubro a dezembro, foi encontrada a maior ocorrência de SF no litoral de São Paulo, além de ocorrências de ZCAS, como pode ser visto na Figura 5.7, sugerindo que tais sistemas podem ser os principais responsáveis pelo aumento das precipitações e, com isso, determinando o início da  $E_c$ . Ainda nesse trimestre, foi verificado que o mês de outubro teve poucos eventos de ZCAS, dobrando a quantidade em novembro e chegando ao pico anual em dezembro, segundo o Boletim Climanálise (Figura 5.8). No segundo trimestre da  $E_c$ , de janeiro a março, foi verificado um maior número de eventos de ZCAS em média e uma menor frequência de passagens de SF tanto no litoral como no interior de São Paulo, ao mesmo tempo em que foi encontrado o pico de precipitação sobre o Estado (Figura 5.7). Essa menor frequência de SF não necessariamente indica menor índice de precipitação, pois segundo Kousky (1979) uma menor frequência de passagens de SF em Caravelas - BA pode indicar maior duração desse sistema em uma determinada localidade e, com isto, causar maiores precipitações. Dentro do segundo trimestre foi observado que houve uma gradual diminuição da ocorrência de ZCAS, de aproximadamente 0,4/mês, desde janeiro até o mês de março, sendo que no mês de abril esta já não foi mais observada, auxiliando assim a gerar o início da  $E_s$ .

Na  $E_s$  foi encontrado um grande número de passagens de SF no litoral e no interior, mas em contrapartida também foram notados os menores índices pluviométricos do Estado de São Paulo (Figura 5.7). Tal característica foi encontrada anteriormente por Kousky (1979), onde ao mesmo tempo em que observou-se alta frequência de SF também foram observadas passagens de SF mais rápidas provocando baixos índices pluviométricos. Outro fator

importante que explica a redução das precipitações em São Paulo e outras regiões do Brasil durante a  $E_s$  é a ausência de ocorrências de ZCAS na AS, como pode ser visto nas Figuras 5.7 e 5.8. Além destes sistemas, também são encontrados outros fatores locais e remotos que influenciam as  $E_c$  e  $E_s$ , não estudadas neste trabalho, como por exemplo: aspectos geográficos, tais como continentalidade, proximidade do oceano e o relevo (MINUZZI et al., 2007); a mudança da posição da ASAS, que durante o ano modifica o fluxo de umidade do Oceano Atlântico para a regiões SEB (RAIA e CAVALCANTI, 2008); intensificação do fluxo de umidade de noroeste (jato de baixos níveis) da região Amazônica em direção a região subtropical (ALVES et al., 2005), entre outros.



**Figura 5.7** – Precipitação média trimestral, média de passagens de SF no litoral e interior (1989 - 2008) e média de ocorrências de ZCAS (1996 - 2008). As siglas significam: N\_W - média da precipitação dos setores norte e oeste, e SE\_CT - média da precipitação dos setores sudeste e central. Fontes dos dados: DAEE [entre 1989 e 2006] e Boletim Climanálise [entre 1989 e 2008].



**Figura 5.8** – Climatologia mensal de ZCAS na América do Sul em um período de 13 anos de 1996 até 2008.

## 5.5. Discussão

Neste capítulo, usando informações das estações do INMET foi obtido que a  $E_c$  ocorreu entre os meses de outubro a março e a  $E_s$  entre os meses de abril a setembro. Algumas das estações meteorológicas apresentaram uma mudança mensal em seu período de atuação, como nas estações de Catanduva, Votuporanga, São Paulo e Presidente Prudente. Nessas últimas, as  $E_c$  e  $E_s$  ocorreram de novembro a março e de abril a outubro, respectivamente. Já com os dados do DAEE encontrou-se que a  $E_c$  ocorreu de novembro a março e a  $E_s$  de abril a outubro, exceto para o setor sudeste do Estado, onde foi encontrado que o mês de outubro foi o início da  $E_c$ .

As  $E_c$  e  $E_s$  foram determinadas, a princípio, ano a ano pelo critério da precipitação, no qual foi verificado que a  $E_c$  começou entre as pântadas 62 e 69 (entre 02 e 06 de novembro, em Avaré, e de 07 e 11 de dezembro, em Sorocaba) com os dados do INMET e entre as pântadas 61 e 64 (entre 28 de outubro a 01 de novembro, no centro do Estado, e de 12 e 16 de novembro, no norte e oeste de São Paulo) com os dados do DAEE. A  $E_s$  começou entre as pântadas 17 e 21 (de 22 a 26 de março, em São Carlos, a 16 a 20 de abril, em

Sorocaba), com os dados do INMET e entre as pântadas 18 e 20 com os dados do DAEE. Assim, o início ano a ano dessas estações, em média, ocorreu na pântada 66 (INMET) e 63 (DAEE) na  $E_c$ , e na pântada 19 na  $E_s$  (INMET e DAEE).

Após a determinação das  $E_c$  e  $E_s$  ano a ano, estas foram delimitadas através da média das pântadas climatológicas, utilizando o mesmo critério. Foi observado que o início da  $E_c$  ocorreu entre a pântada 56 em Campos do Jordão e 65 em São Paulo e Guarulhos (Figura 5.9a) e, em média, em todas as estações do INMET na pântada 62 (02 a 06 de novembro). A  $E_s$  começou entre a pântada 17, em Votuporanga, e a pântada 20, em São Carlos, Campos do Jordão e Avaré (Figura 5.9b). No Estado de São Paulo, a  $E_s$  teve início em média entre 01 e 05 de abril. No início da  $E_c$  foi notada uma diferença de quatro pântadas na delimitação dessas estações através da média do início ano a ano que ocorreu na pântada 62, e pela média das pântadas climatológicas que aconteceu na pântada 66. Isto ocorreu porque a média nos dados é mais suavizada. Também verificou-se que nos meses de outubro, a maioria das estações meteorológicas do INMET registrou precipitações acima da média anual do período em estudo. Mas, em cerca de 30% destas estações meteorológicas as precipitações começaram no mês de novembro. Isso serviu como indicativo para que o início da  $E_c$  ocorresse entre o final de outubro e início de novembro, o qual, posteriormente foi confirmado quando da determinação do início da  $E_c$  pela média climatológica de precipitação, que ocorreu entre 02 a 06 de novembro.

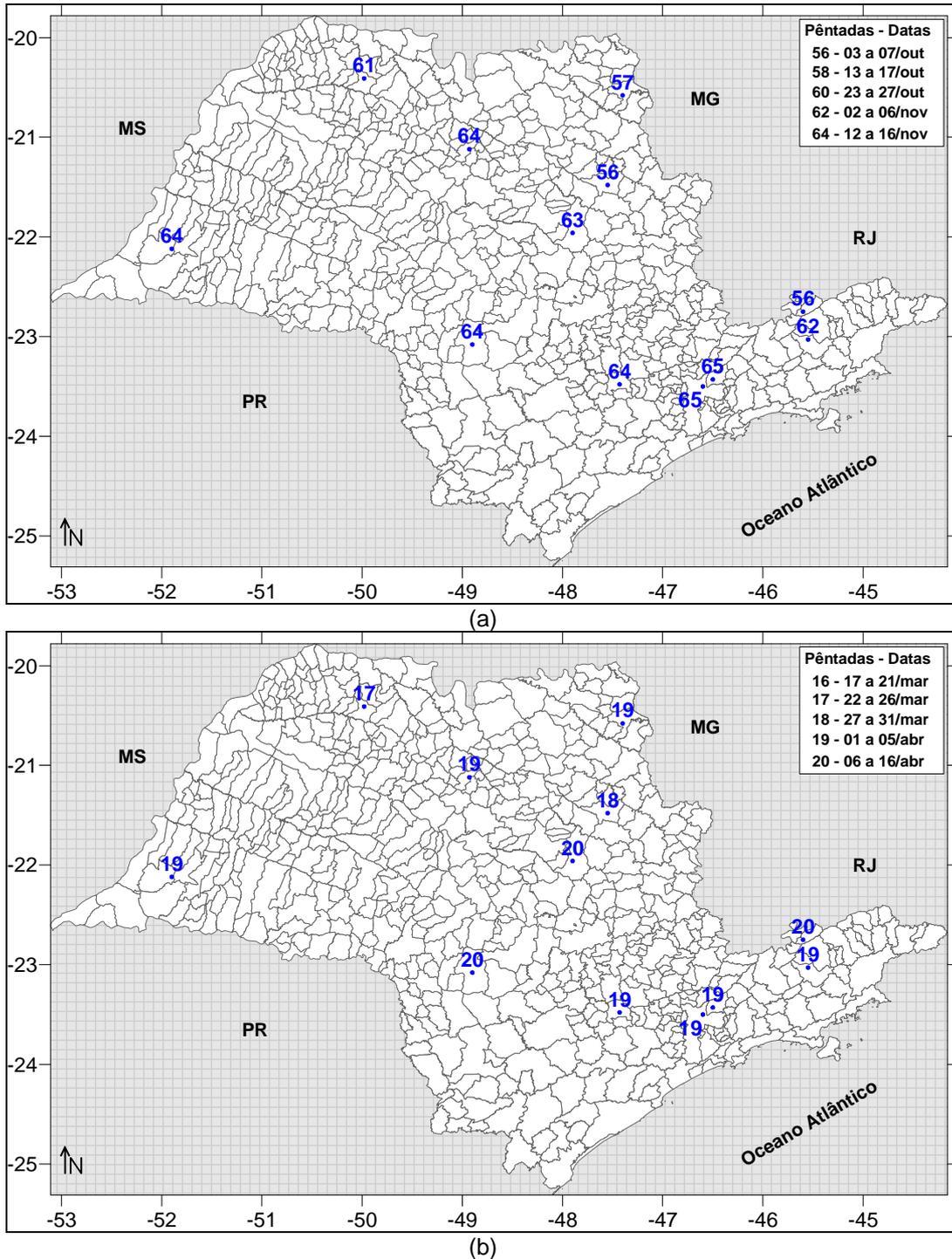
Na Figura 5.10 é mostrada a variabilidade espacial das  $E_c$  e  $E_s$  por setor do Estado de São Paulo. No setor norte do Estado de São Paulo a  $E_c$  tem início mais cedo entre 18 e 22 de outubro, duas pântadas mais tarde a  $E_c$  começou nos setores oeste e leste entre 28 de outubro e 01 de novembro e, por fim, no setor sul do Estado entre 12 e 16 de novembro (Figura 5.10a). Assim, no Estado de São Paulo a  $E_c$  iniciou, em média, entre 02 e 06 de novembro. Deste modo, foi verificado através dos dados do INMET e do DAEE que o início da  $E_c$

ocorreu no começo de novembro. Este resultado obtido com dados do DAEE foi encontrado, pois segundo a avaliação realizada para o mês de outubro, os valores de precipitação média mensal apresentaram-se abaixo da média anual climatológica. A  $E_s$  começou mais cedo nos setores sudeste e central do Estado de São Paulo entre 01 a 05 de abril e atrasada cerca de uma pênstada nos setores oeste e norte do Estado entre 06 e 10 de abril (Figura 5.10b).

