

AVALIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO NA SERRA DO MAR-SP EM EVENTOS DE DIFERENTES INTENSIDADE E DURAÇÃO¹.

Cesar Henrique Gonçalves Pellegatti *
Emerson Galvani * *

RESUMO:

A Serra do Mar, em seu trecho ao longo do litoral paulista, tem como um de seus aspectos climatológicos mais marcantes, a influência da orografia nos totais de precipitação. A configuração do obstáculo e a atuação dos sistemas atmosféricos são responsáveis por totais de precipitação significativamente diferentes ao longo de seu perfil que, por sua vez, contempla diferentes compartimentos do relevo, tais como a Baixada Santista, as vertentes úmidas da escarpa e seu rebordo interiorano. A análise de uma série de eventos de precipitação, distribuídos por sua intensidade e duração, mostra a influência da orografia ao promover totais que estão entre os mais elevados do Brasil, até áreas com totais que, quando comparados aos das vertentes úmidas, apresentam-se como áreas de sombra de chuva. Em quatro eventos selecionados ao longo do ano de 2005 com a utilização de cinco postos pluviométricos, foram analisados a evolução horária e o acumulado de precipitação para a elevada e reduzida intensidade e para longa e curta duração. Os eventos selecionados mostram que a intensificação da orografia ocorre, sobretudo, com associação de sistemas atmosféricos e o posicionamento dos postos de medição. Assim, verificou-se que durante eventos de curta duração, a variação dos totais de precipitação é significativamente inferior à variação espacial durante os eventos de longa duração, uma vez que, durante os de curta duração predominam sistemas convectivos, ao passo que, durante eventos de longa duração, predominam sistemas frontais, sendo registrados totais de precipitação muito superiores nos postos voltados ao oceano àqueles ocorridos nos postos interiores.

PALAVRAS-CHAVE: Efeito orográfico; Sistemas atmosféricos; Serra do Mar; Precipitação; Ventos úmidos.

ABSTRACT:

Evaluation of precipitation at the serra do mar-sp during events with different intensity and duration.

The Serra do Mar, in its longest part along the shore of the state of Sao Paulo, has, as one of its most distinctive climatologic traits, the influence of orography in the total amounts of precipitation. The configuration of obstacle and the action of atmospheric systems are responsible for total amounts of precipitation significantly different throughout its profile which, by its own right, presents different relief compartments, such as the Baixada Santista and the humid slopes of the hills and its countryside edge. The analysis of a series of precipitation events distributed according to intensity and duration shows the influence of orography by promoting total precipitation amounts that are among the highest ones in Brazil, up to areas with total amounts which, once compared to the amounts of the humid slopes, prove to be areas with rain shadows. In four events chosen throughout the year of 2005 utilizing five pluviometric posts, it has been analyzed both the hourly evolution and the accumulated precipitation for high and low intensity and also for long and short duration. The selected events show that the intensification of the orography happens, mostly, with association of atmospheric systems and the position of the measuring posts. Therefore, it has been noticed that during short duration events the variation of the total amounts of precipitation is significantly inferior to the spatial variation during the long duration events, once that, during short duration events, convective systems are predominant whereas, during long duration events, the predominance is of frontal systems, having been registered much higher total amounts of precipitation in the posts which were facing the ocean compared to those which were in the countryside posts.

KEY WORDS: Orographic effect; Atmospheric systems; Serra do Mar; Rainfall; Wet winds.

* Aluno de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Geografia Física da FFLCH/USP. E-mail: pellegatti@usp.br

* * Professor Doutor do Departamento de Geografia da FFLCH/USP. E-mail: egalvani@usp.br

Introdução

O efeito orográfico ocorre pela ascensão forçada das massas de ar que, ao se elevarem, passam pelo processo de resfriamento adiabático, ou seja, sem troca de calor com o ambiente ao seu redor. Todavia, são necessários outros controles físicos para a intensificação da precipitação como os sistemas atmosféricos, tais como a configuração do relevo e a proximidade com o oceano. Dessa forma, foram selecionados quatro eventos de precipitação de acordo com sua intensidade e duração para, com base neles desenvolver-se uma análise dos mecanismos da precipitação em diferentes situações, uma vez que uma das características da intensificação da orografia é sua diferença no que diz respeito à evolução dos sistemas atmosféricos envolvidos.

Sant´Anna Neto (1990), ao estudar o ritmo climático e a gênese da zona costeira paulista, enfatiza a posição latitudinal do seu território e sua localização zonal como uma área de atuação de sistemas atmosféricos, sendo que, nesta, ocorre o confronto entre climas controlados pelos sistemas tropicais e pelos extratropicais, além de fenômenos frontológicos. Nunes (1997), ao avaliar a variabilidade da precipitação pluviométrica no Estado de São Paulo, atesta que o setor central do litoral Paulista com Cubatão e seu entorno é a área mais chuvosa do Estado, em razão de fatores como o alinhamento da Serra do Mar em relação aos fluxos atmosféricos originários do oceano e também por ser área de encontro de sistemas atmosféricos. Ao analisar a distribuição das chuvas nas Montanhas Rochosas, mais precisamente no Norte de Santa Cruz (Califórnia), Ineich (2001) atesta que os climas mais chuvosos do mundo são encontrados nas vertentes a barlavento das montanhas, enquanto os desertos mais áridos estão situados frequentemente a sotavento das montanhas, o que proporciona grande variedade de climas e biomas. Em seu trabalho, o autor sugere que, nas vertentes voltadas para as correntes de Oeste e com configuração mais propícia do terreno, o total pluviométrico atinja cerca de 1.500 mm anuais, enquanto que, na Baía de São Francisco,

área favorecida pelos ventos úmidos do Pacífico (entretanto sem uma configuração orogênica) os totais anuais de chuva atinjam cerca de 500 mm ao ano. Milanesi (2007) observa através de uma rede de postos pluviométricos experimentais distribuídos ao longo da ilha de São Sebastião no litoral Norte do estado de São Paulo, totais pluviométricos significativamente superiores nos postos situados nas vertentes do sul da ilha, o que contrasta com as vertentes de sombras de chuva voltadas ao norte.

