

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

**AS CHUVAS EM CARAGUATATUBA (SP): ANÁLISE DE VARIABILIDADE E
EVENTOS EXTREMOS EM DIFERENTES ESCALAS TEMPORAIS**

DENISE DIAS DOS SANTOS

**São Paulo
2015**

DENISE DIAS DOS SANTOS

Trabalho de Graduação Individual apresentado
ao Departamento de Geografia da Faculdade
de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da
Universidade de São Paulo para a obtenção do
título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Galvani

**São Paulo
2015**

Agradecimentos

O maior agradecimento é à minha família, meus pais Celma e Clemente e meu irmão, Rafael. Obrigada por sempre estarem ao meu lado e apoiarem meus objetivos e sonhos, por mais difíceis e estranhos eles fossem. Gostaria de ter sido mais presente nestes últimos cinco anos. Espero um dia poder retribuir à altura tudo que fizeram por mim.

Agradeço ao meu orientador, Emerson Galvani, pela oportunidade, pelos conselhos e a amizade que eu jamais imaginaria ter de um professor da Universidade de São Paulo. Obrigada por tudo, de coração!

À Nádia Lima, pela amizade e extrema paciência em ajudar com as dúvidas que surgiram nesta caminhada. Você é um exemplo de mulher, amiga e profissional para mim!

À Milla Oliveira, pela companhia e amizade fiel, por segurar as pontas quando tudo parecia perdido. Gostaria muito da sua presença neste momento tão importante para mim, você também faz parte disto!

Às minhas queridas amigas de Geografia (e para a vida toda): Bruna Paixão, Rebeca Durço, Adriana Cirelli, Ana Marília, Natacha Soares, Letícia Paula e Gabriela Mazza, por todos os momentos maravilhosos que passamos nesta graduação e pelos difíceis também!

Ao Leonardo, por todo carinho e confiança depositada em mim, e pela paciência em me aguentar por três anos falando sobre TGI! Aos seus pais, Cristiane e Carlos, por me acolherem como uma filha.

À Aline Fortunato, Camila Lacerda e Caroline Souza, por tornarem o 102 o apartamento mais feliz do CRUSP. Seria muito difícil suportar todo esse tempo sem a companhia de vocês.

À Thais Santiago e ao Igor Moreira, pela amizade construída nos tempos de Emplasa e pelos maravilhosos almoços que nos renderam tantas risadas!

À Estefania Oliveira, por ser minha companhia nesta caminhada desde os tempos da escola e pela amizade que continua firme e forte sempre.

Aos colegas do Laboratório de Climatologia e Biogeografia (LCB), por todas as dicas e apoio. Principalmente ao Rogério Rozolen, que tanto me aturou nesses últimos anos.

A todos os professores do Departamento de Geografia que contribuíram com minha formação profissional e pessoal.

A todos os amigos e colegas de que alguma forma participaram desta jornada que é a Geografia, seja em sala de aula, nos trabalhos de campo ou nos momentos de festas, bagunças, etc. Todos serão lembrados sempre com muito carinho.

*Você que tem medo de chuva
Você não é nem de papel
Muito menos feito de açúcar
Ou algo parecido com mel*

*Experimente tomar banho de chuva
E conhecer a energia do céu
A energia dessa água sagrada
Que nos abençoa da cabeça aos pés*

*Oh chuva!
Eu peço que caia devagar
Só molhe esse povo de alegria
Para nunca mais chorar*

*Oh chuva!
Eu peço que caia devagar
Só molhe esse povo de alegria
Para nunca mais chorar*

Oh chuva!, Banda Falamansa. Compositor: Luís Carlinhos.

Sumário

Resumo	1
Abstract	2
1. Introdução	3
2. Objetivos	7
3. Área de Estudo	7
3.1 Localização e breve histórico de ocupação	7
3.2 Geologia e Geomorfologia	10
3.3 Climatologia	13
3.4 Vegetação e solos presentes na região	17
4. Revisão bibliográfica sobre o tema	20
5. Procedimentos, técnicas de estudo e materiais utilizados	22
6. Resultados e Discussão	26
6.1 A série histórica 1943-2012	26
6.2 A série histórica 2007-2011	32
6.2.1 Evento extremo do ano de 2007: 11 de fevereiro	35
6.2.2 Evento extremo do ano de 2008: 26 de dezembro	37
6.2.3 Eventos extremos do ano de 2009: 21 de abril e 28 de dezembro	39
6.2.4 Eventos extremos do ano de 2010: 25 de fevereiro e 05 de abril	41
6.2.5 Eventos extremos do ano de 2011: 11 de janeiro e 24 de abril	43
6.3 Comparação das séries históricas no período de 2007 a 2011	46
6.4 Estudo de Caso: o ano de 1967	48
7. Considerações Finais	53
Referências Bibliográficas	55
Referências Eletrônicas	59
Anexo	61

Lista de Figuras e Tabelas

Figura 1: Localização do município de Caraguatatuba, EMA e posto pluviométrico utilizados no estudo.	8
Figura 2: Cobertura do uso da terra no município de Caraguatatuba (SP). Fonte: SMA/DataGEO, 2013. Org: Santos, 2015.	10
Figura 3: Mapa de altitude de Caraguatatuba (SP). Fonte: EMBRAPA, 2005 e IBGE, 2010. Org: Santos, 2015.	12
Figura 4: Normal Climatológica para o município de Ubatuba - SP (1961-1990). Fonte: INMET, 2013.	14
Figura 5a: Classificação Climática do Estado de São Paulo proposta por Monteiro (1973).	15
Figura 5b: Legenda do mapa de feições climáticas (em destaque para melhor entendimento). Fonte: Monteiro, 1973.	16
Figura 6: Posto Pluviométrico E2-046 em sua localização atual. Azimutes 0° (Norte) e 110° (Sudeste), respectivamente. Fotos: Denise Dias dos Santos, outubro de 2014. .	23
Figura 7: PCD 32521 - Caraguatatuba, localizada no bairro do Porto Novo: pluviômetro utilizado para coleta da precipitação acumulada e demais equipamentos da EMA. Azimutes 340° (Noroeste), 350° (Noroeste), respectivamente. Fotos: Denise Dias dos Santos, junho de 2013.	25
Figura 8: Distribuição percentual das precipitações em Caraguatatuba, SP, para o período de 1943 a 2012. Fonte: DAEE e Defesa Civil de Caraguatatuba, 2013. Org: Santos, 2015.	26
Figura 9: Variação da precipitação anual e classificação dos anos secos, habituais e chuvosos, para o período de 1943 a 2012. Fonte: DAEE e Defesa Civil de Caraguatatuba, 2013. Org: Santos, 2015.	27
Figura 10: Histograma de frequência para a série histórica 1943-2012. Fonte: DAEE e Defesa Civil de Caraguatatuba, 2013. Org: Santos, 2015.	28
Figura 11: Média de precipitação para cada mês do ano, no período de 1943 a 2012. Fonte: DAEE e Defesa Civil de Caraguatatuba, 2013. Org: Santos, 2014.	29
Figura 12: Desvios absolutos da precipitação média mensal para os anos de 1976 e 1984. Fonte: DAEE e Defesa Civil de Caraguatatuba, 2013. Org: Santos, 2014.	30
Figura 13: Frequência absoluta das precipitações mensais no período 1943-2012. Fonte: DAEE e Defesa Civil de Caraguatatuba, 2013. Org: Santos, 2015.	32
Figura 14: Distribuição percentual da chuva acumulada a cada três horas no período de 2007 a 2011. Fonte: Sinda, 2013. Org: Santos, 2013.	33
Figura 16: Frequência das precipitações no período 2007-2011. Fonte: Sinda, 2013. Org: Santos, 2015.	35
Figura 17: Imagens do satélite Goes 12 da América do Sul para o dia 11/02/2007, 2300Z (20h00 no horário de Brasília, respectivamente). Fonte: DSA/INPE.	37
Figura 18: Distribuição horária da precipitação acumulada no dia 11 de fevereiro de 2007. Fonte: Sinda, 2013. Org: Santos, 2013.	37
Figura 19: Imagens do satélite Goes 10 dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, e América do Sul para o dia 26/12/2008, 1800Z e 2100Z (15h00 e 18h00 no horário de Brasília, respectivamente). Fonte: DSA/INPE.	38
Figura 20: Distribuição horária da precipitação acumulada no dia 26 de dezembro de 2008. Fonte: Sinda, 2013. Org: Santos, 2013.	38
Figuras 21 e 22: Imagem do satélite Goes 10 dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, para o dia 21/04/2009, 0900Z (6h00 no horário de Brasília). Fonte:	