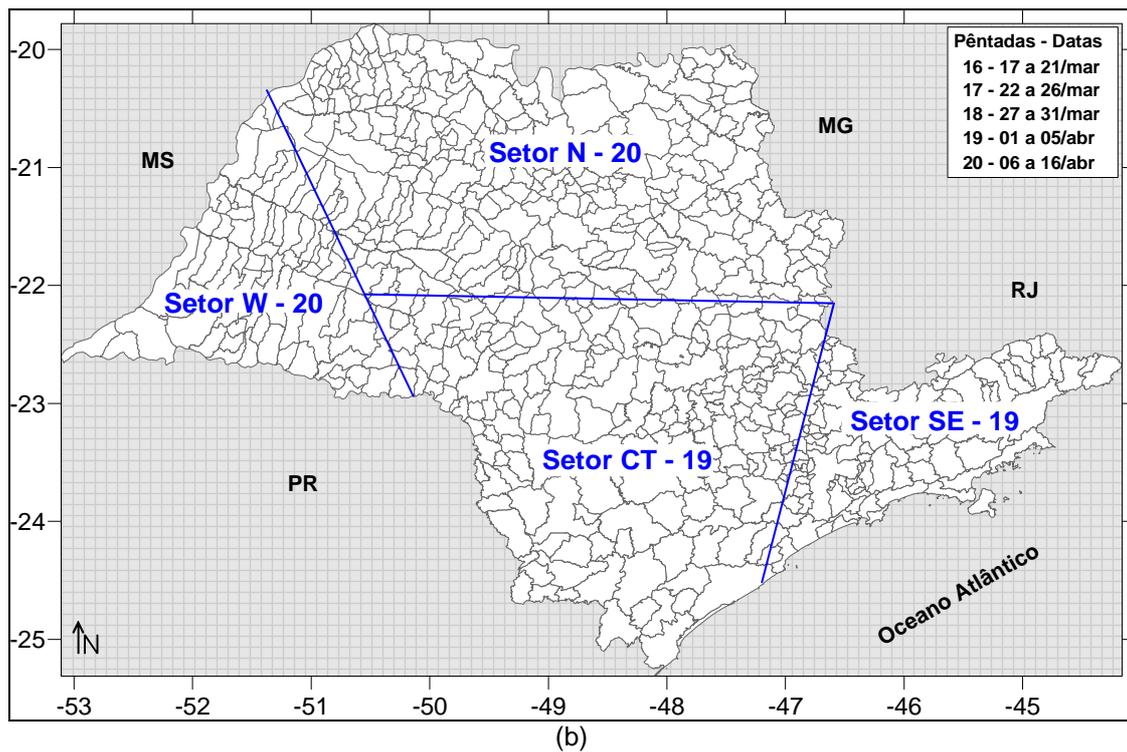
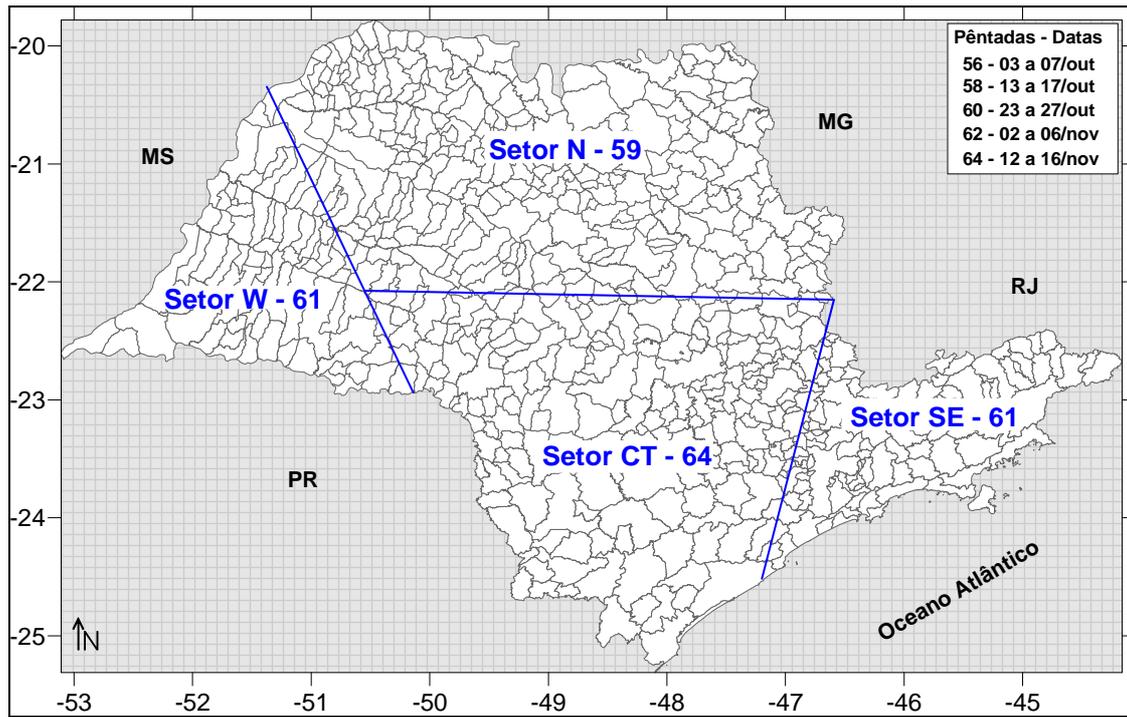
As datas do início da  $E_c$  no Estado de São Paulo obtidas nesse estudo foram atrasadas em comparação a outros estudos, como Alves et al. (2005) e Minuzzi et al. (2007). Isto é devido à diferença de critérios, variáveis meteorológicas e períodos utilizados. Alves et al. (2005) analisaram a variabilidade espacial do início da  $E_c$  usando limiares de precipitação de 3, 4 e 5 mm para todo o Estado de São Paulo, e notaram que quanto maior o valor do limiar havia tendência de ocorrer uma  $E_c$  com início mais tarde. Porém, no atual estudo não foi considerado um limiar fixo e sim foi determinado um limiar para cada estação meteorológica, devido à variabilidade espacial da precipitação no Estado de São Paulo. Já Minuzzi et al. (2007) encontraram, para o Estado, um início da  $E_c$  precoce entre meados de setembro até meados de outubro (entre as pênstadas 52 e 58), sendo mais cedo no setor leste e mais tarde no oeste do Estado.

Na  $E_c$  entre os meses de outubro a dezembro foi notado uma maior ocorrência de SF no litoral de São Paulo e de eventos de ZCAS, indicando a influência desses sistemas no aumento das precipitações e contribuindo para o início dessa estação. Nesse trimestre, o mês de outubro teve poucos eventos de ZCAS, os quais dobraram no mês de novembro. Já entre os meses de janeiro a março, a  $E_c$  teve um maior número de ZCAS, em média, e uma menor frequência de passagens de SF no litoral e no interior do Estado, simultâneo ao máximo de precipitação em São Paulo. A frequência de frentes em São Paulo não indica essencialmente menores índices pluviométricos, pois segundo Kousky (1979) a menor frequência de passagens de SF em Caravelas - BA pode indicar maior duração desse sistema em uma determinada localidade aumentando as precipitações. Na  $E_s$  foi encontrado um grande número de

passagens de SF sobre o litoral e o interior do Estado, que pode estar associado a passagens de SF mais rápidos causando muitas vezes baixos valores de precipitação. Também foi constatado nessa estação ausência de ocorrências de ZCAS na AS.



**Figura 5.9** – Análise espacial do início da  $E_c$  (a) e  $E_s$  (b) no Estado de São Paulo, por estação meteorológica. Fonte: INMET [entre 1989 e 2008].



**Figura 5.10** – Análise espacial do início da  $E_c$  (a) e  $E_s$  (b) nos quatro setores do Estado de São Paulo. Fonte: DAEE [entre 1989 e 2008].



## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES

Este estudo teve como objetivo principal determinar o início e fim das  $E_q$ ,  $E_f$ ,  $E_c$  e  $E_s$  no Estado de São Paulo, além de identificar os eventos de invernicos na  $E_q$  e veranicos na  $E_f$ . Outro importante objetivo deste estudo foi a análise da presença de SF no começo das  $E_{q-f}$  e  $E_f$  e, da ausência de SF no início das  $E_{f-q}$  e  $E_q$ , além do diagnóstico da frequência dos SF e ZCAS durante as  $E_c$  e  $E_s$ .

Inicialmente, de forma subjetiva, foram determinados os inícios climatológicos das  $E_q$ ,  $E_f$  e transições no Estado de São Paulo. Assim, obteve-se que a  $E_q$  começou mais cedo nos setores norte, oeste e central do Estado de São Paulo, em média na pântada 69, e 2 pântadas mais tarde no setor sudeste, em média na pântada 71. Pela análise das datas do início das estações, observou-se que os maiores desvios padrões ocorreram na  $E_q$ , por causa da maior variabilidade da temperatura média diária entre os meses de outubro e janeiro, fazendo com que o início da  $E_q$  ocorresse precoce (tardio) quando a temperatura média diária foi maior (menor) do que a média. O início da  $E_{q-f}$  começou mais cedo no sudeste de São Paulo na pântada 17 e, uma pântada mais tarde nos setores norte e oeste (pântada 18), abrangendo o restante do Estado na pântada 19. O início da  $E_f$  ocorreu mais cedo nos setores norte, oeste e central (pântada 27) e, logo em seguida, no setor sudeste (pântada 28). Por fim, o início da  $E_{f-q}$  ocorreu mais cedo nos setores norte e oeste de São Paulo na pântada 46, seguido do setor central na pântada 47 e no setor sudeste na pântada 48.

As frequências do início das  $E_q$ ,  $E_f$  e transições foram encontradas baseando-se no critério da temperatura no Estado de São Paulo. O início da  $E_q$ , em geral, ocorreu com maior frequência em dezembro (superior a 40% das  $E_q$ ). O começo da  $E_{q-f}$  foi verificado no mês de março em mais de 50% dos anos, acompanhado do mês de abril, com aproximadamente 40%, num total juntos de 90%. As  $E_f$  e  $E_{f-q}$  tiveram início praticamente em um só mês, com frequência em torno de 80% e 90% nos meses de maio e agosto, respectivamente.

A média do início da  $E_{q-f}$  ocorreu na pênstada 17 e da  $E_f$  na pênstada 27. Em todas essas estações ocorreram passagens de SF no litoral de São Paulo. Já no interior, a passagem de SF ocorreu em 60% dos casos da  $E_{q-f}$  e em 75% na  $E_f$ . O início das  $E_{f-q}$  e  $E_q$  ocorreu em média nas pênstadas 47 e 71, respectivamente, sendo estas marcadas por um período com ausência de passagens de SF, em média de 15 dias na  $E_{f-q}$  e de 13 dias na  $E_q$ . Foi constatada maior duração na transição da  $E_{f-q}$ , com aproximadamente de 120 dias, seguido das  $E_q$  e  $E_f$  com cerca de 100 dias e com menor duração na  $E_{q-f}$  com quase 50 dias.

Após a determinação das datas de início e fim das  $E_q$  e  $E_f$ , identificaram-se os eventos de invernicos e veranicos no Estado de São Paulo. Nas estações pluviométricas de Avaré, nos casos de invernicos, e de Taubaté e São Paulo, nos casos de veranicos, verificaram-se casos que chegaram a uma duração máxima de 15 dias. Os eventos de invernicos foram mais frequentes no mês de março, e os casos de veranicos no mês de julho.

Na segunda parte do estudo foram determinadas as  $E_c$  e  $E_s$  no Estado de São Paulo através do critério da precipitação. Foi encontrado que  $E_c$  ocorreu entre os meses de outubro a março e a  $E_s$  entre os meses de abril e setembro, utilizando os dados das estações do INMET. Porém, também foi verificado que em algumas estações meteorológicas, a  $E_c$  estendeu-se desde novembro a março e a  $E_s$  de abril a outubro, como nas estações de Catanduva, Votuporanga, São Paulo e Presidente Prudente. Usando dados do DAEE, a  $E_c$  durou de novembro a março, e a  $E_s$ , de abril a outubro nos setores central, norte e oeste. No setor sudeste do Estado a  $E_c$  ocorreu de outubro a março e a  $E_s$  de abril a setembro.

As datas do início da  $E_c$  e  $E_s$  foram determinadas para cada um dos anos do período em estudo através do critério da precipitação. O início da  $E_c$  ocorreu na média desses anos entre as pênstadas 62 e 69, com os dados do INMET. Já

com os dados do DAEE, o início médio da  $E_c$  ocorreu entre as pântadas 61, no setor central, e 64, nos setores norte e oeste do Estado de São Paulo. O início da  $E_s$  ocorreu entre as pântadas 17 e 21, com os dados do INMET e entre as pântadas 18 e 20 com os dados do DAEE, respectivamente. Por fim, a média das datas dessas estações ocorreu na pântada 66 (INMET) e 63 (DAEE), na  $E_c$ , e na pântada 19, para a  $E_s$ , para ambas as fontes dos dados.

As  $E_c$  e  $E_s$  também foram determinadas através da precipitação média climatológica pentadal, empregando o mesmo critério. O início da  $E_c$  ocorreu entre as pântadas 56 e 65, e em média de todas as estações do INMET na pântada 62. O começo da  $E_s$  ocorreu entre as pântadas 17 e 20, e na pântada 19, em média. Na determinação do início das  $E_c$  e  $E_s$  para cada ano e através da média das pântadas climatológicas, observou-se uma diferença de quatro pântadas, devido a suavização na média dos dados. Outra importante característica a ser destacada foi que nos meses de outubro, na maioria das estações meteorológicas do INMET, a precipitação mensal esteve acima da média anual do período em estudo. Mas, aproximadamente em um terço destas estações pluviométricas, a  $E_c$  iniciou-se em novembro, indicando que o início da  $E_c$  ocorreu entre o final de outubro e início de novembro. Em seguida, o início da  $E_c$  foi ratificado quando determinou-se o início da  $E_c$  no início do mês de novembro (pântada 62) através da média climatológica de precipitação.

Nos primeiros três meses da  $E_c$ , de outubro a dezembro, foi verificada uma maior ocorrência de SF no litoral de São Paulo e de eventos de ZCAS. No trimestre entre os meses de janeiro a março a  $E_c$  teve um maior número de ZCAS, em média, e uma redução da frequência de passagens de SF no litoral e no interior do Estado, coincidindo com o máximo de precipitação no Estado de São Paulo. A redução do número de passagens frontais no Estado não indica fundamentalmente que diminuem as chuvas, pois segundo Kousky (1979) a menor frequência de SF pode indicar maior permanência desse sistema em uma determinada região, aumentando os índices pluviométricos.

Na  $E_s$  foi verificada uma maior frequência de passagens de SF no litoral e no interior do Estado de São Paulo, o que pode estar associado à passagens frontais mais rápidos, acarretando muitas vezes baixos índices pluviométricos. Também foi observada na  $E_s$  uma ausência de ocorrências de ZCAS.