A análise da influência da orografia para este estudo obedeceu a dois níveis de interpretação. O primeiro, de avaliação das normais climatológicas das precipitações na área em questão e, dessa forma, a identificação de sua distribuição local, como será tratado adiante. Num segundo momento, a avaliação da distribuição da precipitação ao longo da Serra do Mar, considerando a variação orográfica do planalto à Baixada Santista e sua respectiva análise dos possíveis mecanismos físicos e dinâmicos responsáveis por esta distribuição. Os objetivos deste trabalho são, portanto, a análise da evolução horária das precipitações e suas variações ao longo do tempo cronológico; os sistemas atmosféricos envolvidos na intensificação da orografia e as características de duração e intensidade nos diferentes pontos de análise em eventos de precipitação sobre a área de estudo.

Materiais e métodos

A avaliação da precipitação exigiu a utilização de três fontes diferentes de dados para cada um dos critérios que envolvem a caracterização climatológica do regime das chuvas e sua intensidade e duração. As normais climatológicas foram obtidas por meio do banco de dados do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE/SP), sendo característica essencial deste banco de dados os levantamentos em uma escala temporal mais longa e também maior continuidade nas medições, o que favoreceu a análise dos dados na série desejada, em torno de trinta anos

(Quadro 1). Para a avaliação dos eventos de precipitação, foram utilizados dados da concessionária Ecovias/SP de São Paulo e da Estação meteorológica Convencional do IAG/USP

(Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo), localizada no Parque da Água Funda no município de São Paulo.

Quadro 1. Localização e altitude e série de dados dos postos utilizados para a caracterização das normais climatológicas.

| Nome do posto | Latitude | Longitude | Altitude (m) | Município | Série de dados |
|---------------|----------|-----------|--------------|---------------|----------------|
| Piaçaguera | 23°52´S | 46°23´W | 5m | Cubatão | 1961-1990 |
| Cubatão | 23°53´S | 46°25´W | 6m | Cubatão | 1961-1990 |
| Cota 400 | 23°53´S | 46°21´W | 400m | Cubatão | 1961-1990 |
| Alto da Serra | 23°51´S | 46°30´W | 760m | S.B. do Campo | 1961-1990 |
| Recalque | 23°45´S | 46°32´W | 840m | S.B. do Campo | 1961-1990 |

A área de estudo está localizada na porção Sudeste do Estado de São Paulo; situada entre as latitudes 20° S ao Norte e 25° S ao Sul, é atravessada pelo Trópico de Capricórnio em uma área de transição de padrões atmosféricos. Representada em boa parte pela Folha Santos 1:50.000, os pontos de análise estão situados entre as latitudes 23°53´ S, em seu ponto mais meridional (Posto Cota 400) e 23°39´ S em seu ponto mais setentrional (Posto IAG/USP), e as longitudes 46°13´ O, em seu ponto mais oriental (Posto Piaçaguera) e 46°37´ O, na localidade mais ocidental (IAG/USP), o que envolve o município de Cubatão com parte da Baixada Litorânea e o pólo petroquímico, seus bairros Cota e as vertentes oceânicas de elevada declividade da Serra do Mar, São Bernardo do Campo, com áreas no alto da escarpa da Serra do Mar, e o trecho de Planalto do Sistema Anchieta-Imigrantes, já no rebordo interiorano do Planalto Atlântico; o município de São Paulo, mais precisamente o Parque da Água Funda na zona Sudeste do município.