DSA/INPE;Carta sinótica para o dia 21/04/2009. Fonte: Marinha do Brasil.....	41
Figura 23: Distribuição horária da precipitação acumulada no dia 21 de abril de 2009. Fonte: Sinda, 2013. Org: Santos, 2013.....	40
Figura 24: Distribuição horária da precipitação acumulada no dia 28 de dezembro de 2009. Fonte: Sinda, 2013. Org: Santos, 2013.....	41
Figura 25: Imagens do satélite Goes 12 da América do Sul para o dia 28/12/2009, 1800Z e 2100Z (15h00 e 18h00 no horário de Brasília, respectivamente). Fonte: DSA/INPE.....	41
Figura 26: Distribuição horária da precipitação acumulada no dia 25 de fevereiro de 2010. Fonte: Sinda, 2013. Org: Santos, 2013.....	42
Figura 27: Imagens do satélite Goes 12 dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro e América do Sul para o dia 25/02/2010, 0900Z e 1500Z (6h00 e 12h00 no horário de Brasília, respectivamente). Fonte: DSA/INPE.....	42
Figura 28: Distribuição horária da precipitação acumulada no dia 05 de abril de 2010. Fonte: Sinda, 2013. Org: Santos, 2013.....	43
Figura 29: Imagens do satélite Goes 12 dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro para o dia 05/04/2010, 0200Z e 0300Z (05h00 e 06h00 no horário de Brasília, respectivamente). Fonte: DSA/INPE.....	44
Figuras 30 e 31: Imagem do satélite Goes 12 da América do Sul para o dia 11/01/2011, 0600Z (03h00 no horário de Brasília,). Fonte: DSA/INPE; Carta sinótica para o dia 11/01/2011. Fonte: Marinha do Brasil.....	44
Figura 32: Distribuição horária da precipitação acumulada no dia 11 de janeiro de 2011. Fonte: Sinda, 2013. Org: Santos, 2013.....	44
Figura 33: Distribuição horária da precipitação acumulada no dia 24 de abril de 2011. Fonte: Sinda, 2013. Org: Santos, 2013.....	45
Figura 34: Imagens do satélite Goes 12 dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro para o dia 24/04/2011, 1430Z e 1500Z (11h30 e 12h00 no horário de Brasília, respectivamente). Fonte: DSA/INPE.....	45
Figura 35: Precipitação anual total registrada pelo DAEE/Defesa Civil e pelo SINDA, entre os anos de 2007 e 2011. Org: Santos, 2015.....	47
Figura 36: Precipitação mensal média registrada pelo DAEE/Defesa Civil e pelo SINDA, entre os anos de 2007 e 2011. Org: Santos, 2015.....	47
Figuras 37 e 38: Vista superior da Praça Diógenes Ribeiro de Lima com escorregamento ao fundo e vista aérea das escarpas Serra do Mar no município de Caraguatatuba após os escorregamentos. Fonte: Arquivo Público de Caraguatatuba.....	49
Figura 39: Página do primeiro caderno do jornal Folha de São Paulo (20/03/1967) destacando a tragédia no litoral paulista; página do primeiro caderno e da edição da tarde, respectivamente, do jornal Folha de São Paulo (21/03/1967) com destaque para as consequências das chuvas e dos escorregamentos em Caraguatatuba.....	50
Figura 40: Precipitação mensal total para o final de 1966 e início de 1967 e média de precipitação para a série (1943-2012). Fonte: DAEE e Defesa Civil de Caraguatatuba, 2013. Org: Santos, 2015.....	51
Classificação dos anos padrão secos, habituais e chuvosos da série histórica 1943-2012. Fonte: DAEE e Defesa Civil de Caraguatatuba, 2013. Org: Santos, 2015.....	61
Tabela 1: Distribuição sazonal média das precipitações em Caraguatatuba (SP), entre os anos de 1943 e 2012.....	26
Tabela 2: Precipitação mensal (mm) nos anos de 1976, 1984 e a média mensal da série histórica em Caraguatatuba (SP).....	30
Tabela 3: : Frequência relativa (%) das precipitações no município de Caraguatatuba (SP) no período 1943-2012.....	50

Tabela 4: Precipitações mensal total, média mensal e porcentagem acima da média mensal para o período 1943-2012. Fonte: DAEE e Defesa Civil de Caraguatatuba.
Org: Santos,
2015.....50

Resumo

SANTOS, D.D. **As chuvas em Caraguatatuba (SP): análise de variabilidade e eventos extremos em diferentes escalas temporais**. 2014. 61 f. Trabalho de Graduação Individual – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

A precipitação é o atributo climático de maior importância quando se pretende estudar regiões tropicais. O regime de chuvas na região de Caraguatatuba, Litoral Norte de São Paulo é influenciado pela latitude, umidade proveniente do oceano e pela Serra do Mar, proporcionando precipitações resultantes do efeito orográfico e alterando o deslocamento de sistemas frontais. Este estudo realizou uma análise anual, mensal e sazonal das precipitações de 1943 a 2012 e da distribuição horária, nos anos de 2007 a 2011, verificando a presença de eventos extremos, superiores a 50 mm em 24 horas, neste período. Utilizou-se dados de um posto pluviométrico fornecidos pelo Departamento de Águas e Energia (DAEE) e Defesa Civil de Caraguatatuba, e de dados de uma estação meteorológica automática, fornecidos pelo Sistema Nacional de Dados Ambientais (SINDA/INPE). Na série analisada, 05 anos foram considerados secos, 55 anos estiveram dentro da normalidade (habituais) e 9 anos foram chuvosos. Na série temporal avaliada, ocorreram nove eventos com chuvas acima dos 50 mm diários: seis no verão e três no outono. Os resultados mostram que as chuvas concentram-se no fim da tarde e início da noite no período do verão. O deslocamento dos sistemas frontais se manifesta em qualquer horário do dia e a duração das precipitações ocorre de acordo com a intensidade dos sistemas, durante o período do outono. Foram selecionados os dados do posto pluviométrico e da estação meteorológica automática do período de 2007 a 2011. Anualmente, os dados do posto são maiores do que os fornecidos pela EMA. Mensalmente, isto também ocorre exceto nos meses de fevereiro e maio; neste último a variação é pequena (3,6 mm maior na EMA). Os eventos de março de 1967 caracterizaram-se por precipitações 1,5 vezes superiores que a média mensal para o período, resultando em deslizamentos e mortes no município.