Observando as séries médias anuais climatológicas das variáveis de temperatura e precipitação foram encontradas algumas relações entre elas. O início da  $E_{q-f}$  ocorreu, em média, entre o fim do mês de março e o início do mês de abril, quando também foi constatado o início médio da  $E_s$  no Estado de São Paulo, caracterizando a queda na temperatura média diária e, logo após, a redução das precipitações. Vale salientar, também, que durante este período de transição, ocorreram passagens de SF causando uma maior redução na temperatura média diária e sua manutenção por alguns dias. Outra relação encontrada nas variáveis de temperatura e precipitação ocorreu durante a  $E_{f-q}$ . Em meados do mês de outubro foi verificado um pico na  $T_m$ , observado em algumas estações meteorológicas, antecedendo o início da  $E_c$ , que ocorreu entre o final de outubro e início de novembro no Estado de São Paulo. Entre os meses de setembro e outubro (maior média anual de SF no litoral de São Paulo) ocorreu um aumento de passagem de SF no litoral e uma diminuição no interior, sugerindo uma maior ocorrência de SF passando pelo setor sudeste e litoral do Estado de São Paulo em direção ao Oceano Atlântico, causando menos precipitação e aumento da temperatura média diária. Após esse período a passagem de SF, em geral, criaram-se condições atmosféricas para formar eventos de ZCAS atuando como gatilho para o início da  $E_c$  no Estado de São Paulo.

#### **6. 1. Para trabalhos futuros sugere-se:**

- A realização de um estudo similar, ampliando para um período maior e expandindo a área de estudo para o SEB ou ainda para outras regiões do Brasil;

- Realizar climatologias dos sistemas meteorológicos transientes atuantes no Brasil, associando suas atuações às  $E_q$  e  $E_f$  e/ou  $E_c$  e  $E_s$ ;
- Estudar as influências remotas no início das  $E_c$  e  $E_s$  e/ou  $E_q$  e  $E_f$  no Estado de São Paulo e em outros Estados ou regiões do Brasil;
- Estudar as influências das ZCAS na quantidade de precipitação nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil;
- Estudar as interferências dos SF no aumento dos índices pluviométricos no Estado de São Paulo. Pois, algumas vezes, em um mês com muitas passagens de SF sobre um determinado Estado pode representar um aumento ou diminuição das chuvas;
- Estudar o padrão atmosférico que impede o avanço de SF no SEB na ocorrência de veranicos. E, também, o padrão sinótico durante os eventos de invernicos.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASNANI, G. C. **Tropical meteorology**. India Met. Dept. Insat 2A., 1993. p. 104 – 106.

ALVES, L. M; MARENGO, J. A; CAMARGO, J. H; CASTRO, C. Início da estação chuvosa na Região Sudeste do Brasil: Parte 1 - estudos observacionais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, p. 385-394, 2005.

ANDRADE, K. M. **Climatologia e comportamento dos sistemas frontais sobre a América do Sul**. 2005. 185 p. (INPE-14056-TDI/1067). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2005. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2005/06.15.17.12>>. Acesso em: 13 jul. 2011.

BASTOS, C; FERREIRA, N. Análise Climatológica da Alta Subtropical do Atlântico Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBMet, 2000. p. 612-619.

CARVALHO, L. M. V; JONES, C; LIEBMANN, B. extreme precipitation events in southern south america and large-scale convective patterns in South Atlantic Convergence Zone. **Journal of Climate**, Estados Unidos, v. 15, p. 2377-2394, 2002.

CEPAGRI/UNICAMP. **Clima dos municípios paulistas**. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>. Acesso em: 20 Mai. 2010.

CLIMANÁLISE: Boletim de Monitoramento e Análise Climática. Edição Especial. São José dos Campos, 1996.

CLIMANÁLISE, B. Janeiro a dezembro, 2011. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>. Edições de 1989 a 2008.

COUTINHO, S. V. A Precipitação e sua Influência na movimentação de massa: estudo de um caso. **Revista Saúde e Ambiente/Health and Environment Journal**, v.3, n.2, 2002.

DAEE. Departamento de água e Energia Elétrica. Janeiro a dezembro, 2011. Disponível em: <http://www.dae.sp.gov.br/>. Edições de 1989 a 2008.

ESCOBAR, G. C. J. Jatos de altos níveis. In: Cavalcanti, I. F. A; Ferreira, N. J; da Silva, M. G. A. J; Silva Dias, M. A. F. **Tempo e clima no Brasil**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, v. 1, p. 128-134, 2009.

FEDOROVA, N. **Meteorologia sinótica**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas. Editora Universitária, v.1, p. 259, 1999.

FORTUNE, M.A; KOUSKY, V.E. Two severe freezes in Brazil: precursors and synoptic evolution, **Monthly Weather Review**, v.109, p. 599-610, 1983.

GAN, M. A; KOUSKY, V. E; MOSCATI, C. South American Monsoon Indices. **Atmos. Sci. Lett.**, v.6, p. 219–223, 2006.

GAN, M. A; KOUSKY, V. E; ROUPELEWSKI, C. F. The South America monsoon rainfall over west-central Brazil. **Journal of Climate**, USA, v. 17, n. 1, p. 47-66, 2004.

GAN, M. A; RAO, V. B. Surface cyclogenesis over South America. **Monthly Weather Review**, v. 119, n. 5, p. 1293-1302, 1991.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=sp>. Janeiro a dezembro, 2010.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Janeiro a dezembro, 2011. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/>. Edições de 1989 a 2008.

ITO, E. R. K; AMBRIZZI, T. Climatologia da posição da alta subtropical do Atlântico Sul para os meses de inverno. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO E IBÉRICO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2000. p. 860-865.

KALNAY, E; KANAMITSU, M; KISTLER, R, COLLINS, W; DEAVEN, D; GANDIN, L; IREDELL, M; SAHA, S; WHITE, G; WOLLEN, J; ZHU, Y; LETMAN, A; REYNOLDS, R; CHELLIAH, M; EBISUZAKI, W; HIGGINS, W; JANOWIAK, J; MOO, K.C; ROPELEWSKI, C; WANG, J; JENNE, R; JOSEPF, D. The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.2, p.23-27, 1996.

KAYANO, M. T; KOUSKY, V. E. Intraseasonal (30-60 day) variability in the tropics: principal modes and their evolution. **Telles**, v. 51A, p. 373-386, 1999.

KODAMA, Y. Large-scale common features of subtropical zones (The Baiu Frontal Zone, SPCZ, and the SACZ). Part I: characteristics of subtropical frontal zones. **J. Meteor. Soc. Japan**, v. 71, p. 813-836, 1992.

KOUSKY, V. E; GAN. M.A. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. **Telles**, v. 33, n. 6, p. 538-551, 1981.

KOUSKY, V. E; CAVALCANTI, I. F. A. Precipitation and atmospheric circulation anomaly patterns in the south american sector. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 3, p. 199-206, 1988.

KOUSKY V. E. Frontal influences on northeast Brasil. **Monthly Weather Review**, v. 107: p. 1140-1153, 1979.

KOUSKY, V. E; KAYANO, M.T. A Climatological Study of the Tropospheric Circulation over the Amazon region. **Acta Amazon**. v.11, p.743-758, 1981.

KOUSKY, V. E. Pentad outgoing longwave radiation climatology for the south american sector. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 3, p. 217–231, 1988.

LAMB, H. Types and spells of weather around the year in the british isles. annual trends, seasonal structure of the year, singularities. **Quart. J. Roy. Meteor. Soc.**,v.76, p.393-438, 1950.

LAMB, H. British Isles weather types and a register of the daily sequencies of circulation patterns 1861-1971. **Geoph. Memoirs** No. 116. London, 1972.

LIEBMANN, B; KILADIS, G. N; MARENGO, J. A.; AMBRIZZI, T; GLICK, J. D. Submonthly convective variability over South America and the South Atlantic Convergence Zone. **J. Climate**, v. 12, p. 1877–1891, 1999.

LIEBMANN, B; MARENGO, J. The seasonality and interannual variability of rainfall in the Brazilian Amazon basin. **Journal of Climate**, v.14, p.4308-4318, 2001.

LIEBMANN, B; KILADIS, G. N; VERA, C. S; SAULO, A. C; CARVALHO, L. M. V. Subseasonal variations of rainfall in South America in the vicinity of the low-level jet east of the Andes and comparison to those in the South Atlantic Convergence Zone. **Journal of Climate**. v. 17. p. 3829-3842, 2004.

LINDSEY, C.G. **Analysis of coastal wind energy regimes**. Dept. of Environmental Science, University of Virginia. M. S. thesis, 1980.

LI, W; FU, R. Influence of cold air intrusions on the wet season onset over Amazonia. **American Meteorological Society- AMS**. v. 19. p. 257-275, 2006.

MAHERAS, P. Climatologie de la mer Egée et de ses marges continentales. **Thèse d'État**, Univ. de Dijon, 1979.

MADDEN, R. A; JULIAN, P.R. Detection of a 40 – 50 Day Oscillation in the Zonal Wind in the Tropical Pacific. **J. Atmos. Sci.**, v. 28, p.702-708, 1971.

MAHERAS, P; BALAFOUTIS, CH. Geographical distribution of the aridity index in Greece. **Quaestiones Geographicae**, v. 32, p.202-210, 1986.

MAHERAS, P. Delimitation of the summer-dry period in Greece according to the frequency of weather-types. **Theoretical and Applied Climatology**. v. 39, n. 3, p.171-176, 1989.

MARENGO, J.; LIEBMANN, B.; KOUSKY, V.; FILIZOLA, N.; WAINER, I. On the onset and end of the rainy season in the Brazilian Amazon basin. **Journal of Climate**, v.14, p.833- 852, 2001.

MARENGO, J; SOARES, W. R; SAULO C; NICOLINI, M. Climatology of the low-level jet east of the Andes as derived from the NCEP–NCAR reanalyses: characteristics and temporal variability. **J. Climate**, v.17, p. 2261–2280, 2004.

MARTINELLI, M. **Clima do Estado de São Paulo**. São Paulo, 2010. Confins N. 8.

MATTOS, L. F. Modelo conceitual de frontogênese na América do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12., 2002, Foz do Iguaçu – PR. **Anais...** Rio de Janeiro: SBMet, 2002.

MINUZZI, R. B; SEDIYAMA, G.C; BARBOSA, E. M; MELO JÚNIOR, J.C.F. Climatologia do comportamento do período chuvoso da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, p. 338-346, 2007.

MOLION, L. C. B. Climatologia dinâmica da região Amazônica: mecanismos de precipitação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 2, p. 107-117, 1987.

NIETO FERREIRA, R; T. M. RICKENBACH; D.L. HERDIES; L.M.V. CARVALHO. Variability of South American convective cloud systems and tropospheric circulation during january-march 1998 and 1999. **Mon. Wea. Rev.** 2002. Accepted for publication.

NOGUE´S-PAEGLE, J; MO, K. C. Alternating wet and dry conditions over South America during summer. **Mon. Wea. Rev.**, v. 125, p. 279–291, 1997.

OLIVEIRA, A. S. **Interacoes entre sistemas frontais na America do Sul e a conveccao na Amazonia**. 1986. 134 p. (INPE-4008-TDL/239). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1986. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2005/08.22.13.12>>. Acesso em: 13 jul. 2011.

PAEGLE, J. N; L. A. BYERLE; K. C. MO. Intraseasonal modulation of South American summer precipitation. **Mon. Wea. Rev.**, v.128, p.837–850, 2000.

PAIVA, C. M. **Determinação das datas de início e fim da estação chuvosa e da ocorrência de veranicos na Bacia do Rio Doce**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, 1997.

PEZZA, A. **Ondas de ar frio na América do Sul e as trajetórias dos ciclones e anticiclones extratropicais: climatologia sinótica**. Tese (Doutorado em Meteorologia) – IAG/USP, São Paulo, 2003.

PRADO, L. F; PEREIRA FILHO, A. J; HALLAK, R. Climatologia da Precipitação no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 14., 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2006.

PIELKE, R. A. The role of mesoscale numerical models in very-short-range forecasting. In: BROWNING, K. (ed.). **Nowcasting**. New York: Academic Press, 1982. p. 207-221

PIELKE, R. A; GARSTANG, M; LINDSEY, C. GUSDORF, J. Use of a synoptic classification scheme to define seasons. **Theoretical and Applied Climatology**, v.38, n.2, p. 57-68, 1987.

QUADRO, M. F. L. **Estudo de episódios de zonas de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. 1994. 123 p. (INPE-6341-TDI/593). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1993. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2005/08.26.14.10>>. Acesso em: 13 jul. 2011.

RAIA, A; CAVALCANTI, I. F. A. The life cycle of the South American monsoon system. **Journal of Climate**. 21:23, p. 6227-6246, 2008.

RAMAGE, C. S. **Monsoon meteorology**. New York: Academic Press, 1971. p. 296,

REBOITA, M. S. **Ciclones extratropicais sobre o Atlântico Sul: simulação climática e experimentos de sensibilidade**. Tese (Doutorado em Meteorologia) - USP. São Paulo, 2008.