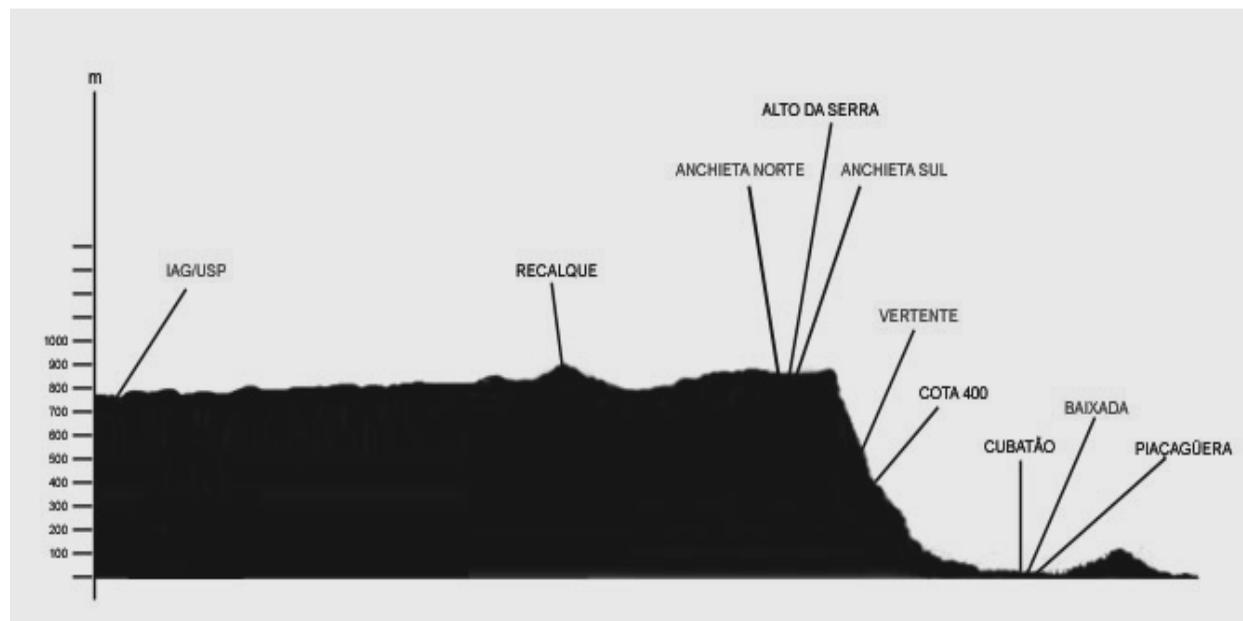
De relativa proximidade, os pontos extremos estão distantes 33 km em linha reta. Apesar disso, essa área apresenta grande variação morfológica e diferentes situações

quanto à exposição aos controles do clima, seja por sua distância em relação ao oceano, seja pela altitude ou pela configuração do relevo local, como mostra a Fig.1.

O perfil traçado entre os postos de medição é cortado perpendicularmente pela escarpa da Serra do Mar. Ab´Saber (1986) define a Serra do Mar como uma grande borda do Planalto Brasileiro e o mais contínuo acidente morfológico da face oriental do continente Sul-Americano, destacando a importância do tombamento da Serra do Mar em razão de suas características naturais e diversidade. Ao se referir à posição geográfica do estado de São Paulo, Nunes (1997) considera que o estado de São Paulo está em um meio tropical úmido a sub-úmido, sendo local de confronto de diferentes domínios climáticos regionais, como os sistemas intertropicais e extratropicais. Os elevados totais pluviométricos e suas variações tanto espacial quanto temporal seriam, portanto, consequência direta da atuação desses sistemas, conforme também salientou Sant´Anna Neto (1990) ao caracterizar os sistemas atuantes no litoral do estado de São Paulo.

A opção pelos postos analisados obedeceu a critérios definidos que atendessem a

Figura 1. Localização dos postos de medição utilizados na pesquisa.



Org.: Cesar Pellegatti, 2007.

determinadas exigências como sua relativa perfilagem ao longo do perfil topográfico, de forma a constituir uma linha na direção Sudeste-Noroeste. No levantamento das normais climatológicas, fez-se necessária uma sequência temporal de pelo menos trinta anos, o que se considera ideal de acordo com OMM (Organização Meteorológica Mundial). Assim, todos os cinco postos analisados tiveram sua série histórica demarcada entre 1961 e 1990. Além disso, os postos apresentaram uma sequência com poucas falhas ao longo do período considerado.

Quanto ao levantamento dos dados utilizados para a análise da evolução horária da precipitação, foram utilizados dados fornecidos pelo IAG/USP e pela Concessionária Ecovias/SP, administradora do sistema Anchieta-Imigrantes. Optou-se então, por um procedimento diferente daquele adotado nos dados das normais climatológicas. Os dados da Concessionária Ecovias/SP, obtidos por meio do pluviômetro de uma estação automática, foram adquiridos por meio de um CD-ROM fornecido pelo Centro de

Comando e Operações. Neste CD-ROM, os dados apontam medição horária de chuva, direção do vento, visibilidade e intensidade da chuva em dez postos localizados ao longo do sistema Anchieta-Imigrantes por todo o ano de 2005. Entretanto, verificou-se substancial problema técnico: o grande número de falhas ao longo de quase todos os meses do ano, apesar da boa qualidade dos dados quando se possibilita uma sequência de dias. Dessa forma, o levantamento anual tornou-se comprometido. Por este motivo, esses dados foram empregados isoladamente sob a forma de eventos de precipitação. Assim, ressalta-se o fato de que o objetivo da análise dos dados do sistema operacional da Ecovias/SP não foi a extração das normais climatológicas da área, e sim a obtenção de um detalhamento da evolução das precipitações e sua distribuição ao longo das diferentes estações do ano.

Os postos analisados nos eventos de precipitação foram: Posto **Baixada**, situado a 13 metros de altitude, no km 56,6 da rodovia Anchieta; Posto **Vertente**, a 521 metros de

altitude junto ao recuo do km 44,5 e com terreno de elevada declividade; Posto **Anchieta Norte**, junto ao km 38,8 situado a 792 metros de altitude; **Anchieta Sul**, situado a 771 metros de altitude, km 40,1, ambos localizados em uma área em que a ocupação do solo por habitações é inexistente, entretanto, de intenso tráfego de automóveis de passeio e de carga; **Posto IAG/USP**, localizado no km 1,5 da rodovia dos Imigrantes no Parque da Água Funda, a 780 metros de altitude, dentro do Parque do Estado, na região Sudeste do município de São Paulo. As medições deste último posto foram realizadas por meio de pluviógrafo convencional e com pouquíssimas falhas, enquanto que todos os postos da Concessionária Ecovias são do tipo Estação Automática. Com o levantamento e seleção dos dados dos cinco postos, o passo a seguir exigiria a análise da situação sinótica por meio do material levantado no Departamento de Hidrografia e Navegação da Marinha que, prontamente, forneceu as cartas sinóticas dos períodos exigidos para este trabalho. Para a elaboração deste artigo, optou-se pela não inclusão das cartas sinóticas, uma vez que, a inclusão de todas as sequências de cartas sinóticas excederia significativamente o espaço destinado a este trabalho. Além disso, consideramos o objetivo central do artigo não a análise das condições atmosféricas predominantes, e sim, a evolução horária das precipitações.