Palavras-chave: precipitação, sazonalidade, eventos extremos

Abstract

SANTOS, D.D. **Rainfall in Caraguatatuba (SP): variability analysis and extreme events in different time scales.** 2014. 61 f. Individual Graduate Work – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

Precipitation is the most important climate attribute in studying tropical regions. The rainfall regime in the region Caraguatatuba, North Coast of São Paulo is influenced by latitude, humidity coming from the ocean and the Serra do Mar, providing precipitation resulting from the orographic effect and changing the offset frontal systems. This study made an annual, monthly and seasonal analysis of precipitations from 1943 to 2012 and the hourly distribution in the years from 2007 to 2011, verifying the presence of extreme events over 50 mm in 24 hours on this period. It used data from a rain gauge provided by the Departamento de Águas e Energia (DAEE) and the Defesa Civil de Caraguatatuba and the data from an automatic weather station supplied by the Sistema Nacional de Dados Ambientais (SINDA/INPE). In the analysed series, 5 years were considered dry, 55 years were under normal conditions and 9 years were rainy. In the analysed time series occurred nine events with rains above 50 mm daily: six on summer and three on autumn. The results showed that rains concentrate in the end of the evening and beginning of the night on summer. The displacement of the front systems happens during the day and the length of the rainfalls occurs in conformation to its intensity on the autumn period. The data from the rain gauge and the automatic weather station were selected. Annually the data of the rain gauge were higher than the ones from AWS. Monthly, it also occurs except in the months of February and May; In the last the variation is low (3.6 mm higher in AWS). The events from March 1967 are characterized by 1.5 times higher precipitations than the monthly average in the same period, resulting in landslides and deaths in the city.

Keywords: rainfall, seasonality, extreme events

1. Introdução

Para a Geografia, conhecer e compreender o ambiente natural e os seres humanos é de suma importância para estabelecer suas relações. É interesse do geógrafo entender como a sociedade se organiza no espaço físico considerando o meio natural no qual se insere.

Pertencente ao campo das ciências naturais, a Climatologia tem papel fundamental, pois os processos atmosféricos exercem influência na formação e manutenção das formas de relevo, origem dos cursos d'água e desenvolvimento dos solos e da vegetação. Na Geografia, diversos autores procuraram estabelecer abordagens geográficas acerca do clima. França (1945, p. 30) afirma que

Para a Geografia, a análise dos elementos do clima e suas combinações interessa na medida em que exprime situações reais da camada atmosférica ligada diretamente a *locais* da superfície do Globo e como base para apreciar o comportamento de fenômenos geográficos relacionados com o clima.

Nas décadas de 1940 e 1950 a preocupação da Climatologia brasileira foi o mapeamento climático utilizando como base o sistema de classificação de Köppen, que considerava o clima como um estado médio da atmosfera sobre um determinado lugar, ou seja, o clima como objeto estático. Sorre (1934, p.90)¹ define clima como “série de estados atmosféricos sobre determinado lugar em sua sucessão habitual”. Monteiro (1969) baseia-se no conceito sorreano (com sua noção de ritmo e sucessão) e introduz a noção de ritmo climático. Afirma também que o caráter geográfico das análises de tipos de tempo ocorre quando elas são colocadas em sequência contínua. Segundo o autor, “é pela sucessão que se percebem as diferentes combinações de elementos climáticos entre si e suas relações com os demais elementos do quadro geográfico” (MONTEIRO, 1969, p.12).

Na Geografia, o estudo da Climatologia Dinâmica e Aplicada faz-se necessária para compreender os demais fatores do sistema terra. Segundo Monteiro (1969, p.13)

esta análise dinâmica (do clima) é fundamental à definição dos sistemas morfoclimáticos e à real compreensão dos processos

¹ Texto original: “*Traité de climatologie biologique et medicale*” publicado em 1934 em Paris sob a direção de M. Piery Masson et Cie Éditeurs. Vol. I, pp. 1 a 9. Traduzido pelo Prof. Dr. José Bueno Conti e publicado na Revista do Departamento de Geografia em 2006.

erosivos; dá-nos conta do fornecimento da água, cujos mecanismos de escoamento e infiltração seguem um ritmo que não pode ignorar aquele de onde provêm, com sua variabilidade e desvios afeta os seres vivos, importantes componentes da paisagem geográfica; e repercute nas atividades humanas, notadamente naquelas ligadas à utilização do solo.

Para o estudo de atributos climáticos em uma determinada localidade, faz-se necessário analisar o contexto em que eles estão inseridos, não somente com características locais, mas também considerando a circulação geral da atmosfera. Em uma região tropical chuvosa, por exemplo, o atributo climático de maior relevância é a precipitação, que podem definir os períodos de secas e de chuvas (GALVANI *et al.*, 1998).

Visualmente, o processo de condensação é percebido quando há a formação de nebulosidade, onde a manutenção da saturação promove o desenvolvimento da nuvem. Segundo Tubelis e Nascimento (1984), o resfriamento por expansão adiabática é o principal responsável na formação de nuvens. Os autores afirmam que

(...) a medida que a massa de ar se eleva na atmosfera, ela se expande em decorrência da diminuição da pressão atmosférica com altura. Como o ar é um mal condutor de calor e o processo desenvolve-se rapidamente, a expansão é considerada como adiabática, ocorrendo às custas da diminuição da energia interna da massa de ar. Como consequência, a massa de ar resfria-se a medida que se eleva na atmosfera (TUBELIS; NASCIMENTO, 1984, p. 169).

As nuvens podem se desenvolver vertical e horizontalmente; seu desenvolvimento vertical varia de acordo com a instabilidade da atmosfera e o desenvolvimento horizontal depende da sua extensão. Quando atinge o nível de condensação, a nuvem é constituída de gotículas de água de pequenas dimensões (de 2 a 20 microns) que ficam sujeitas às forças gravitacionais e às correntes ascendentes de ar. Para que ocorra precipitação, as gotículas de água crescem de acordo com dois processos, descritos aqui por Tubelis e Nascimento:

Inicialmente a gotícula cresce por difusão do vapor d'água em direção à sua superfície, sobre a qual se condensa. Este processo é tanto menos intenso quanto maior for o tamanho das gotas. A partir de um determinado diâmetro, o crescimento das gotas se faz principalmente pela colisão e coalescência de gotas, em decorrência de diferenças de velocidades de queda causadas por gravidade, por movimentos turbulentos do ar em

pequena escala, por movimento browniano e por forças elétricas. Este processo inicialmente é lento, e intensifica-se exponencialmente com o aumento do tamanho das gotas (TUBELIS; NASCIMENTO, 1984, p. 199).