ROCHA, A. M. G. C.; GANDU, A. W. A Zona de Convergência do Atlântico Sul. **Climanálise**, São José dos Campos (SP), v. Esp., p. 140-142, 1996.

SANSIGOLO, A. S. Variabilidade interanual da estação chuvosa em São Paulo. **Climanálise**, v. 4, n.9, p.40-43, 1989.

SANTO, C. M. E; SATYAMURTY, P. Eventos extremos de precipitação na Região Sudeste do Brasil e redondezas no período de 1997-2001. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12., 2002, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Rio de Janeiro: SBMet, 2002.

SAULO, A. C; NICOLINI, M. The atmospheric conditions preceding the occurrence of a strong low level jets east of the Andes During January 1998. Preprints, Sixth Int. Conf. on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, Santiago, Chile, **Amer. Meteor. Soc.** p. 336–337, 2000.

SILVA DIAS, M.A.F. Sistemas de mesoescala e previsao de tempo a curto prazo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 2, n. 1, p. 133-150, 1987.

SOARES, J. R; SILVA DIAS, M. A. F. Probabilidade de ocorrência de alguns eventos meteorológicos extremos na cidade de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, V. 1, p. 67-75, 1986.

STEWART, J. I. Effective rainfall analysis to guide farm and predict yields. In: ANNUAL GENERAL MEETING OF THE SOIL SCIENCE SOCIETY OF EAST AFRICA, 1980, Arusha. **Proceedings...** Arusha, p.247, 1990.

STRETEN, N. A. Some characteristics of satellite observed bands of persistent cloudiness over the southern hemisphere. **Monthly Weather Review**, v. 101, p. 486-495, 1973.

VAREJÃO-SILVA, M.A; CEBALLOS, J.C. **Meteorologia geral I**. Campina Grande: Editora universitária. p. 74, 1982

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia geral I**. Campina Grande: Editora universitária, 2005.

VASCONCELLOS, F. C. **Variabilidade atmosférica associada a casos extremos de precipitação na Região Sudeste do Brasil**. 2008. 110 p. (INPE-15226-TDI/1318). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2008. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2008/01.15.16.05>>. Acesso em: 13 jul. 2011.

VIANELLO L. R.; ALVES A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa (MG): Editora UFV, p. 1-449, 1991.

ZHOU, J; LAU, K. M. Does a monsoon climate exist over South America? **J. Climate**, v.11, p.1020–1040, 1998.

YASUNARI, T. Stationary waves in the southern hemisphere mid-latitude zone revealed from average brightness charts. **J. Meteor. Soc.** Japan, v. 55, p. 274-285, 1977.

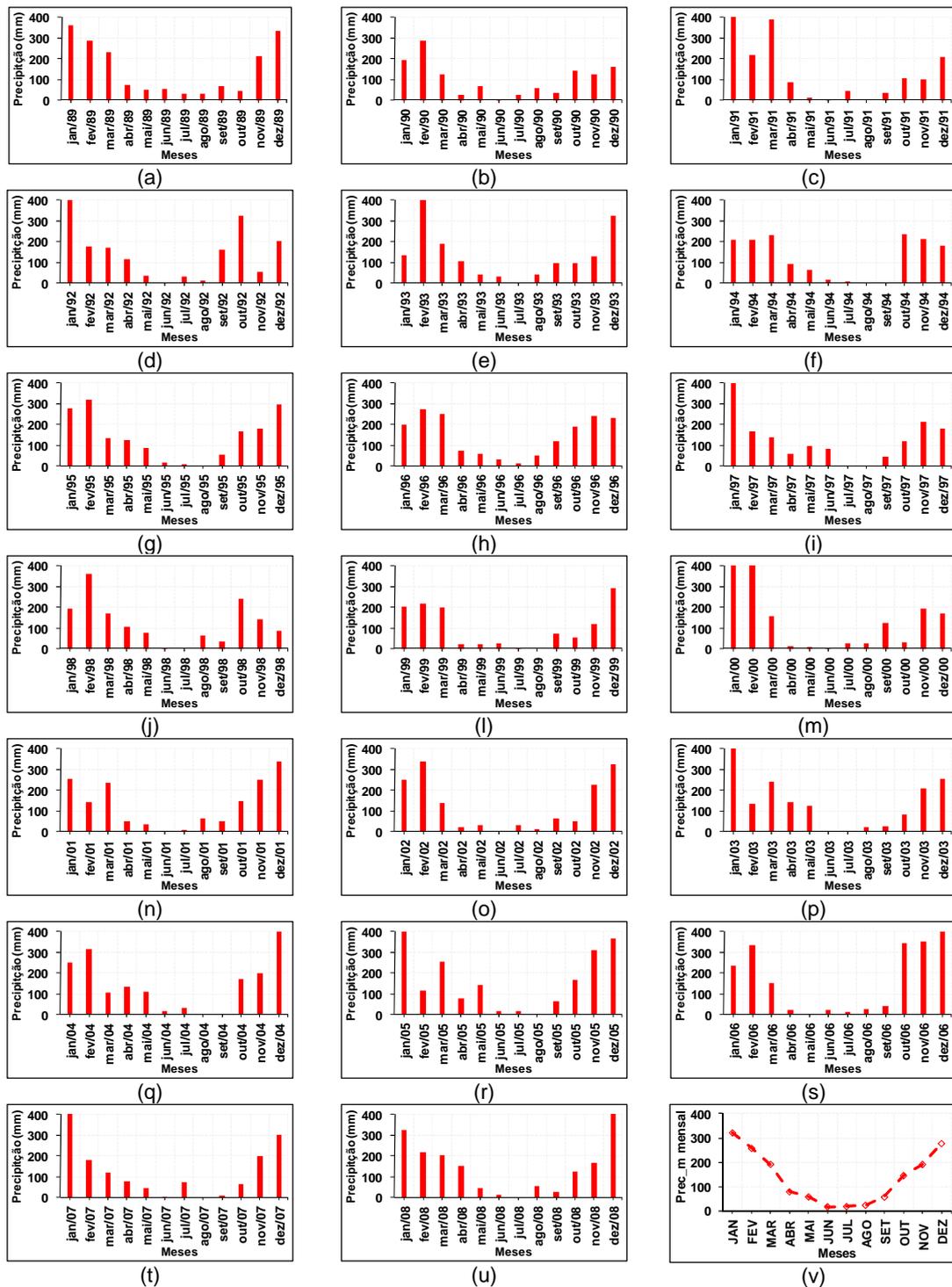
## APÊNDICE A

Nas Figuras de A1 a A12 são mostradas o acumulado mensal de cada ano e a precipitação média climatológica entre os anos de 1989 a 2008. As estações meteorológicas apresentados são as 12 estações pluviométricas adquiridas pelos dados do INMET.

As estações meteorológicas do Estado de São Paulo são as seguintes descritas por cada setor do Estado: no setor norte: Franca, São Carlos, São Simão, Catanduva e Votuporanga; no setor sudeste: São Paulo, Campos do Jordão, Guarulhos e Taubaté; no setor central: Avaré e Sorocaba e no setor oeste: Presidente Prudente.

Em algumas estações meteorológicas do Estado de São Paulo constatou-se a falta de dados de precipitação, como na estação de São Simão nos anos de 1990, 1991, 1992 e 1994, na estação de Taubaté nos anos entre 1999 e 1992, na Estação de Sorocaba entre 1991 e 1997, além de 2000 a 2001, na estação de São Paulo no ano de 2005.

Os resultados mostraram que em alguns anos e os índices pluviométricos atingem próximo de 400 mm nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março.



**Figura A1 -** Precipitação anual (de a até u) de 1989 a 2008 e média mensal (v), para a estação de Franca.

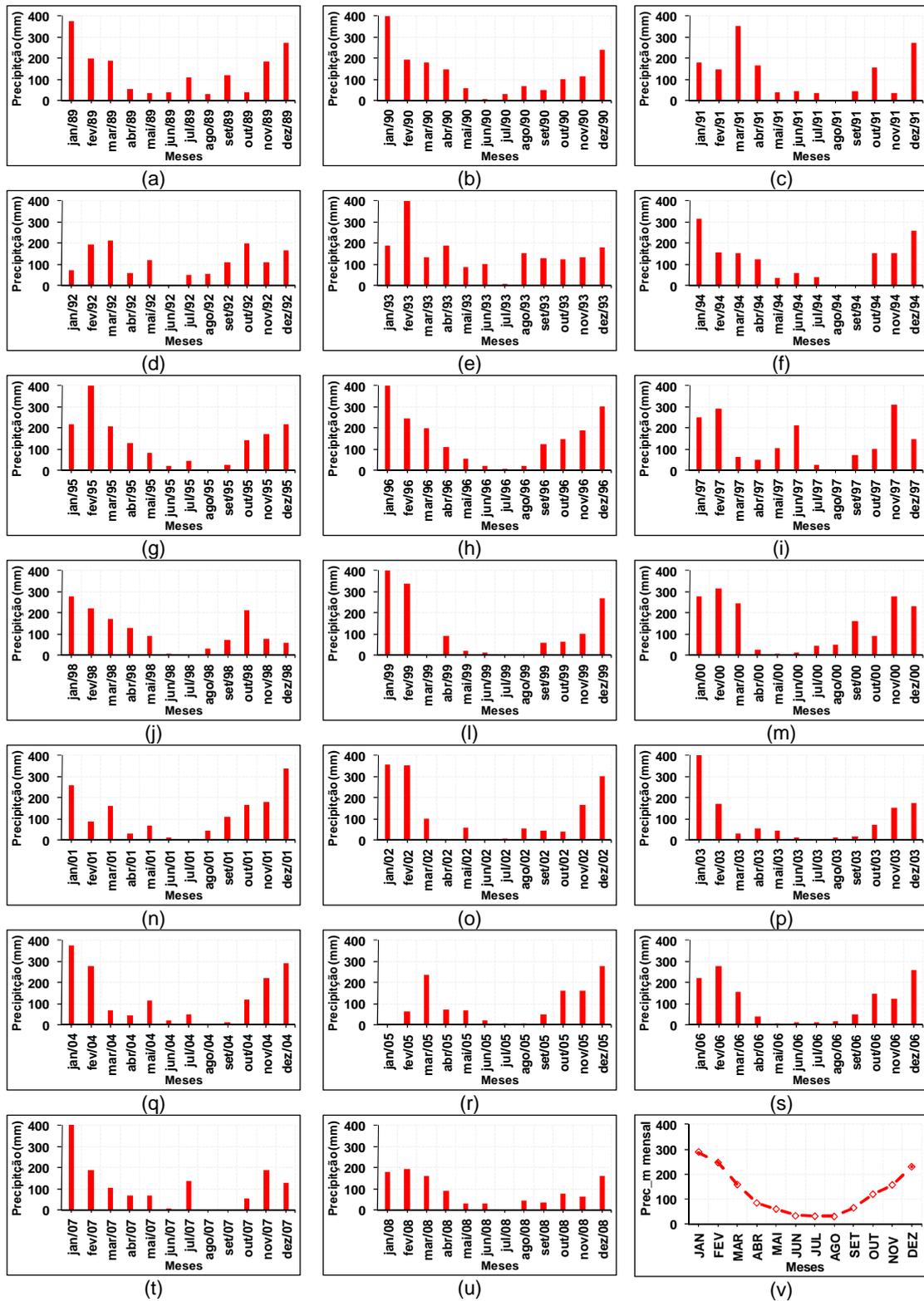


Figura A2 – Mesmo que na Figura A1, exceto para estação de São Carlos.