Conti (1975) afirma que nos trabalhos de climatologia dinâmica em que são observadas diferentes situações atmosféricas, é necessário que se faça a análise episódica nas quais se diminui a escala de abordagem para se aprofundar a investigação e, dessa forma, obter-se não uma generalização, mas um recurso para a explicação da realidade concreta. A influência da orografia na distribuição temporal e espacial possui diferentes expressões segundo a intensidade e duração do evento analisado. Sendo assim, a próxima estratégia utilizada foi o agrupamento dos eventos pela sua duração em horas e dias e intensidade de precipitação total e em mm/h.

Para os eventos de curta duração, foi considerado um período de até 10 horas de precipitação, o que ocorreu nos eventos do dia 23 de novembro de 2005 e entre os dias 11 e 12 de fevereiro de 2005. Os eventos de longa duração foram assim determinados quando foram registradas de forma contínua as precipitações por, no mínimo 24 (vinte e quatro horas) em pelo menos um posto dentre os cinco analisados. A sequência do período considerou a continuidade do evento quando a situação da dinâmica atmosférica apresentava a atuação do mesmo tipo de sistema atmosférico, ainda que tenha havido alguma interrupção nas precipitações, como nos eventos selecionados entre os dias 16 e 22 de janeiro e os dias 07 e 08 de agosto de 2005. A determinação de intensidade para os eventos analisados em reduzida e elevada intensidade obedeceu aos critérios especificados como o de total de maior precipitação horária. Dessa forma, considerados os cinco postos, esse evento foi caracterizado como de baixa intensidade quando houve uma precipitação máxima de até 20 mm no horário de maior precipitação. Por outro lado, considerou-se evento de elevada intensidade quando em qualquer horário do evento tenham sido registrados valores de precipitação superiores a 30 mm/h. O segundo critério foi o de total de precipitação ao final do evento. Assim, quando de seu final foram registrados até 65 mm no posto mais chuvoso, esse evento foi considerado de baixa intensidade; quando esse total final superou os 65 mm, esse evento foi considerado de elevada intensidade.

Resultados e discussão

Das normais climatológicas

Os dados obtidos por intermédio das normais climatológicas evidenciam a influência da orografia na distribuição da precipitação ao longo do perfil analisado. Os postos localizados na Baixada, Piaçaguera e Cubatão, apresentam, respectivamente, totais pluviométricos anuais de 2.545 mm e 2.504 mm, como mostra a

tabela 1, totais esses muito próximos da caracterização climatológica feita por Santos (1965) e Monteiro (1973), quando de seus estudos sobre a Baixada Santista e o estado de São Paulo.

O posto localizado na vertente oceânica da Serra do Mar, Cota 400, possui média climatológica (média de trinta anos) de 3.289 mm. Percebe-se claramente que a orografia pode apresentar grande influência, pois os valores

registrados apresentam um aumento gradual da precipitação com a altitude, considerando os dados apresentados pelos postos Cubatão e Piaçaguera. Neste trecho, o efeito orográfico começa a ser mais perceptível, pois os fatores aerológicos, considerados de forma isolada, não poderiam explicar tal variação em uma distância tão reduzida entre as duas localidades.

Em Recalque, distante cerca de 14 km do Alto da Serra, os totais pluviométricos atingem

Tabela 1 - Média histórica mensal (mm) e total de precipitação média (em mm) nos postos utilizados na caracterização das normais climatológicas na área de estudo, para o período compreendido entre os anos de 1961 e 1990.

| Postos | jan | fev | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez | Totais |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------|
| Alto da Serra | 412 | 382 | 392 | 306 | 183 | 113 | 133 | 143 | 256 | 340 | 337 | 395 | 3392 |
| Cota 400 | 442 | 355 | 354 | 313 | 163 | 114 | 123 | 117 | 239 | 320 | 358 | 391 | 3289 |
| Recalque | 236 | 199 | 183 | 111 | 80 | 63 | 47 | 48 | 94 | 132 | 131 | 182 | 1506 |
| Cubatão | 349 | 299 | 300 | 228 | 142 | 102 | 100 | 85 | 158 | 212 | 232 | 297 | 2504 |
| Piaçaguera | 354 | 301 | 324 | 322 | 140 | 100 | 106 | 94 | 158 | 209 | 240 | 294 | 2642 |
| Médias | 366 | 320 | 317 | 247 | 153 | 107 | 115 | 105 | 192 | 250 | 264 | 321 | 2757 |

as menores médias históricas, tanto mensal quanto anual dentre os demais postos, com 1.506 mm. Ou seja, houve um decréscimo de mais de duas vezes o total registrado no posto Alto da Serra. A análise da série histórica dos dados sugere que nesta localidade há formação de uma "sombra de chuva", possivelmente associada à maior condensação do ar principalmente nas vertentes oceânicas e junto à linha de cumeada da escarpa da Serra do Mar.