Ayoade (2004) define que para a meteorologia, a precipitação é um termo utilizado para qualquer deposição em forma líquida ou sólida que são derivadas da atmosfera. Porém, na região dos trópicos, somente a chuva contribui com valores significativos e é denominada como “precipitação” ou “precipitação pluvial”. A pluviometria é caracterizada como a quantificação das precipitações pluviais (pluvio = chuva); a unidade de medida adotada é o milímetro (mm), significando a precipitação de um litro de água por metro quadrado de superfície (VAREJÃO-SILVA, 2005). Tubelis e Nascimento (1984) consideram que a precipitação é o processo pelo qual a água condensada na atmosfera atinge gravitacionalmente a superfície terrestre. Segundo Monteiro (1973), a maior ou menor incidência de chuvas tem íntimas relações com a pulsação do ritmo.

No Litoral Norte Paulista, fatores como a latitude, o relevo e a alta umidade que se desloca do oceano para o continente podem interferir no clima local. Tal configuração proporciona uma distribuição das chuvas peculiar, em que não é possível estabelecer uma estação seca e há a ocorrência de eventos extremos. Estes eventos podem ocorrer em várias escalas de tempo, de diária a mensal e sazonal (CAVALCANTI, 2012). As inundações e deslizamentos ocorrem quando, principalmente em área urbana, os excessos de chuvas (relacionados a células convectivas profundas, muitas vezes embutidos em sistemas sinóticos que podem persistir sobre a área) são combinados com alta impermeabilização do solo e ocupação em áreas de alta susceptibilidade aos escorregamentos, causando perdas e danos não somente materiais, mas também humanos.

Para o município de Caraguatatuba (SP), área definida para o estudo, é fundamental compreender a importância do efeito orográfico na gênese do clima do Litoral Norte Paulista. A orografia influencia na chegada e deslocamento de umidade e massas de ar que definem o tipo de tempo do local. Segundo Sant’Anna Neto (1990), a estrutura do relevo da enseada de Caraguatatuba impulsiona o efeito de formação de chuvas orográficas e

dificulta o deslocamento da Frente Polar Atlântica (FPA) na área. Em seu estudo sobre a normalidade da pluviometria no setor serrano de Cubatão na Baixada Santista, Nunes (1992), constata que a região apresenta “alguns dos montantes (de pluviosidade) mais altos do país, fruto da dinâmica atmosférica regional aplicada sobre um relevo escarpado”.

Milanesi (2012) afirma que o regime de chuvas orográficas é determinado por diversos fatores de escala espacial e temporal, porém o maior responsável pelo desenvolvimento destas precipitações são os fluxos de ar, presentes nos sistemas atmosféricos regionais, pela brisa marítima e pela instabilidade atmosférica local que gera convecção. 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 (PELLEGATTI; GALVANI, 2010). A região Sudeste do Brasil caracteriza-se por ser uma zona de transição entre climas quentes de latitudes baixas e climas mesotérmicos de latitudes médias (BORSATO; SOUZA FILHO, 2008). Portanto, a área de estudo está sob influência de sistemas frontais intensos oriundos das altas latitudes, mas também apresenta valores de temperatura próximos aos encontrados nas baixas latitudes; aliada a umidade do oceano e disposição do relevo, a região é caracterizada pela alta pluviosidade.

2. Objetivos

O objetivo deste trabalho é analisar as precipitações, em diferentes escalas temporais, no município de Caraguatatuba, localizado no Litoral Norte do estado de São Paulo e para isso teceu-se os seguintes objetivos específicos:

- Analisar do ponto de vista anual, mensal e sazonal as chuvas no período de 1943 a 2012, com dados do posto pluviométrico pertencente ao DAEE e à Defesa Civil de Caraguatatuba;

- Realizar análise estatística dos dados de precipitação total anual, assim como uma taxonomia das precipitações em diferentes intervalos de classe classificando dos anos-padrão (secos, habituais e chuvosos) e verificando a variabilidade nas precipitações;

- Analisar mensal, sazonal e horariamente as chuvas no período de 2007 a 2011, com dados da estação meteorológica automática do Sistema Nacional de Dados Ambientais (SINDA/INPE) e a ocorrência de eventos extremos durante o período.

- Comparar os dados pluviométricos no período de 2007 a 2011 obtidos por meio do posto pluviométrico e da estação meteorológica automática (EMA).

- Analisar, do ponto de vista climático, o evento pluviométrico de 1967 em Caraguatatuba (SP), sua dinâmica e seus totais registrados.

3. Área de Estudo

3.1 Localização e breve histórico de ocupação

Caraguatatuba é um dos quatro municípios que compõem o Litoral Norte Paulista; localiza-se entre as latitudes 23°28'S e 23°46'S e as longitudes 45°16'W e 45°43'W (figura 1), com 485 km² de área e 100.840 habitantes, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010).