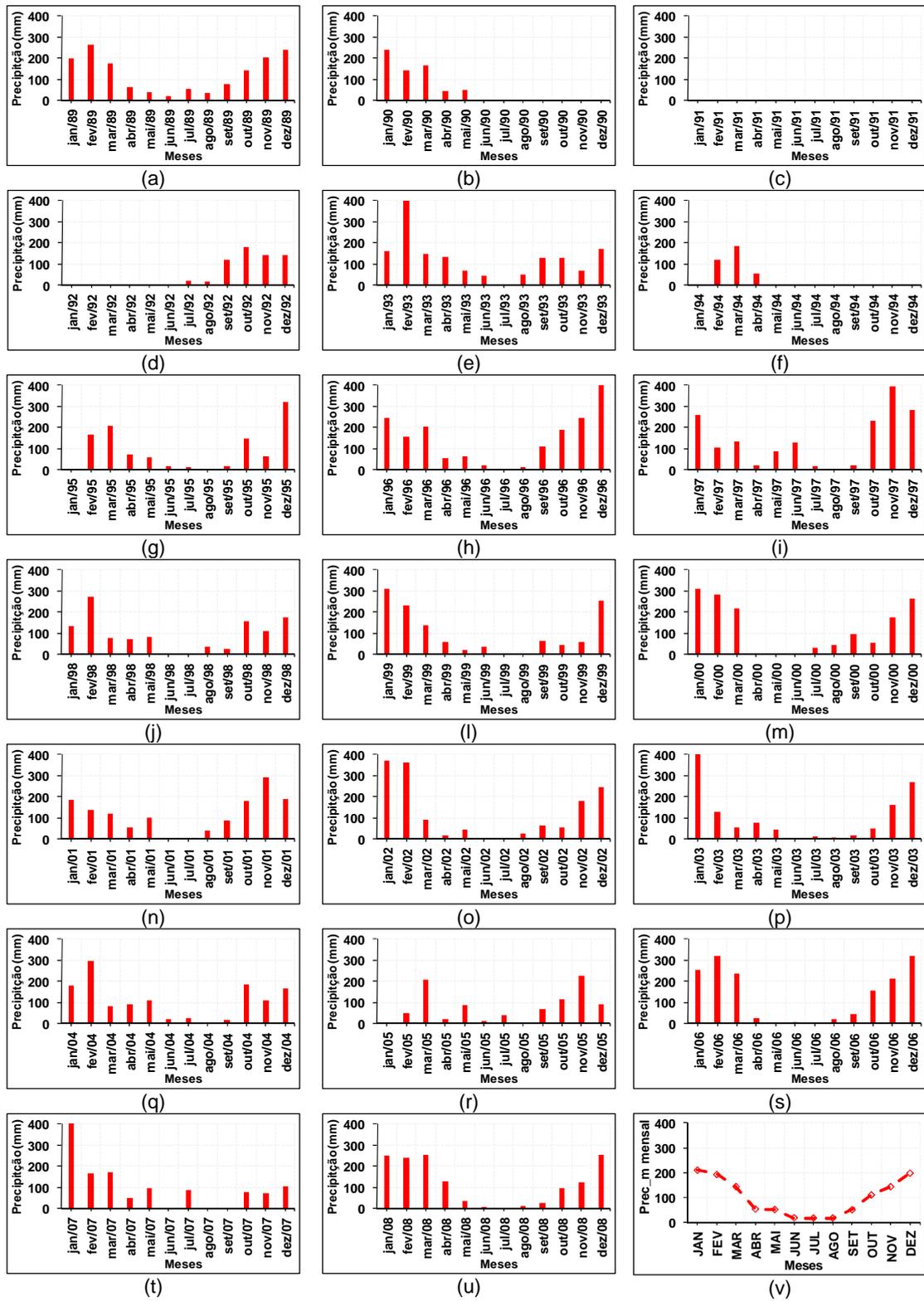


Figura A3 – Mesmo que na Figura A1, exceto para estação de São Simão.

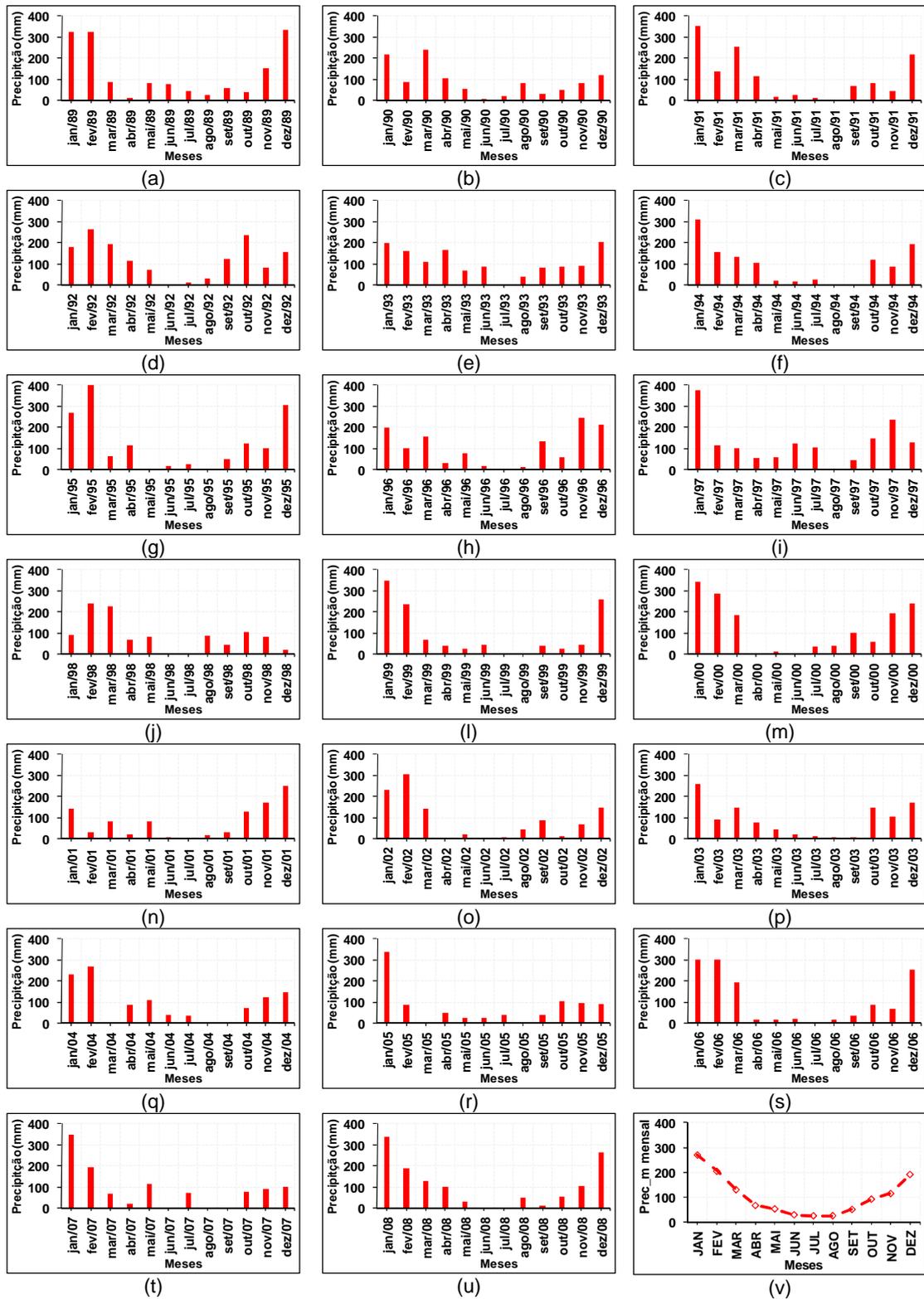


Figura A4 – Mesmo que na Figura A1, exceto para estação de São Carlos.

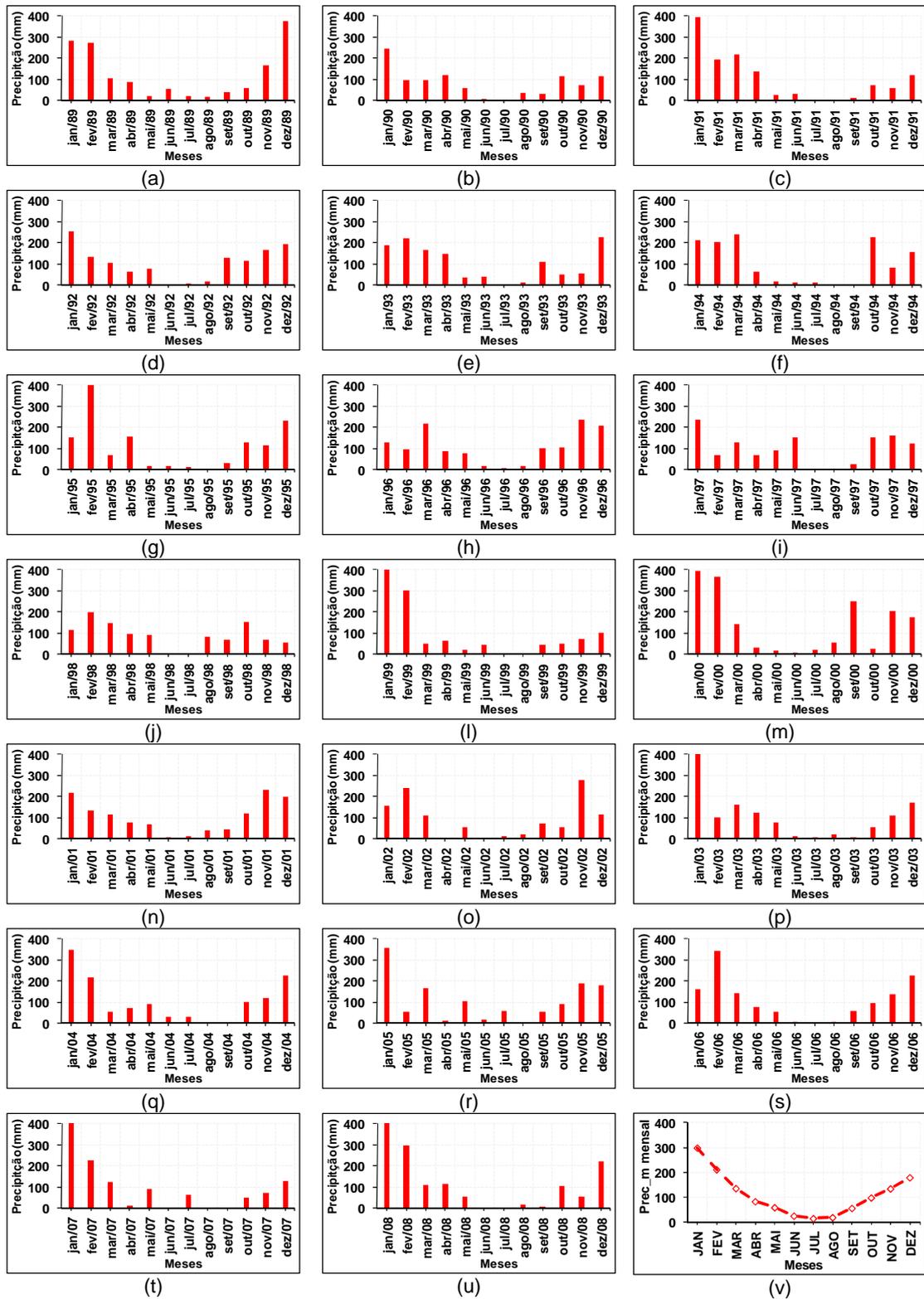


Figura A5 – Mesmo que na Figura A1, exceto para estação de Votuporanga.

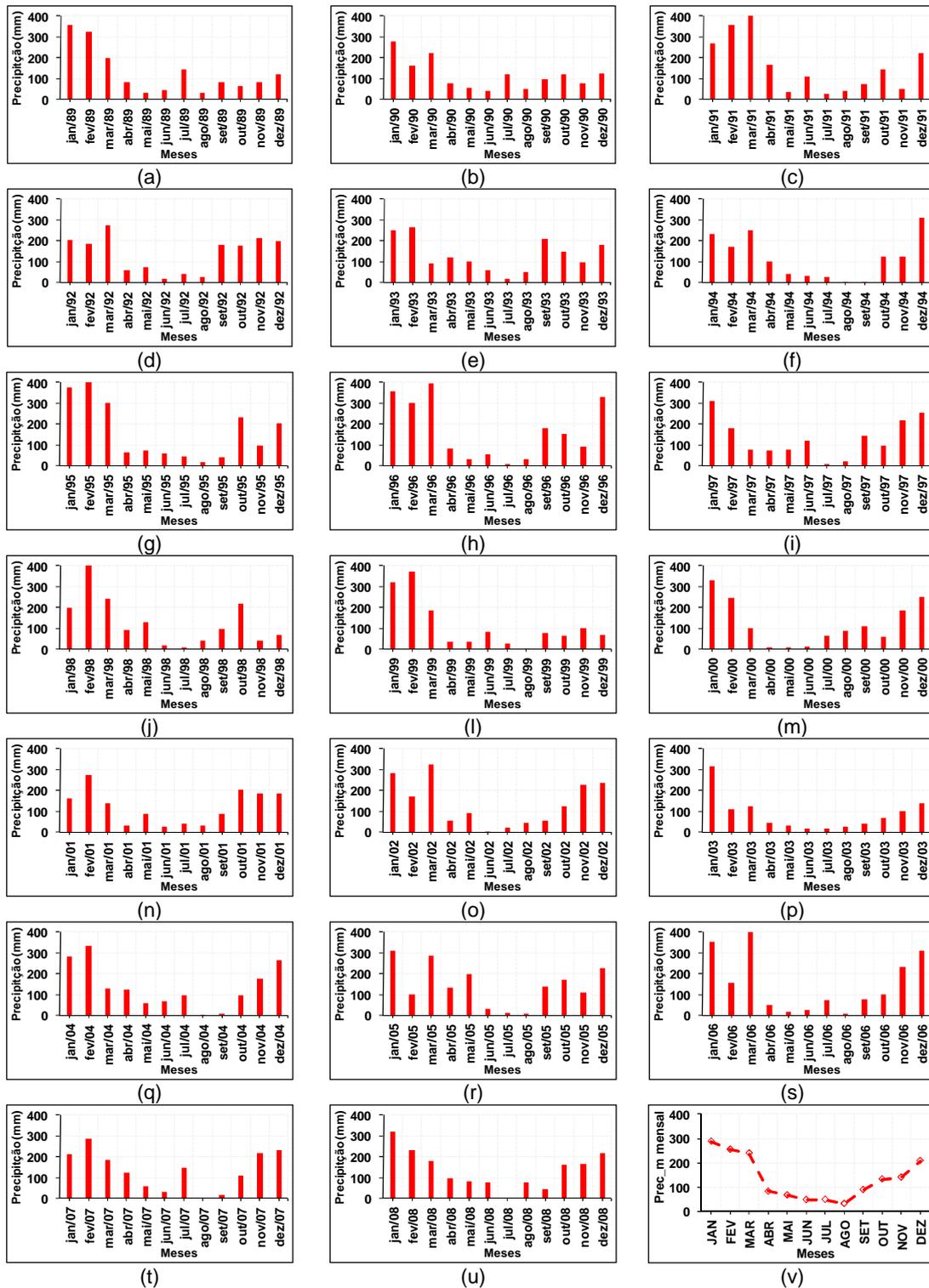


Figura A6 – Mesmo que na Figura A1, exceto para estação de São Paulo.