Da série de eventos

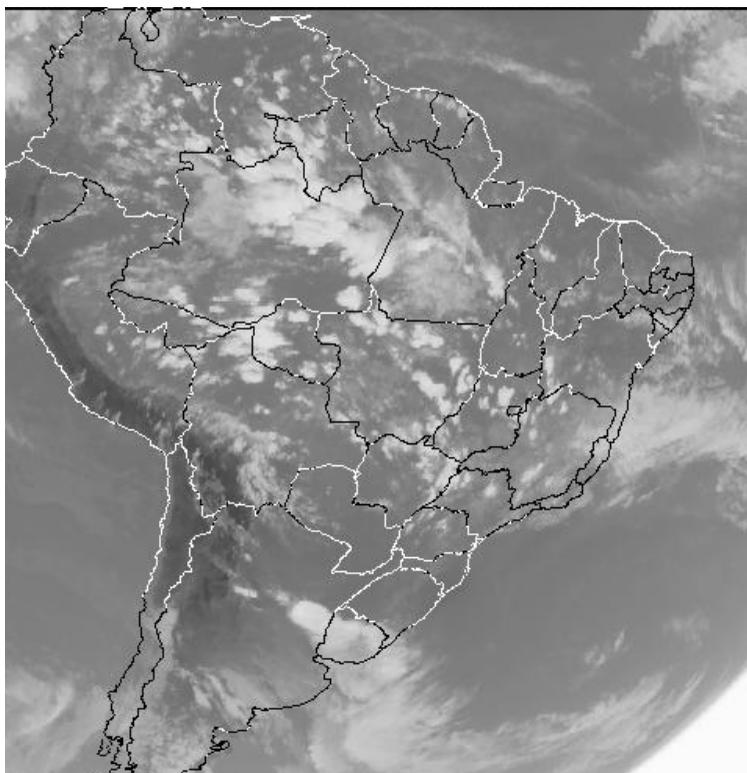
O evento do dia 23 de novembro demonstra duração de precipitação de cerca de quatro horas, ou uma curta duração. Durante as quatro horas em que o período esteve sujeito a precipitações foram registrados 21 mm no posto com a mais elevada precipitação: Baixada, enquanto o posto IAG registrou 10 mm, ou seja,

menos de 50% em relação ao de maior precipitação, como mostra a Fig. 2. Por sua vez, o posto Vertente apresentou a maior concentração de chuva em uma única hora, cerca de 16 mm contra 5 mm do posto IAG/USP, ou cerca de 70% a mais de precipitação, como mostra a Fig.3. Tal diferença pode ser uma amostra da influência da orografia presente na área de estudo. Monteiro (1973), ao analisar as precipitações de primavera sobre o estado de São Paulo, afirmou que a primavera, juntamente com o verão, constitui o período chuvoso, quando se observa uma maior intensidade da precipitação, com maior parte compreendida entre valores de 40 a 50 mm de máxima diária. O autor sugere, ainda, que nessa estação se esboça uma maior influência da morfologia geral do Estado na distribuição do fenômeno. Destaca ainda que, nessa estação, os máximos absolutos encontram certa homogeneidade de área, excetuando-se o Norte e Leste do estado. Entretanto, ressalta que, se

por um lado, os dados mostram realmente relativa homogeneidade, por outro, em eventos isolados como os anteriormente referidos, pode haver claramente uma maior variação dos totais eventuais dos postos localizados nas áreas situadas em "sombra de chuva". Uma hipótese levantada neste trabalho considera que durante

o dia 23, o estado de São Paulo estava sob o domínio de baixas pressões (em torno de 1008 hPa), o que favoreceu a formação de um SC (sistema Convectivo) na área de estudo. A Figura 2 mostra a imagem do satélite GOES (18h00min local), por meio da qual é possível observar as condições atmosféricas.

Figura 2. Imagem do satélite GOES América do Sul do dia 23 de novembro às 18h00min (hora local).

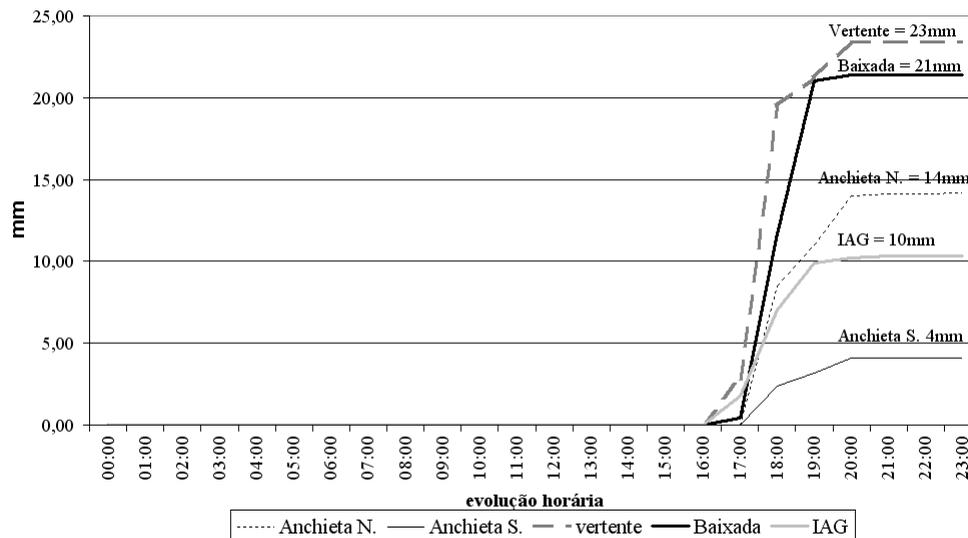


Fonte: CPTEC/INPE (2007)