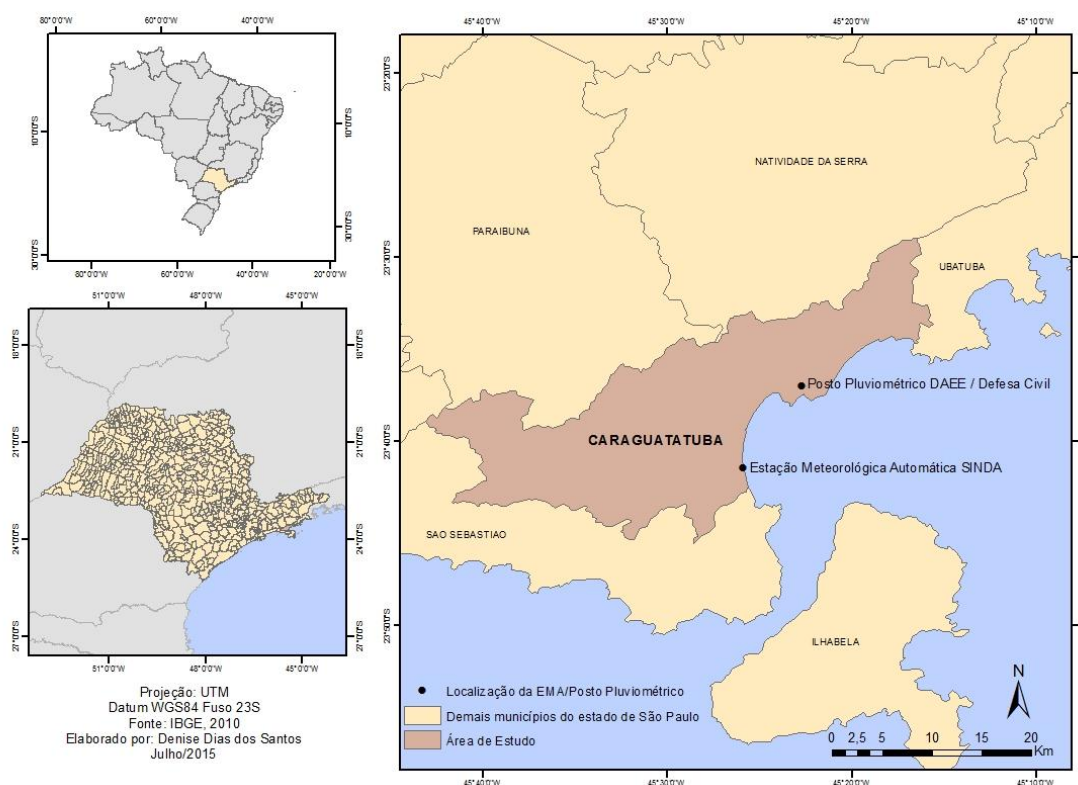


Figura 1: Localização do município de Caraguatatuba, EMA e posto pluviométrico utilizados no estudo.

Entre os municípios de Ubatuba, São Sebastião e Paraibuna, surgiu Caraguatatuba, por volta de 1653 e foi emancipada em 1857. É uma dos quinze municípios paulistas considerados estâncias balneárias, por cumprirem determinados requisitos definidos por lei estadual².

A fundação de Caraguatatuba tem suas origens no século XVII, por meio da concessão de Sesmarias (divisão de terras instituída pelo império português durante o período colonial). Segundo dados da Prefeitura Municipal de Caraguatatuba,

nos primeiros anos de 1600 o capitão-mor Gaspar Conqueiro doou a Miguel Gonçalves Borba e Domingos Jorge a porção de terra localizada na bacia do Rio Juqueriquerê. Foi exatamente naquele ponto que a cidade começou a nascer entre 1664 e 1665 que surgiram sinais de povoamento, com a construção dos primeiros prédios, como a pequena igreja de Santo Antônio, santo padroeiro da cidade de Caraguatatuba.

² “O Estado de São Paulo possui 67 municípios considerados estâncias por lei. São cidades que recebem verbas do DADE (Departamento de Apoio ao Desenvolvimento das Estâncias) todos os anos, sempre aplicadas em obras que melhoram sua estrutura para receber turistas. Se classificam em balneárias, climáticas, hidrominerais e turísticas” (SECRETARIA DE TURISMO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2014).

Ainda de acordo com a prefeitura, o povoado foi elevado à condição de Vila de Santo Antônio de Caraguatatuba em 27 de setembro de 1770, a pedido de Dom Luiz Antônio de Souza Botelho Morgado de Mateus, o então capitão geral da Capitania de São Paulo. Em 16 de março de 1847, o presidente da Província de São Paulo, Manuel da Fonseca Lima e Silva, ordenou que a vila passasse a ser denominada Freguesia e recebeu sua emancipação política e administrativa em 20 de abril de 1857. Após diversos surtos de varíola, malária e gripe espanhola, que causaram diversas mortes, o crescimento do povoado iniciou-se com a chegada de famílias de estrangeiros, que se instalaram na Fazenda dos Ingleses. A propriedade se estabeleceu em 1927 e trouxe benefícios como o aumento da população, a formação de trabalhadores agrícolas e artesãos, o surgimento do comércio e o crescimento substancial da arrecadação municipal. O crescimento e progresso da Freguesia de Santo Antônio de Caraguatatuba forçaram o Governo do Estado de São Paulo a reconhecê-la como Estância Balneária em 30 de novembro de 1947. Sua comarca foi instalada anos depois, em 26 de setembro de 1965. Caraguatatuba possui um núcleo histórico que não apresenta vestígios do passado devido a sua reurbanização (SILVA, 1975).

A partir dos anos 1970, com a construção da rodovia Rio-Santos, intensificou-se o turismo no litoral paulista. Nos centros urbanos cresceram os investimentos comerciais, que aceleraram o processo de urbanização do litoral a partir da valorização do mercado imobiliário, formaram-se balneários, condomínios fechados e loteamentos e assim os sítios urbanos se expandiram a partir das últimas duas décadas do século XX. O turismo tornou-se a principal atividade econômica do Litoral Norte Paulista e o recurso paisagístico passou a ser o maior produto econômico da região, principalmente no município de Caraguatatuba.

Segundo Silva (1975, p. 59), o sítio urbano é definido como “uma unidade geográfica natural à qual associa-se um processo humano de ocupação do solo” e esta definição leva em consideração a tecnologia disponível. O município de Caraguatatuba, diferentemente das demais cidades do Litoral Norte Paulista, sempre esteve mais favorável à urbanização e encontra-se nas planícies costeiras de sedimentação predominantemente marinha. As escarpas das Serra do Mar são fatores condicionantes para o

desenvolvimento das unidades urbanas, desde os bairros de tradições caiçaras até os balneários (SILVA, 1975). O desenvolvimento do turismo e as atividades que aproveitam as praias e os recursos do mar contribuíram para a estruturação do sítio urbano caraguatatubense. Este fato proporciona a cidade o status de “capital regional” de acordo com sua urbanização (figura 2).

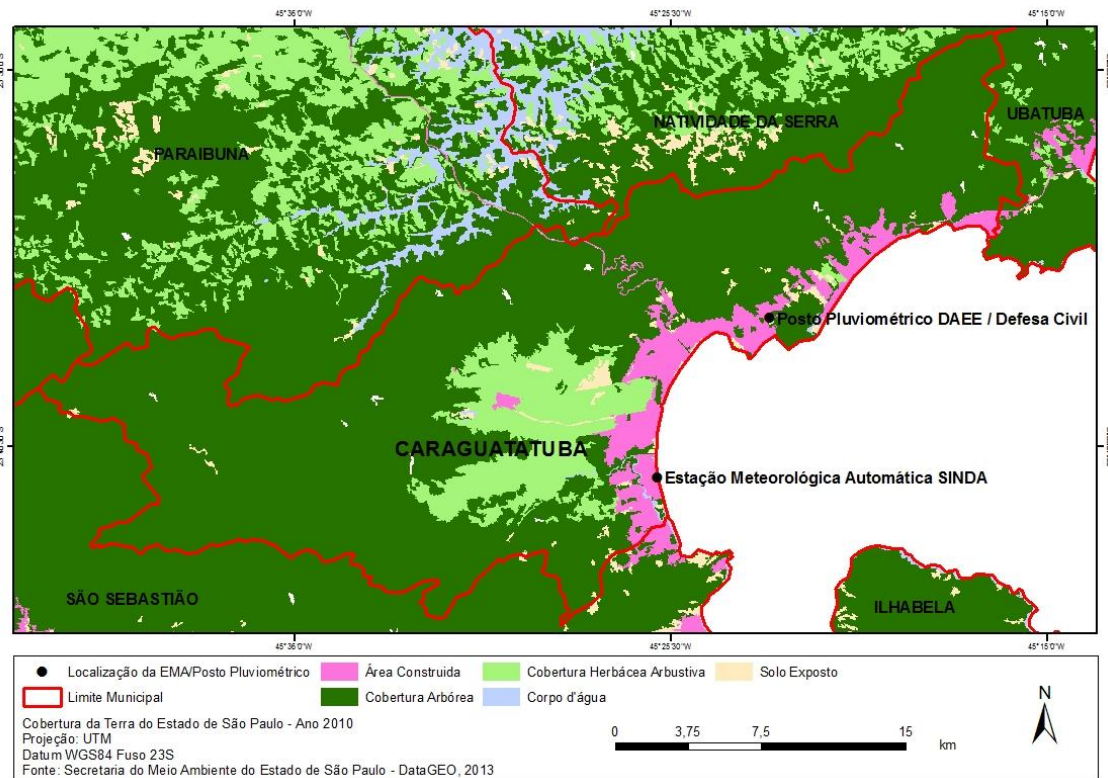


Figura 2: Cobertura do uso da terra no município de Caraguatatuba (SP). Fonte: SMA/DataGEO, 2013. Org: Santos, 2015.