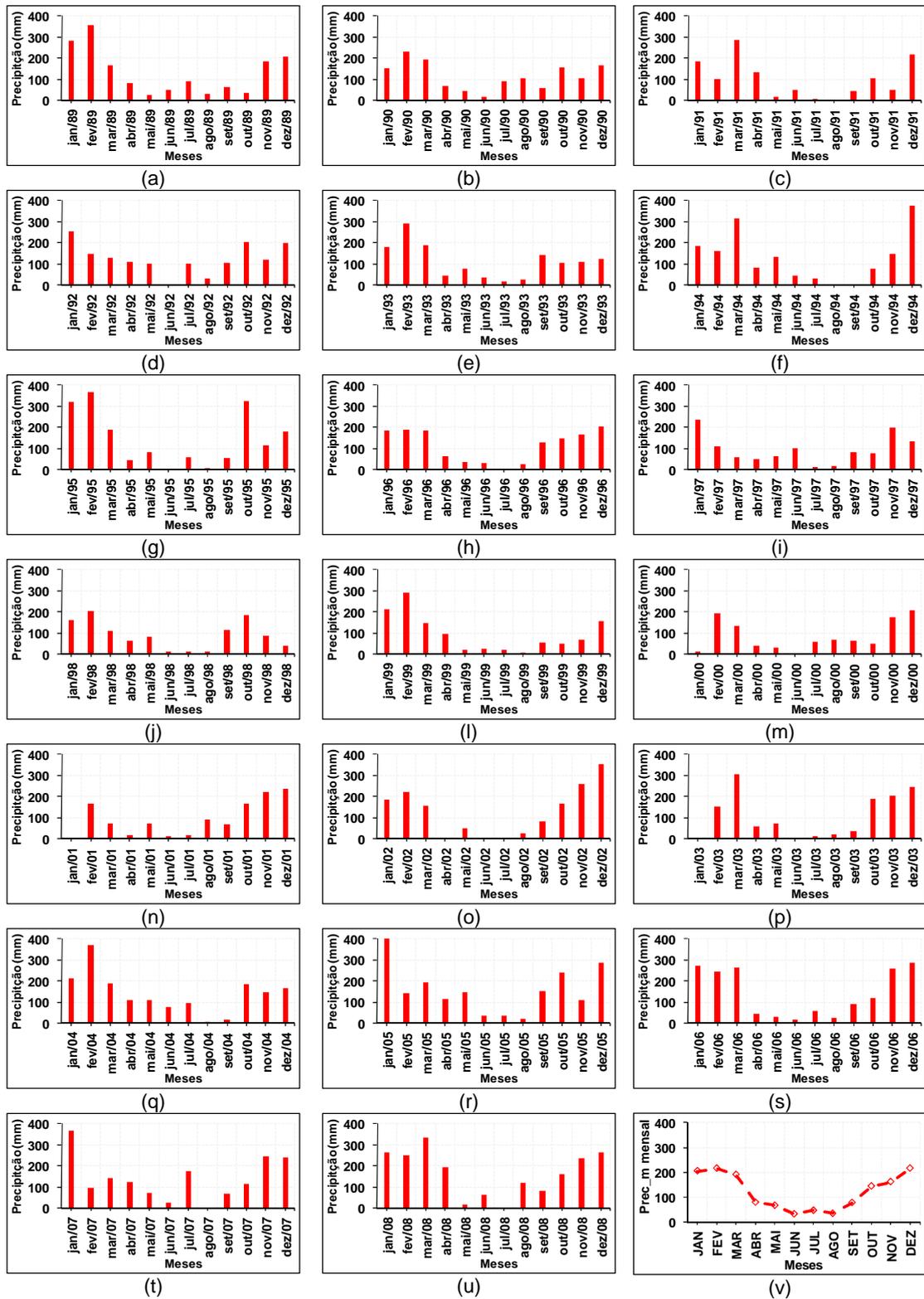


Figura A7 – Mesmo que na Figura A1, exceto para estação de Campos do Jordão.

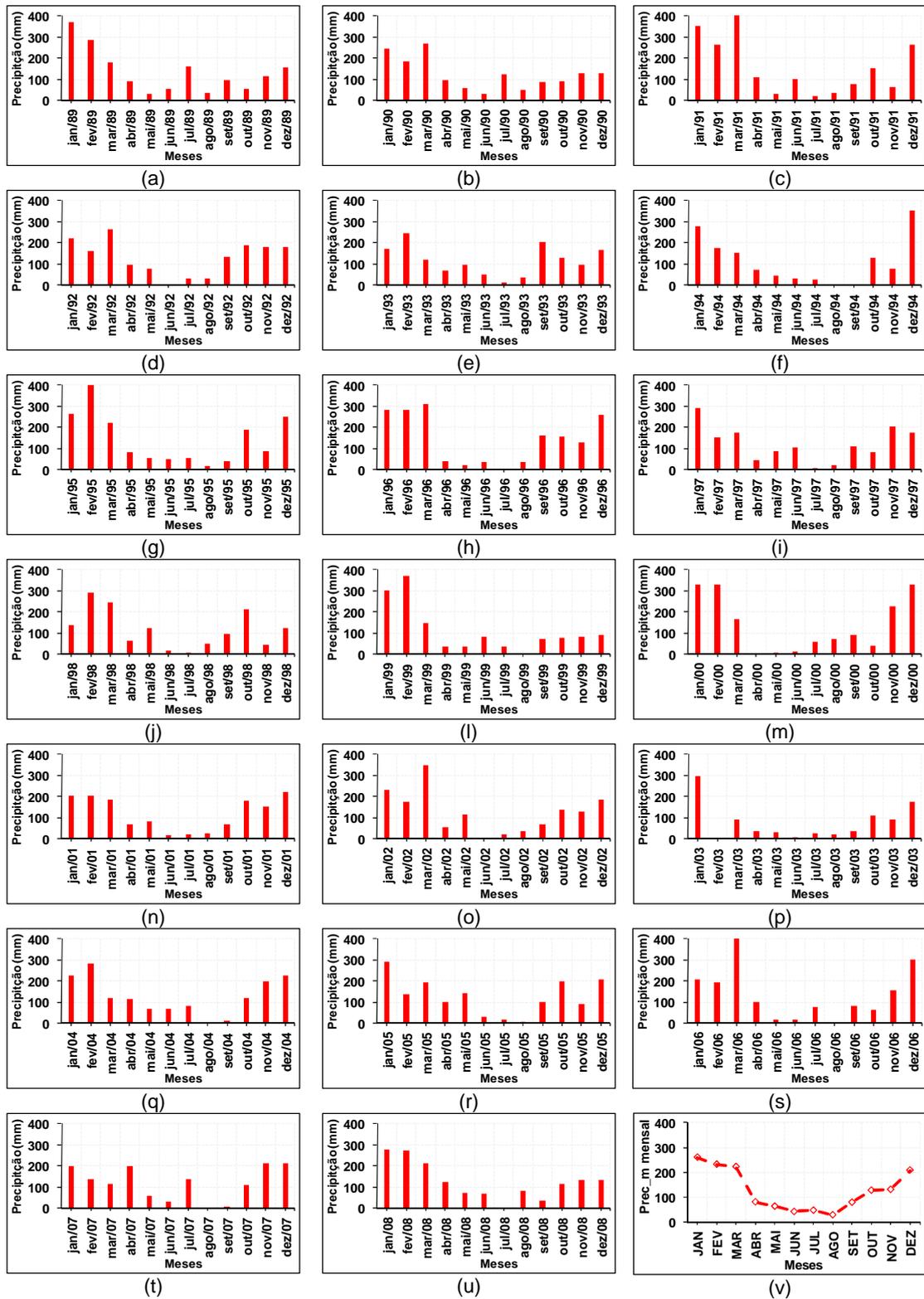


Figura A8 – Mesmo que na Figura A1, exceto para estação de Guarulhos.

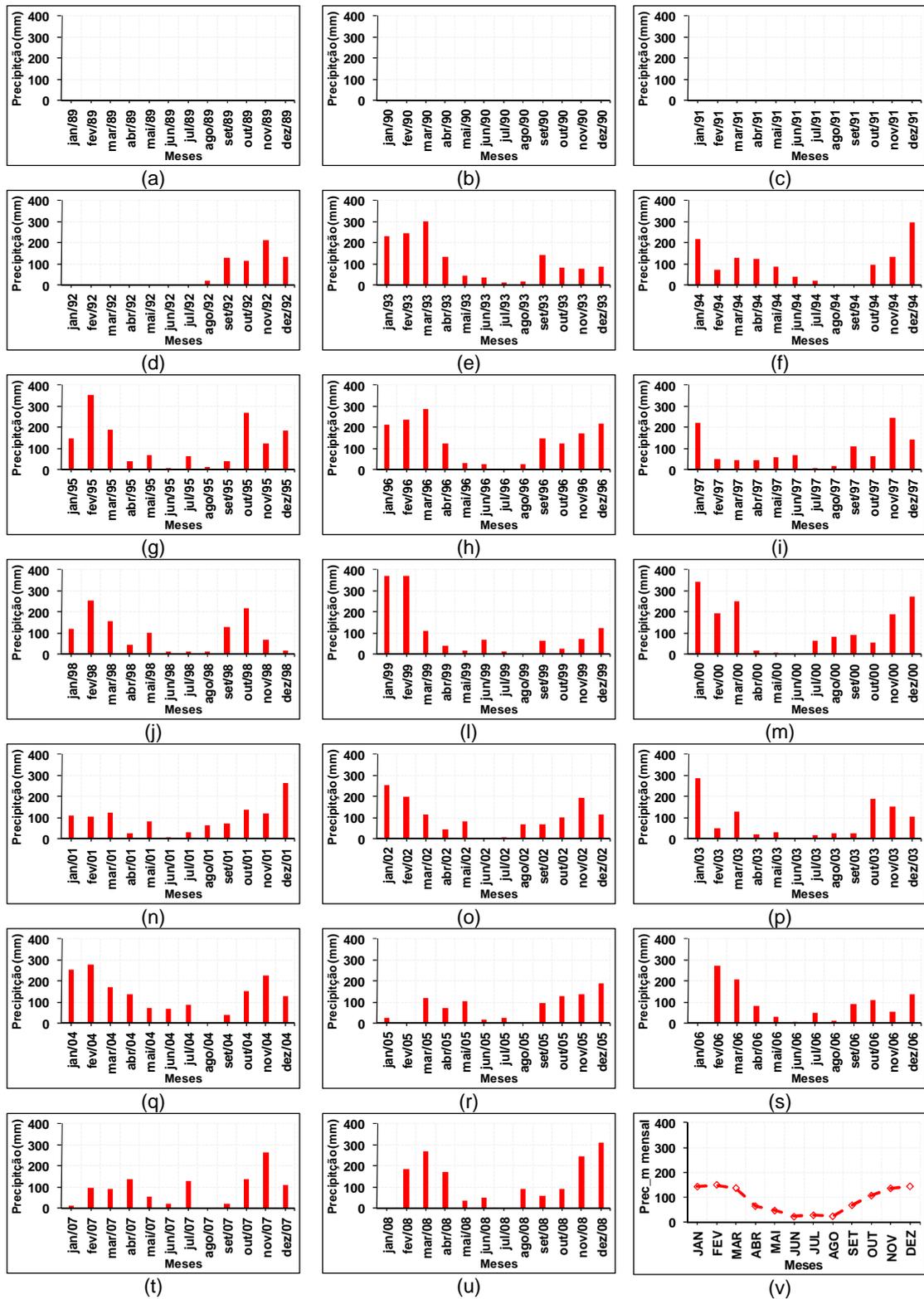


Figura A9 – Mesmo que na Figura A1, exceto para estação de Taubaté.