Outra hipótese avaliada foi a formação de um CCM (Complexo Convectivo de Mesoescala). Entretanto, para Silva Dias (1987) o CCM se caracteriza pela formação de um conjunto de nuvens de rápido crescimento vertical e com um tempo de duração entre 6 e 12 horas com intensas precipitações. O que não confere, em sua totalidade, com as condições pluviométricas deste evento.

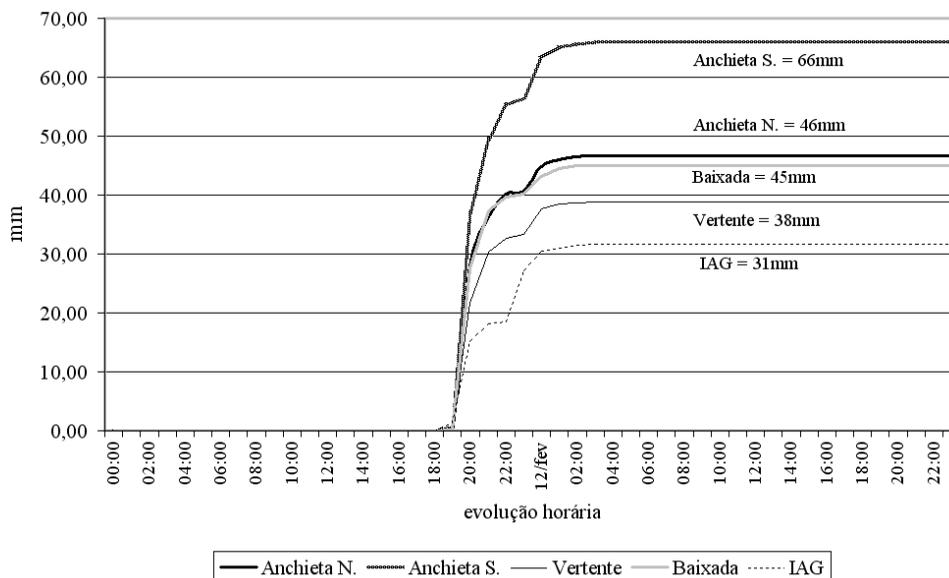
Em 11 de fevereiro, ocorreu um evento de elevada intensidade, de cerca de 7 (sete) horas de duração, que apresentou totais ao fim desse período de 66 mm no posto mais chuvoso, Anchieta Sul, enquanto no posto IAG/USP foram registrados 31 mm, como mostra a Fig. 4. No dia 10, a formação de um sistema de baixa pressão no continente esteve associado ao avanço de um sistema frontal pelo Sul do Brasil que deixou o

Figura 3. Evolução da precipitação durante evento de curta duração e reduzida intensidade para o dia 23 de novembro de 2005.



Fonte: Ecovias e IAG/USP (Org. Cesar Pellegatti, 2007).

Figura 4. Acumulado da precipitação durante evento de curta duração e elevada intensidade para o dia 11 de fevereiro de 2005.



Fonte: Ecovias e IAG/USP (Org. Cesar Pellegatti, 2007).

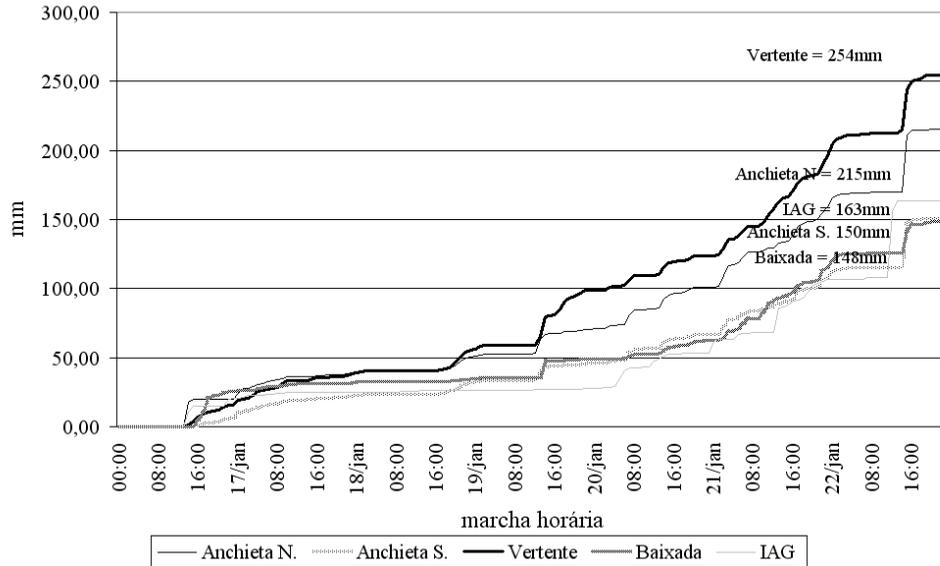
tempo instável do Uruguai até o litoral baiano. No dia 11, a passagem do sistema frontal pela porção oriental do Estado de São Paulo trouxe a intensificação das precipitações. No período da tarde predominaram os ventos de Sudeste, o que acentuou decisivamente a influência da orografia, pois esses ventos atuaram perpendicularmente sobre o obstáculo de relevo representado pela escarpa da Serra do Mar. O fato de terem sido registradas cerca de duas vezes mais precipitação nos postos localizados a barlavento da escarpa da serra do que no posto a sotavento da escarpa, sugere que a orografia seja a causa da intensificação da precipitação.