Assim como muitas cidades do estado e do país, seu nome é originado do tupi. Segundo informações dos moradores mais antigos, “Caraguatá” é uma espécie de planta muito abundante na época da colonização e povoamento da vila (que se tornou cidade) e “tuba” significa “lugar de altos e baixos”, provavelmente uma referência ao relevo da região.

3.2 Geologia e Geomorfologia

Em seus estudos sobre a Serra do Mar na região de Caraguatatuba, Cruz (1986) a define como um compartimento geomorfológico de extrema importância, que possui embasamento pré-cambriano, com contatos litológicos diferenciados e cicatrizes de origem tectônica; é formada por uma associação de vertentes escarpadas que fazem a divisão do planalto. As áreas costeiras

são definidas pelo litoral e suas planícies, formando um sistema cujas inter-relações devem ser consideradas nas pesquisas, análises e planejamentos sobre este espaço.

Segundo Almeida e Carneiro (1998), a Serra do Mar é um conjunto de escarpas festonadas com cerca de 1.000 km de extensão, em que termina o Planalto Atlântico no trecho voltado para a Bacia de Santos. Ela se estende do Rio de Janeiro ao norte de Santa Catarina, onde deixa de existir como unidade orográfica de borda escarpada de planalto. No estado de São Paulo, impõe-se como típica borda de planalto, frequentemente nivelada pelo topo em altitudes de 800 a 1.200 m. Sua origem geológica é datada do período pré-cambriano, mas os dobramentos modernos responsáveis por suas escarpas e solos são de origem quaternária. De acordo com os autores

A complexa história registrada entre o Pré-cambriano e o Eopaleozóico, que deu origem a diversas associações migmatíticas e metamórficas, bem como a inúmeros complexos ígneos, explica a ampla variedade de tipos litológicos do embasamento exposto. Os estágios evolutivos do embasamento costeiro são ainda mal conhecidos. As idades mais antigas distribuem-se do Arqueano ao Proterozóico Inferior (ALMEIDA; CARNEIRO, 1998, P.135).

Em seu trabalho, Sant'anna Neto (1990, p.19) define o Litoral Norte como “a área compreendida a partir da Serra Juqueriquerê e a ilha de São Sebastião, no sentido sudoeste-nordeste, até a Serra de Parati nos limites dos estados de São Paulo e do Rio de Janeiro”. Diferentemente do Litoral Sul, aqui a Serra do Mar se faz presente muito próxima ao litoral, conforme se pode verificar na figura 3. A exceção é, segundo o autor, o “bolsão formado pela enseada de Caraguatatuba, que se assemelha a um imenso anfiteatro e chega a atingir cerca de 10 km de largura”. Esta estrutura de relevo proporciona a formação do efeito de chuva orográfica e dificulta a penetração da Frente Polar Atlântica (FPA) no município. Devido à latitude, o clima é influenciado pelas massas equatoriais e tropicais, com chuvas intensas durante o verão e sem estação seca, mesmo durante o inverno. O Litoral Norte, assim como toda a zona costeira do Estado de São Paulo, destaca-se pela sua importância natural

e paisagística (SILVA *et al* 2005, p.41), que é resultado dos fatores latitude, alta umidade do oceano, sazonalidade e relevo.

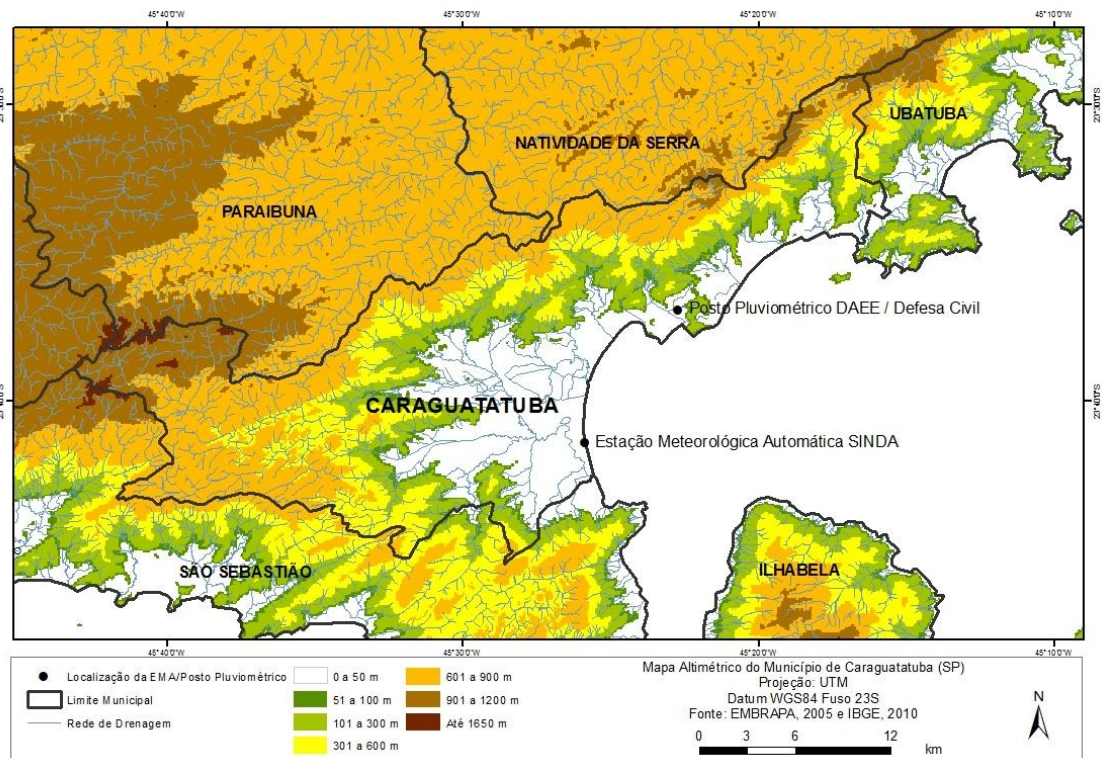


Figura 3: Mapa de altitude de Caraguatatuba (SP). Fonte: EMBRAPA, 2005 e IBGE, 2010. Org: Santos, 2015.

O Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra do Mar define três domínios geomorfológicos para a área (SMA/IF, 2006):

a) O Domínio dos Planaltos situa-se nos flancos norte e ocidental da Serra do Mar (onde as altimetrias alcançam mais de 1.200 m) e limita-se aos setores de relevo inferiores, nos níveis de 800 a 900 m. No Domínio dos Planaltos encontram-se formas altamente dissecadas, onde os padrões de drenagem geralmente são condicionados à estrutura geológica regional e nos quais os processos denudacionais são predominantes, implicando em ambiente de alta energia.

b) O Domínio das Escarpas consiste em uma faixa de encostas com vertentes abruptas que margeiam o Planalto Atlântico, de direção predominante nordeste-sudoeste, desde a região do Planalto da Bocaina, na divisa com o Estado do Rio de Janeiro, até a região do Vale do Ribeira de Iguape. Geralmente suas formas caracterizam-se por espigões digitados (interflúvios formando promontórios) intercalados a anfiteatros côncavos e paredões

retilíneos. Os processos denudacionais também são predominantes, implicando igualmente em ambiente de alta energia.

c) O Domínio das Planícies Litorâneas abrange todo o litoral da área de estudo, salvo os limites caracterizados como área urbana. A faixa ou orla litorânea correspondente a este domínio constitui-se no espaço onde ocorrem processos geomórficos marinhos e continentais, cujas interações atmosféricas e antrópicas concentram-se na zona intertidal; essa zona compreende a porção delimitada pela linha do litoral, que demarca o contato entre as águas e as terras e varia com as amplitudes de maré, e a linha de costa, e se estende até o sopé da escarpa da Serra do Mar, compreendendo formações recentes (desde o Pleistoceno), nas quais é predominante o processo de acumulação.

3.3 Climatologia

Segundo a classificação climática de Köppen, que considera as médias de temperatura e precipitação anual, sazonal e dos meses extremos, observando também aspectos biogeográficos de cada região, o município é classificado como Cfa: Clima oceânico sem estação seca com verão quente (ALVARES, *et al.* 2013). De acordo com o Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI, 2013), as temperaturas mínima e máxima do ar são de 18,2°C e 31,6°C (com a média em 24,9°C), respectivamente, e a média anual de precipitação é de 1757,9 mm, caracterizando o clima como Af: tropical chuvoso, sem estação seca com a precipitação média do mês mais seco superior a 60 mm. Esta definição encaixa-se melhor nos padrões climáticos da área de estudo. Silva *et al* (2005) destacam que no litoral norte não há uma estação seca definida; durante a primavera e o verão, os totais pluviométricos podem ultrapassar os 2000 mm, no inverno e outono esse valor fica próximo aos 500 mm, comprovando que há somente uma diminuição nos totais de precipitação durante estas estações (figura 4).

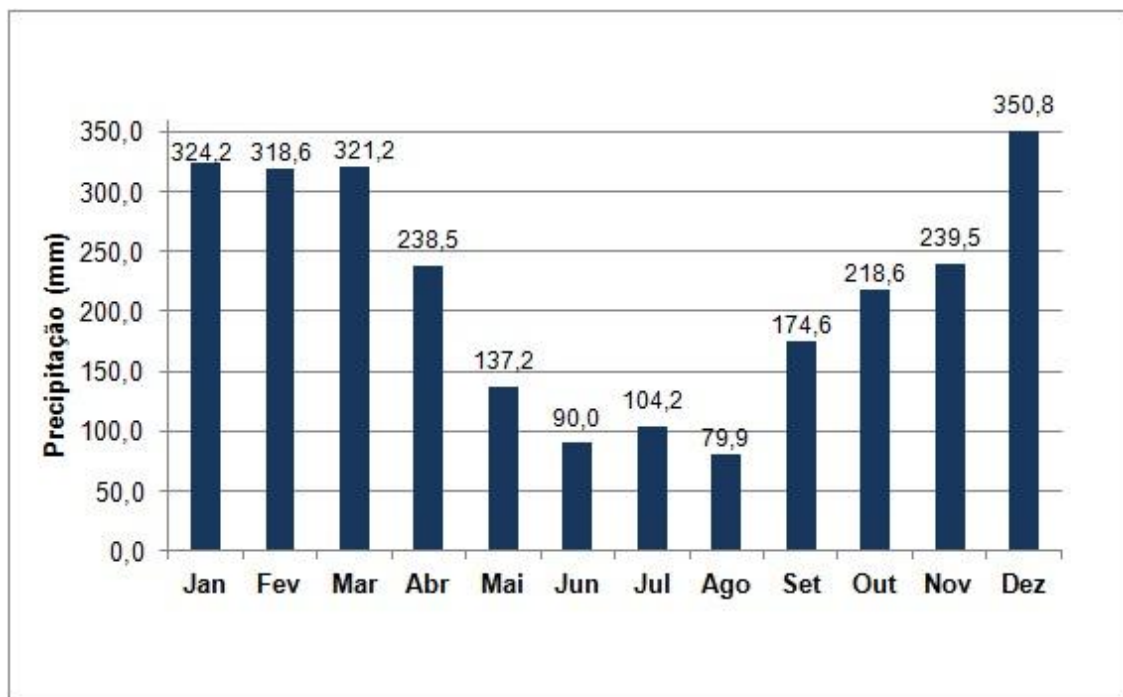


Figura 4: Normal Climatológica para o município de Ubatuba - SP (1961-1990). Fonte: INMET, 2013.

Monteiro (1973) classifica os climas paulistas no seu trabalho intitulado "A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado De São Paulo", onde demonstrou a necessidade de se adotar um caráter dinâmico e genético ao estudo do clima (figuras 5a e 5b). O autor subdivide o estado em seis áreas, levando em consideração as unidades morfológicas do relevo (Litoral, Planalto Atlântico, Vale do Paraíba, Mantiqueira, Depressão e Planalto Ocidental) e conclui que o "litoral" pode ser subdividido em três subunidades:

a) LITORAL NORTE (A1 Ia) - área compreendida entre São Sebastião e Ubatuba, controlada por massas equatoriais e tropicais, com clima úmido das costas expostas à mata, sujeitas a uma menor participação das massas polares (Pa) com cerca de 30% a 40%, menos sujeita às invasões de frio e a posição da Serra do Mar bem próxima à costa é responsável pela acentuada pluviosidade mesmo no inverno (efeito orográfico).

b) LITORAL CENTRAL (B1 Ib) - de Maresias a Itanhaém, controlado por massas tropicais (Ta) e polares, de clima úmido na face oriental e subtropical com aumento da participação das massas polares onde a serra se aproxima da costa quase no sentido oeste-leste, que aliado à direção oposta às correntes

perturbadas do sul, faz com que este trecho seja a área de maior pluviosidade do Brasil.

c) LITORAL SUL (B1 Ia) - de Peruíbe a Cananéia, área controlada por massas tropicais e polares (tal qual a área B1 Ib) caracterizada, porém, pela maior variação da pluviosidade já que o afastamento da Serra de Paranapiacaba da linha de costa faz alternar as planícies dos maciços isolados, com o aumento das participações das massas polares e passagens frontais e a distribuição quantitativa das chuvas varia de acordo com a topografia (SANT'ANNA NETO, 1990).