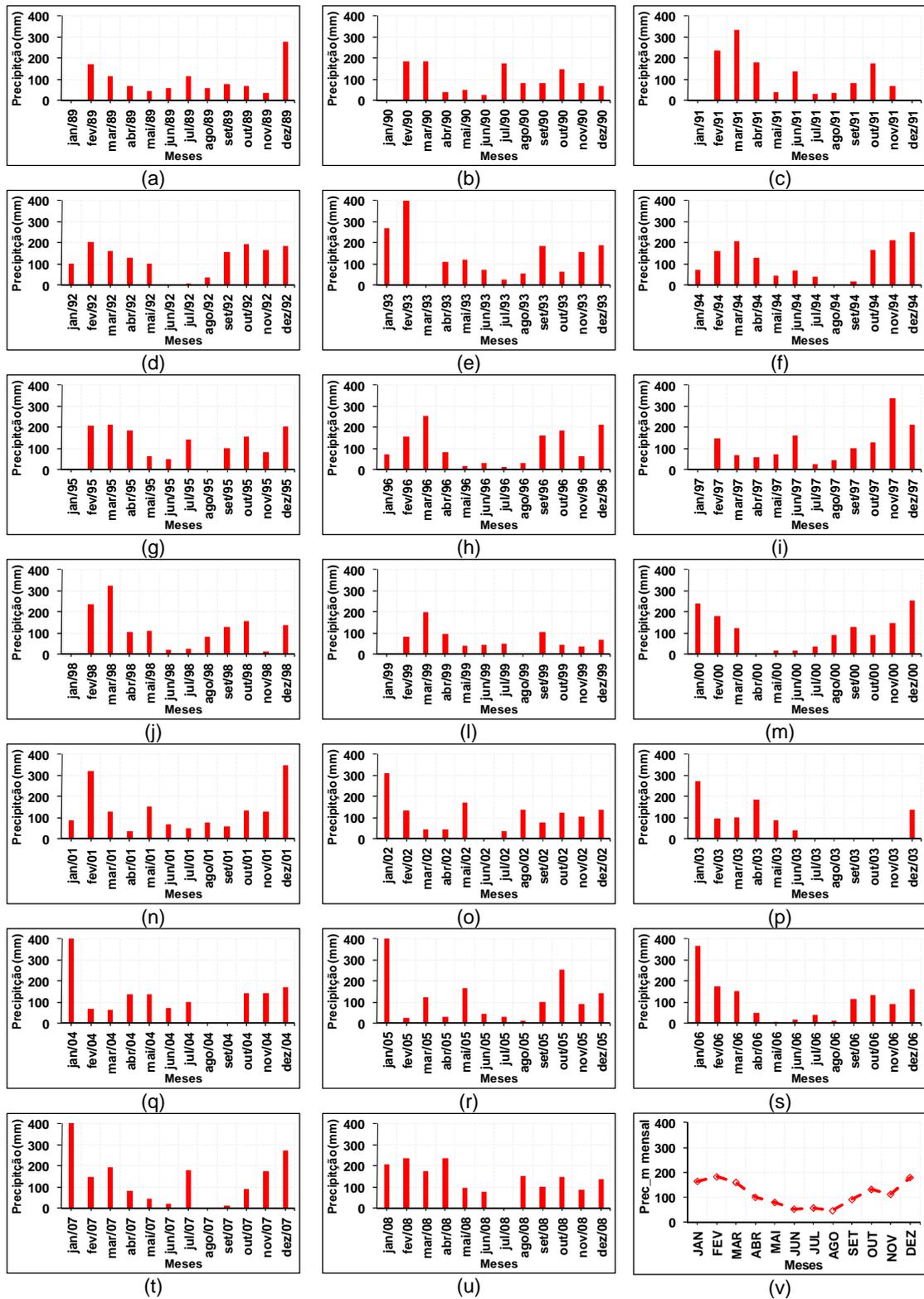


Figura A10 – Mesmo que na Figura A1, exceto para estação de Avaré.

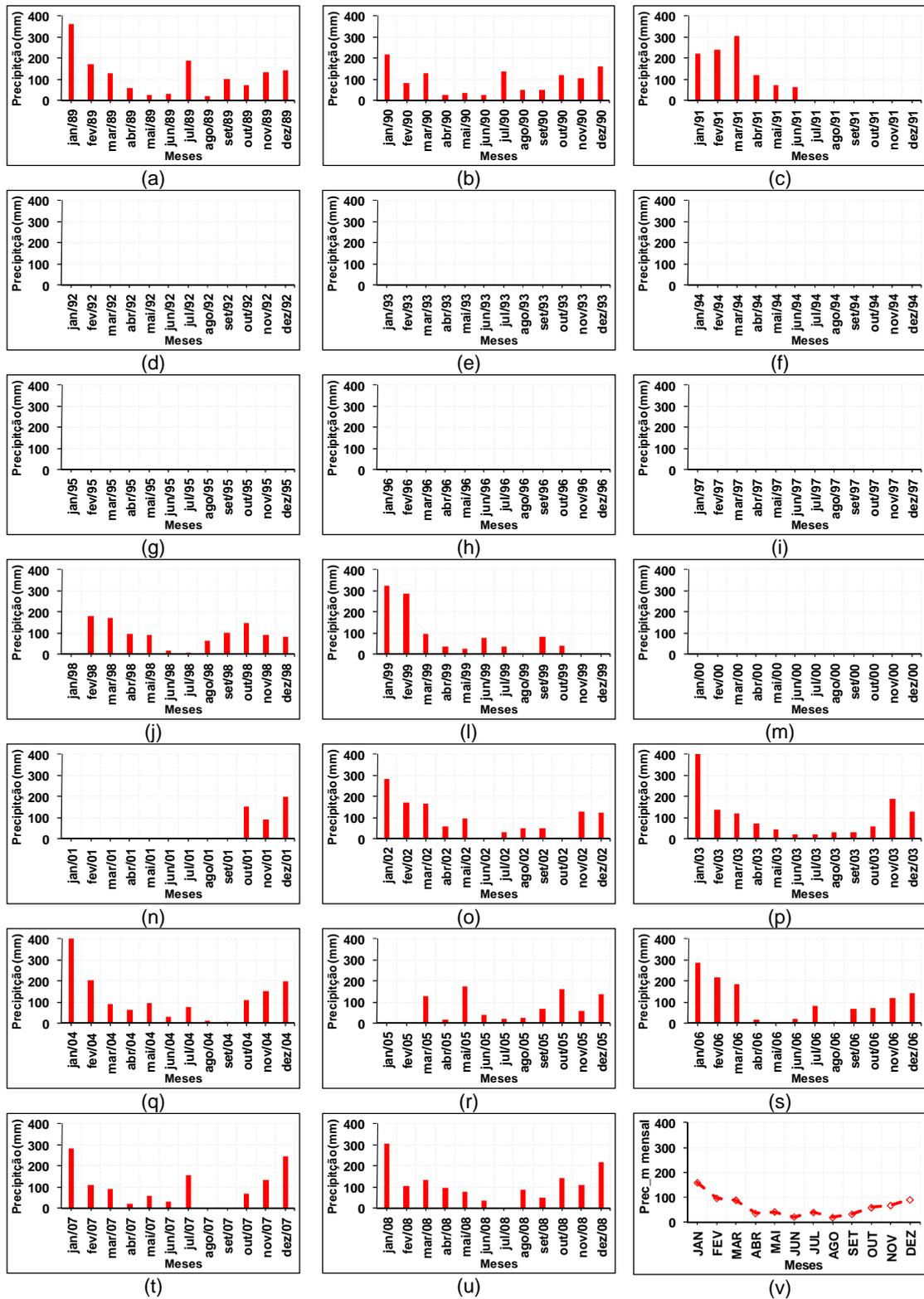


Figura A11 – Mesmo que na Figura A1, exceto para estação de Sorocaba.

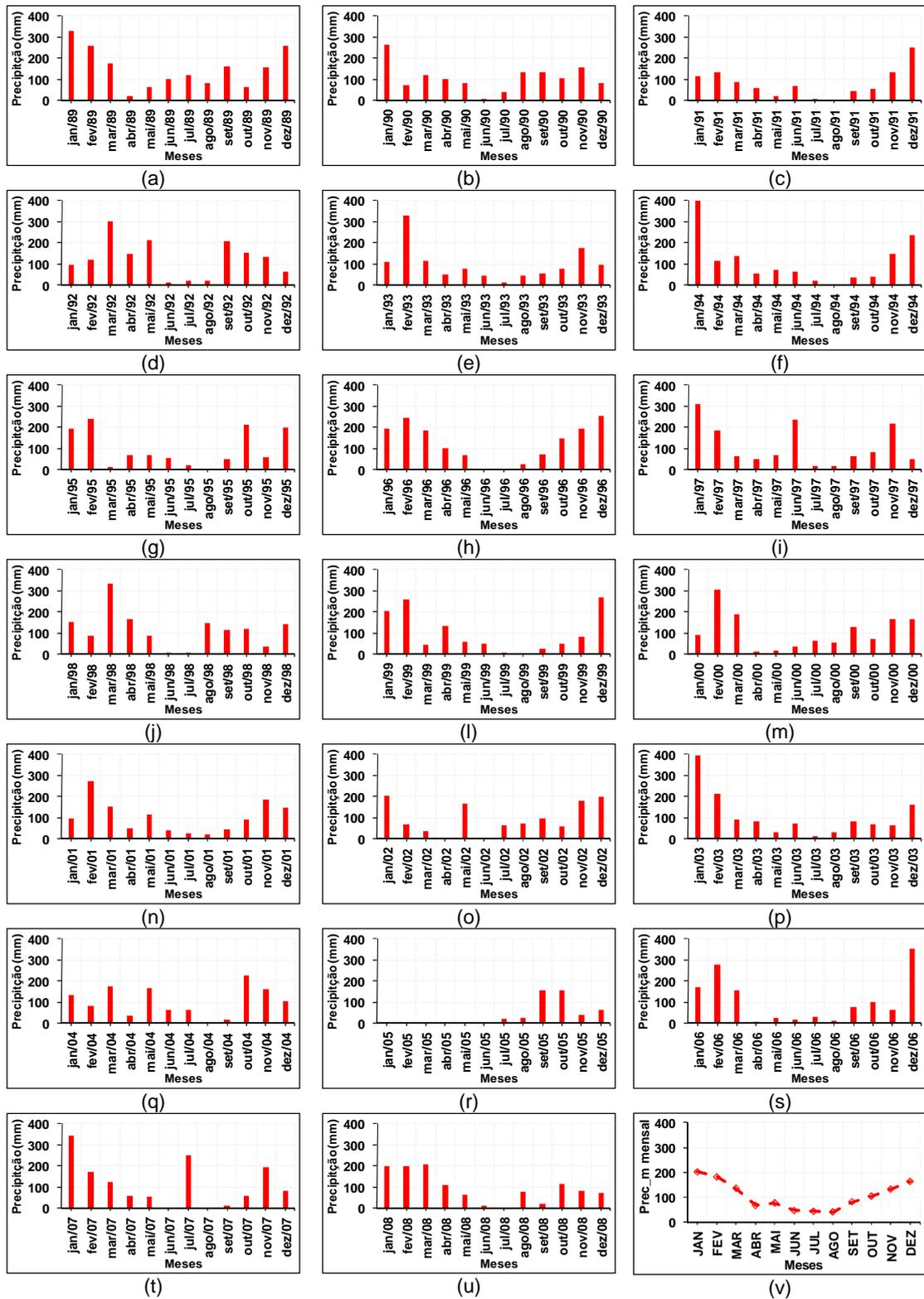


Figura A12 – Mesmo que na Figura A1, exceto para estação de Presidente Prudente.



## APÊNDICE B

A Tabela B1 mostra o número de anos com dados de temperatura média diária durante as  $E_q$  e  $E_f$  no Estado de São Paulo, no qual, foram determinados os eventos de invernicos e veranicos. Tais anos estudados, com dados de temperatura média diária, foram compreendidos em um período de 20 anos de 1989 a 2008.

**Tabela B1** - Número de anos com dados de temperatura durante as  $E_q$  e  $E_f$  no Estado de São Paulo, no qual, foram determinados os eventos de invernicos e veranicos..