O evento ocorrido entre os dias 16 e 22 de janeiro de 2005 apresentou, ao longo do período, sete dias de precipitação quase constante, distribuída de forma relativamente homogênea. O posto IAG/USP apresentou ao final do episódio, um total de 163 mm, enquanto Vertente, o de total mais elevado: 254 mm. Monteiro (1973) analisa a atuação do Sistema Polar Atlântico no Centro-Sul do Brasil como significativamente influenciador sobre os totais pluviométricos desta região. Em sua borda, em contato com os sistemas tropicais, configuram-se extensas zonas de pressão relativamente baixa e intensa convergência, comumente chamada de frente polar. A passagem do sistema frontal que antecede a chegada do ar polar é condição de forte instabilidade, provocando chuvas antes, durante e depois da passagem da frente em várias áreas do estado de São Paulo. No dia 16, a passagem do sistema polar trouxe precipitações de média intensidade a todos os postos analisados. No dia 17, já com a formação de uma ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul), as chuvas mantiveram-se constantes e de baixa intensidade, situação que se manteve no dia 18. O anticiclone permaneceu estacionário, e a frente oscilando na porção sudeste do litoral brasileiro. No dia 19, com a formação de um cavado e sua interação com a frente, as chuvas permaneceram contínuas e de intensidade mais elevada em razão da formação de uma situação de instabilidade. Nesse dia, foram verificados 43 mm no posto Vertente e entre 10 e 20 mm nos demais postos de influência oceânica. O posto IAG/USP

apresentou apenas totais reduzidos, não ultrapassando mais que 2 mm. No dia 20, a frente fria estava ondulando, o que favoreceu alguns episódios de precipitação inclusive no posto IAG/USP, que totalizou o segundo maior total, cerca de 25 mm, o que pode ser explicado pelo escoamento associado à orografia, já que nesse período predominavam sobre o Estado, ventos de Norte e Noroeste, ou seja, contrários à disposição da Serra do Mar SW-NE. No dia 21, sob o domínio de um sistema de baixas continentais, ocorreram os maiores totais de precipitação em todo o evento analisado com totais superiores a 40 mm, por volta das 16 horas, o que pode ser um indicativo de intensificação do sistema. No dia 22, novamente sob o domínio do sistema de baixas continentais, ocorreram episódios isolados em todos os postos analisados, com claro movimento convectivo de cerca de duas a três horas de duração, entretanto em horários diferentes entre as vertentes úmidas e o rebordo mais interiorano representado por IAG/USP, como mostra a Fig. 5.

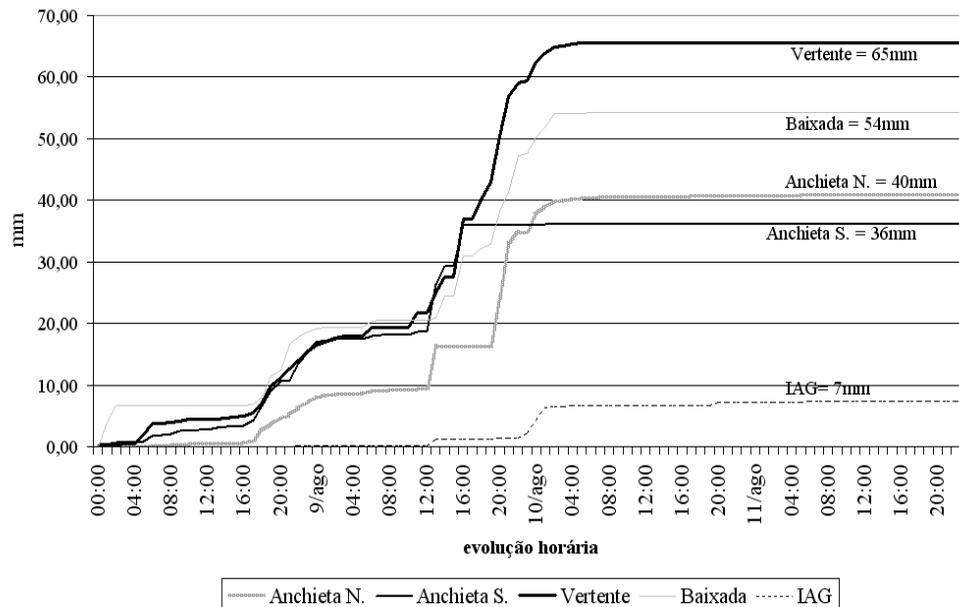
O mês de agosto de 2005 foi marcado pela baixa pluviosidade. IAG/USP registrou, ao final do mês, 7 mm, enquanto a média histórica registrada entre os anos de 1932 e 2002 é de 41mm. Durante os dias 7 e 11 de agosto, ocorreu um evento de baixa intensidade de precipitação, com o maior total registrado: cerca de 65 mm no posto Vertente, enquanto o de menor total registrado foi no posto IAG/USP, com 7 mm. No dia 6, o sistema frontal avançava da altura do Estado do Rio Grande do Sul, e já no dia 7, o sistema já atuava na porção oriental do Estado de São Paulo, provocando chuvas moderadas e contínuas. Na segunda metade do dia 9, uma linha de instabilidade se formou de forma longitudinal do Estado de São Paulo até o Rio Grande, o que provocou a intensificação das precipitações que registraram 9 mm no posto Vertente e nenhuma precipitação em Anchieta Norte como mostra a Fig. 6. A partir de então, as variações espaciais tornam-se mais evidentes com o ressecamento do ar em direção ao interior do Estado e concentração de precipitações junto do litoral.