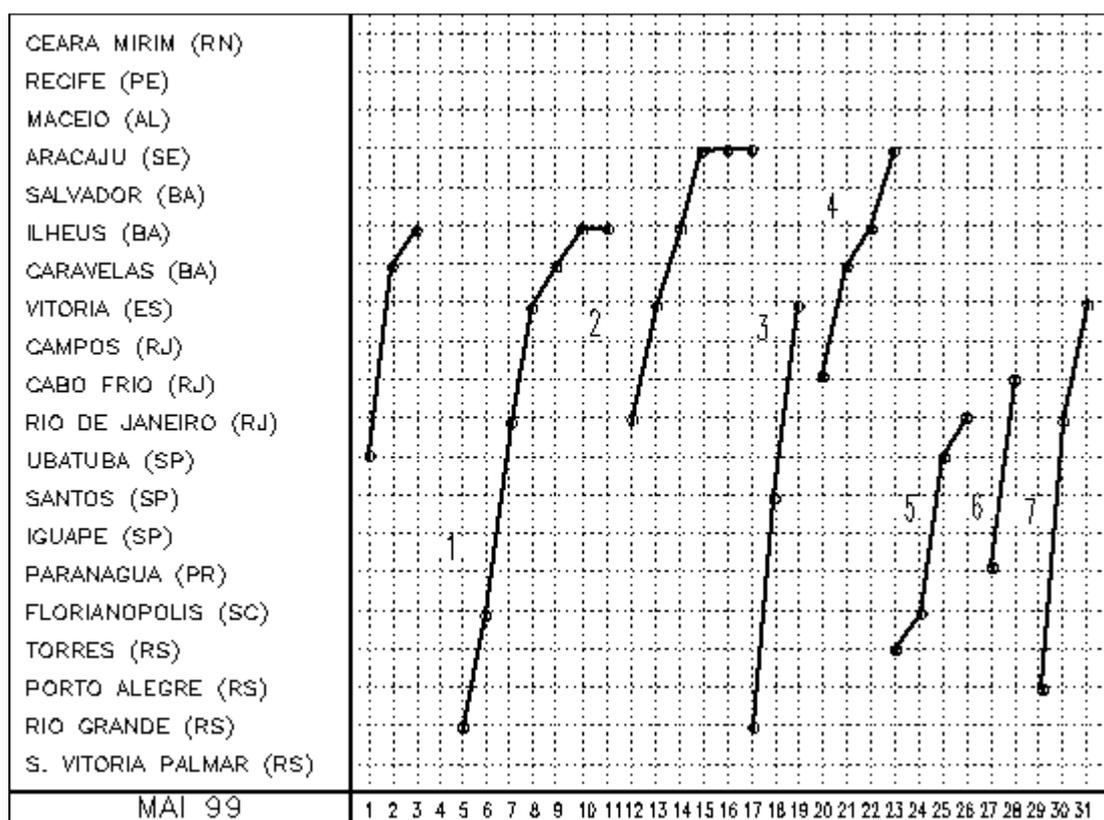
Setores do Estado de SP	Estações Meteorológicas	$E_q$	$E_f$
N	Franca	20	20
	São Carlos	20	20
	São Simão	18	18
	Catanduva	20	20
	Votuporanga	19	19
SE	São Paulo	20	20
	C. do Jordão	12	11
	Guarulhos	20	20
	Taubaté	16	17
	Ubatuba	20	20
CT	Avaré	16	16
	Sorocaba	12	11
W	P. Prudente	19	19
	Três Lagoas	10	10

Fonte dos dados: INMET [entre 1989 e 2008]



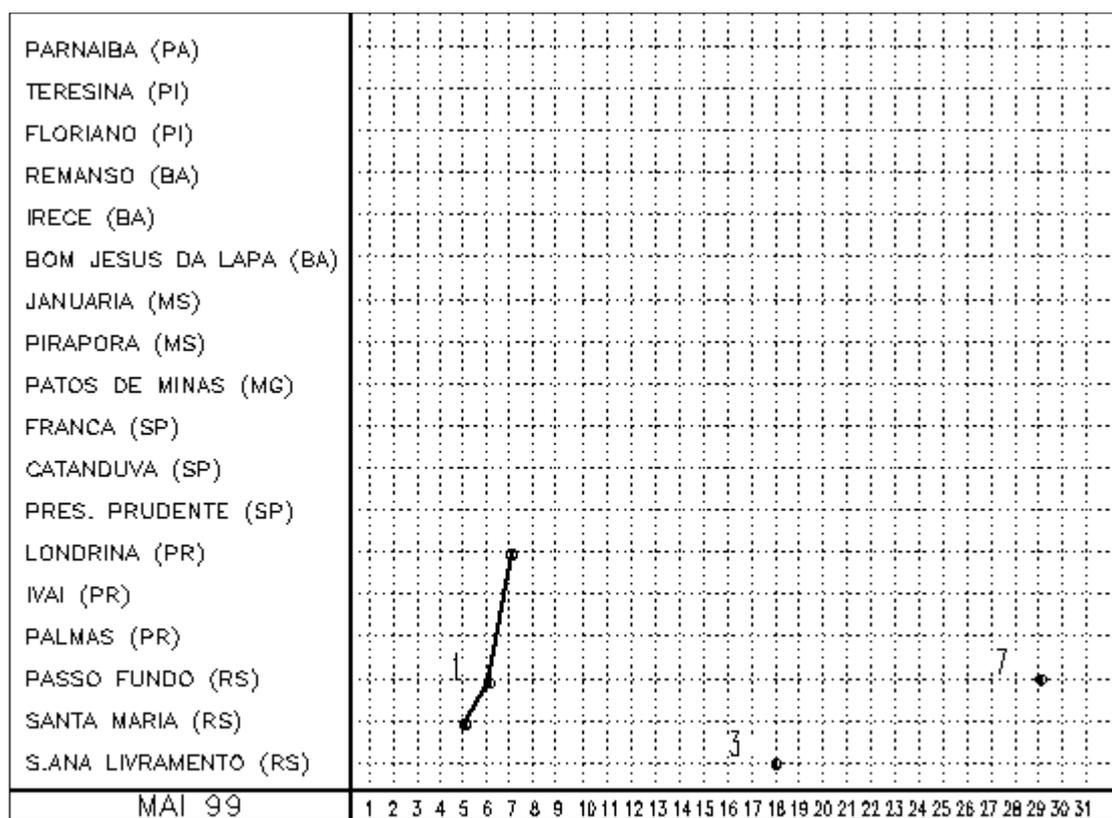
## APÊNDICE C

A Figura C1 mostra um exemplo de como foram obtidos os episódios de SF nos Estados do Paraná (pré-frontal), de São Paulo (frontal) e latitudes mais baixas no Hemisfério Sul (pós-frontal) através das edições mensais do Boletim Climanálise. Desta forma foram avaliados nos setores do litoral (Figura C1a) e no interior (Figura C1b) do Brasil. Tal exemplo representa o mês de maio de 1999, no qual foi observado no litoral (interior) do Brasil 5 (1) SF na situação pré-frontal, 5 (0) SF na situação frontal e 7 (0) SF na situação pós-frontal.



(a)

**Figura C1 -** Casos de SF no litoral (a) e no interior (b) do Brasil. Fonte: Boletim Climanálise.

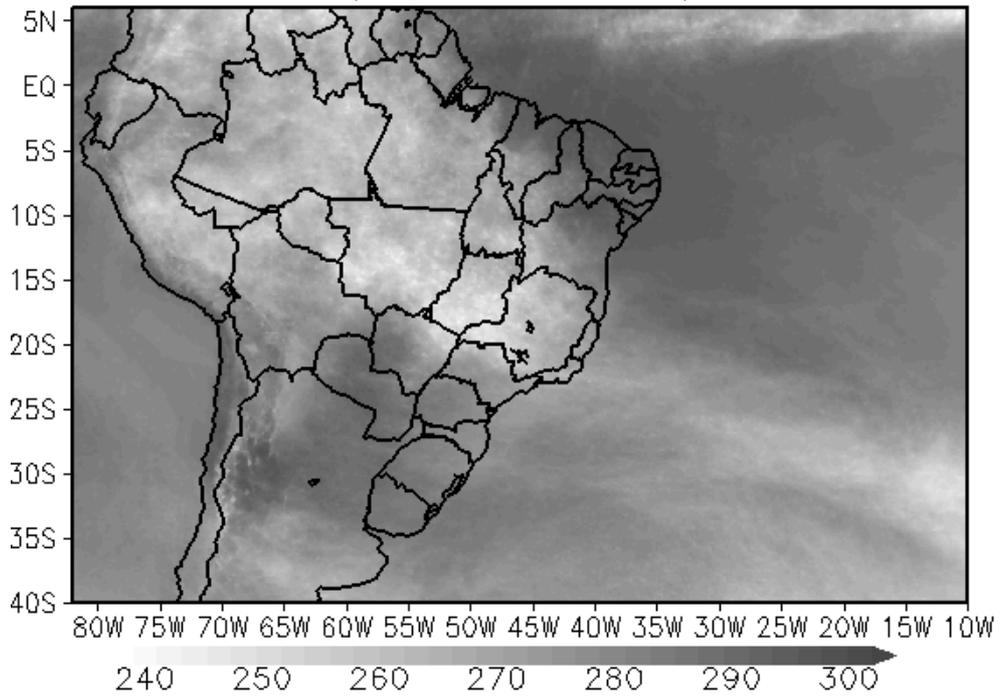


(b)

Figura C1 – Continuação.

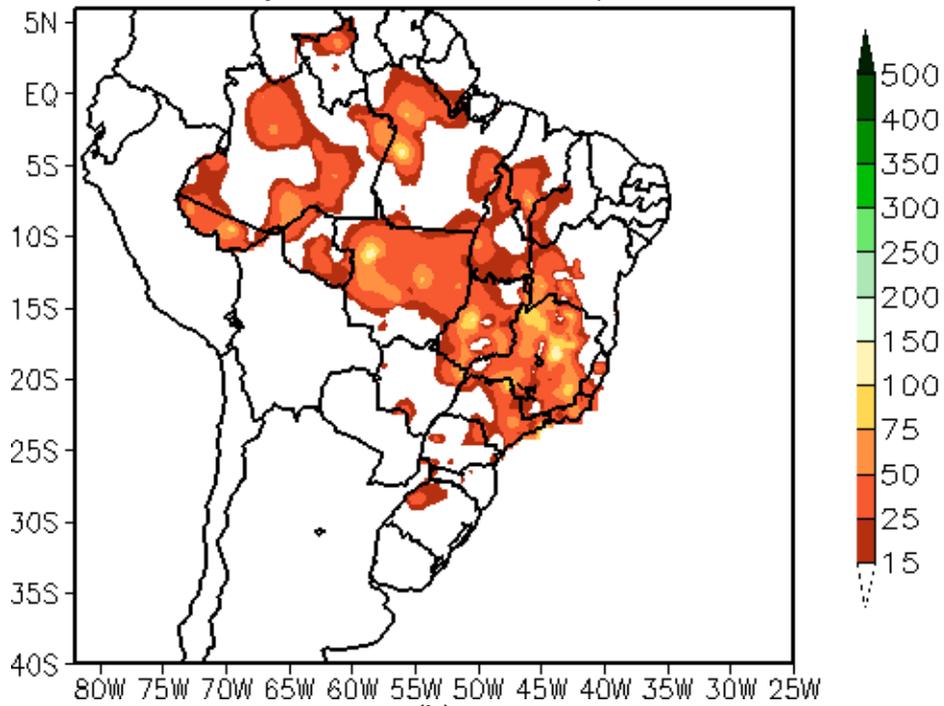
Na Figura C2 mostra um exemplo de um caso de ZCAS na AS, entre os dias 17 e 20 de outubro de 2006, pela edição de outubro de 2006 do Boletim Climanalise. Na Figura C2a verifica-se a região de atuação da ZCAS e na Figura C2b a sua precipitação associada.

Temperatura de brilho Média IV GOES (K)  
(17OCT2006 a 20OCT2006)



(a)

Campo de chuva acumulada  
(17OCT2006 a 20OCT2006)



(b)

**Figura C2** - Temperatura de brilho médio do satélite GOES (a) e precipitação acumulada (b) no evento de ZCAS, ambos para o período de 17 a 20 de outubro de 2006. Fonte: Boletim Climanálise.



## PUBLICAÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS EDITADAS PELO INPE

### Teses e Dissertações (TDI)

Teses e Dissertações apresentadas nos Cursos de Pós-Graduação do INPE.

### Manuais Técnicos (MAN)

São publicações de caráter técnico que incluem normas, procedimentos, instruções e orientações.

### Notas Técnico-Científicas (NTC)

Incluem resultados preliminares de pesquisa, descrição de equipamentos, descrição e ou documentação de programa de computador, descrição de sistemas e experimentos, apresentação de testes, dados, atlas, e documentação de projetos de engenharia.

### Relatórios de Pesquisa (RPQ)

Reportam resultados ou progressos de pesquisas tanto de natureza técnica quanto científica, cujo nível seja compatível com o de uma publicação em periódico nacional ou internacional.

### Propostas e Relatórios de Projetos (PRP)

São propostas de projetos técnico-científicos e relatórios de acompanhamento de projetos, atividades e convênios.

### Publicações Didáticas (PUD)

Incluem apostilas, notas de aula e manuais didáticos.

### Publicações Seriadas

São os seriados técnico-científicos: boletins, periódicos, anuários e anais de eventos (simpósios e congressos). Constam destas publicações o Internacional Standard Serial Number (ISSN), que é um código único e definitivo para identificação de títulos de seriados.

### Programas de Computador (PDC)

São a seqüência de instruções ou códigos, expressos em uma linguagem de programação compilada ou interpretada, a ser executada por um computador para alcançar um determinado objetivo. São aceitos tanto programas fonte quanto executáveis.

### Pré-publicações (PRE)

Todos os artigos publicados em periódicos, anais e como capítulos de livros.