Figura 5. Acumulado da precipitação durante evento de longa duração e elevada intensidade para o período entre os dias 16 e 22 de janeiro de 2005.



Fonte: Ecovias e IAG/USP (Org.: Cesar Pellegatti, 2007).

Figura 6. Acumulado da precipitação durante evento de longa duração e reduzida intensidade para o período entre os dias 7 e 11 de agosto de 2005.



Fonte: Ecovias e IAG/USP (Org.: Cesar Pellegatti, 2007).

Do dia 10 ao dia 11, a formação da brisa marítima manteve as precipitações com reduzida intensidade, sempre com maiores totais nos postos situados no litoral. A brisa marítima constitui um importante fator atuante no Estado de São Paulo, principalmente nas áreas onde está localizado o perfil destacado para este estudo. Matos (1925) salientou que a orientação geral das serras da Mantiqueira e do Mar, sendo sensivelmente a que segue a linha costeira e da qual fica muito próxima, dá lugar aos ventos de vales e de montanhas, que sopram na mesma direção que as brisas do mar e de terra. Assim, as brisas costeiras, que reinam alternada e diariamente no litoral, são prolongadas muito para o interior, pela formação das brisas de relevo para além de 100 km da costa em direção ao interior do estado.

Conclusões

A análise das normais e da série de eventos no perfil estudado sugere fortemente a influência exercida pelo relevo, especialmente no que se refere ao obstáculo representado pela Serra do Mar. Ao considerarmos a orientação do

obstáculo de relevo - a Serra do Mar no sentido SW-NE - é fundamental ressaltar a influência dos ventos úmidos provenientes do oceano como forte atributo à intensificação da influência da orografia, uma vez que levam maior quantidade de umidade do que se a direção de escoamento fosse mais oblíqua em relação à costa. Notou-se, nessa série de eventos, que os totais mais elevados de precipitação ocorreram no posto situado no trecho de Baixada, seguido pelos postos Vertente, Anchieta Norte e como verdadeira área de sombra de chuva, o posto IAG/USP. Uma análise chamou especial atenção: a soma dos totais de precipitação durante os eventos, muito próxima dos totais apresentados pelas normais climatológicas dos dados do DAEE/SP quando comparados entre postos situados em semelhante sítio. A série de eventos mostra que, durante a evolução da precipitação, a diferença principal ocorre no sentido do total acumulado da precipitação ao final do período considerado. Contudo a evolução horária mostra relativa homogeneidade nos horários de precipitação. Verifica-se então, um atraso para o início da precipitação no sentido SE-NW, o que pode ser explicado principalmente pelos sistemas frontais predominantes.

Notas

¹ Parte de dissertação de Mestrado do 1º autor, defendida junto ao Programa de Pós-Graduação

em Geografia Física da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas - USP.

Referências Bibliográficas

AB´SABER, A, N. O tombamento da Serra do Mar no estado de São Paulo. Revista do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, nº21, Rio de Janeiro, 1986.

BLANCO, C, M, R. *Processos de intensificação orográfica na Serra do Mar em São Paulo*. São Paulo, 1999. Dissertação (Mestrado). Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo (USP).

CONTI, J, B. *Circulação secundária e efeito orográfico na gênese das chuvas na região*

Ilesnordeste paulista. São Paulo, 1995. Tese (Doutorado). Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo (USP).

INEICH, C. *Precipitation patterns in the lee of the Santa Cruz mountains of California*. Prized Writing. São Francisco: University of California Press, 2005.

MATOS, J, N. *O clima de São Paulo*. Secretaria da agricultura, comércio e obras publicas do estado de São Paulo, Serviço Meteorológico nº 38. São Paulo, 1925.

MILANESI, M, A. *Avaliação do efeito orográfico na pluviometria de vertentes opostas da Ilha de São Sebastião (Ilhabela-SP)*. São Paulo, 2007. Dissertação (Mestrado). Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo (USP).

MONTEIRO, C. A. de F. *A dinâmica climática e as chuvas do estado de São Paulo: estudo em forma de Atlas*. Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1973.

NUNES, L,H. *Impacto pluvial na Serra do Paranapiacaba e Baixada Santista*. São Paulo,

1997. Dissertação (Mestrado). Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo (USP).

SANT´ANNA NETO, J, L. *Ritmo climático e as chuvas na zona costeira paulista*. São Paulo, 1997. Dissertação (Mestrado). Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo (USP).

SANTOS, E, O. *A baixada santista: Aspectos geográficos*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1965, p 95-150.

SILVA DIAS, M. A. F. *Sistemas de mesoescala e previsão de tempo a curto prazo*. *RBMet.*, 2: p. 133-150, 1987.

Trabalho enviado em junho de 2009

Trabalho aceito em novembro de 2009