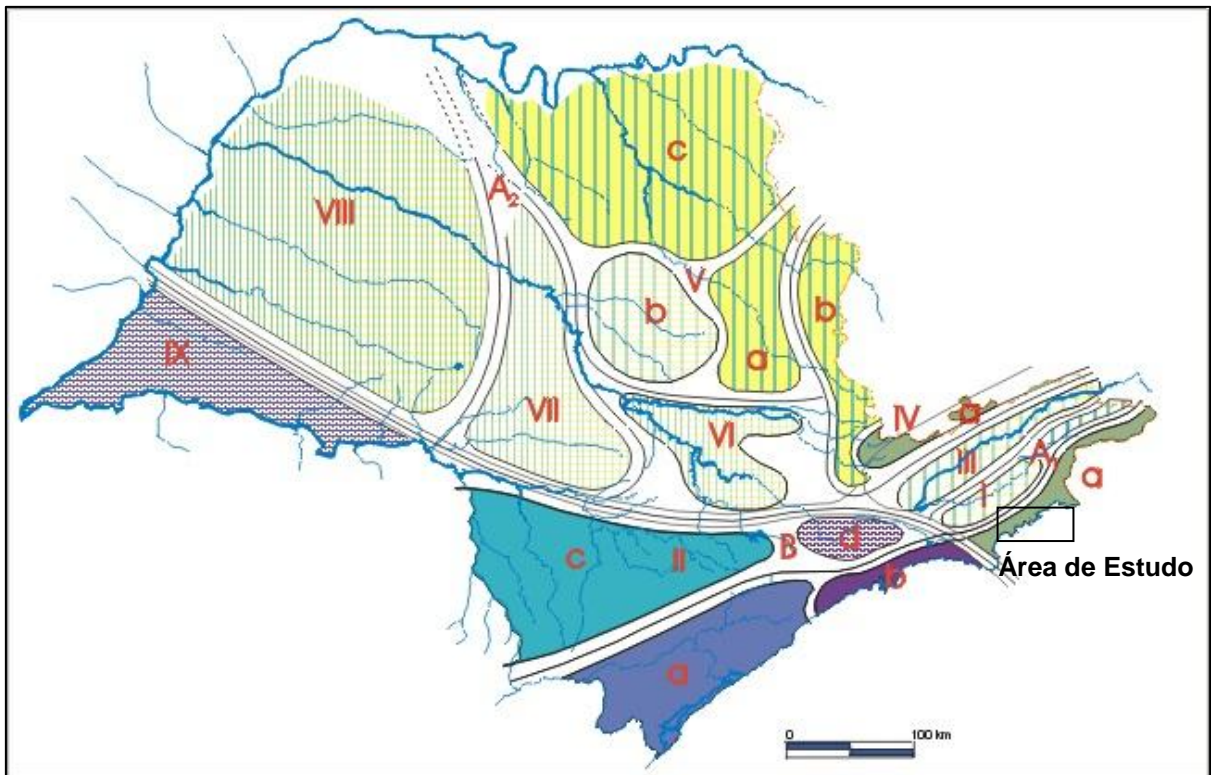


Figura 5a: Classificação Climática do Estado de São Paulo proposta por Monteiro (1973).

Climas Zonais		FEIÇÕES CLIMÁTICAS INDIVIDUALIZADAS NOS CLIMAS REGIONAIS, SEGUNDO AS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS					
		Litoral	Planalto Atlântico	Vale do Paraíba	Mantiqueira	Depressão	Planalto Ocidental
Controlados por massas equatoriais e tropicais	Climas úmidos das costas expostas às massas A_1	I Norte	Bacia superior do Paraíba	III Vale do Paraíba	IV Serra (borda do Planalto)		
	Climas tropicais alternadamente secos e úmidos A_2				Montes	V Setor Norte	Norte Serra de São Carlos
Controlados por massas tropicais e polares	Climas úmidos da face oriental e sub-tropical dos continentes dominado por massa B_1	Sul	Bacia do Paranapanema			VI "Peróse" do Tietê	VII Serra de Botucatu
		Centro	Bacia Paulista				VIII Oeste
							IX Sudoeste

Figura 5b: Legenda do mapa de feições climáticas (em destaque para melhor entendimento). Fonte: Monteiro, 1973.

A existência de um bolsão menos chuvoso na enseada de Caraguatatuba é explicada pela posição a sotavento das serras que a circundam. Dessa enseada, ao sul de Maranduba até São Sebastião e Ilhabela, as médias anuais de precipitação são reduzidas, em torno de 1700 mm, configurando-se uma nítida área de “sombra de chuvas” voltadas para o nordeste e leste. Nas vertentes da Serra do Mar, o efeito orográfico provoca acentuado aumento da pluviosidade, superando 3000 mm, além de se posicionarem em direção conflitante às correntes atmosféricas de sul e sudeste (SMA/IF, 2006).

A escolha da área de estudo justifica-se pelo fato de que as condições geomorfológicas da região, bem como sua proximidade do oceano, responsável por oferecer grande parte da umidade, proporcionam à área um conjunto de fatores que devem ser objeto de um estudo climatológico envolvendo a orografia e precipitações pluviais (CONTI, 1975).

3.4 Vegetação e solos presentes na região

O município, a oeste, é circundado pela Serra do Mar, que é cuja vegetação é composta pela Mata Atlântica. Segundo a Secretaria do Meio Ambiente do estado de São Paulo, grande parte da vegetação pertence ao Núcleo Caraguatatuba do Parque Estadual da Serra do Mar. O Núcleo integra a rede de Unidades de Conservação, administrada pela Secretaria do Meio Ambiente, por meio da Fundação Florestal. Com o nome inicial de Reserva Florestal de Caraguatatuba, a área passou a ser um Núcleo do Parque Estadual da Serra do Mar em agosto de 1977, o primeiro do litoral norte e um marco na história da preservação da mata atlântica na região. Sua área de abrangência é de cerca de 88.000 hectares, incluindo os limites dos municípios de São Sebastião, Paraibuna, Salesópolis e Natividade da Serra. Jequitibás, canelas, cedros, jatobás, ipês, guapuruvus e manacás-da-serra são algumas das árvores que caracterizam a riqueza da floresta perene úmida de encosta, um sinônimo de mata atlântica. O parque abriga e mantém inúmeras nascentes que formam os riachos e córregos que fazem parte de importantes bacias hidrográficas, como as dos rios Pardo, Guaxinduba e Claro. O local é aberto para visitação, possui trilhas que podem ser percorridas com guias e cachoeiras.

A região da Serra do Mar possui solos que se diferenciam em função do compartimento da paisagem em que se encontram. De maneira geral, pode-se dizer que os solos são mais rasos na região da escarpa sobre granitos, principalmente nas altas e médias vertentes, pouco profundos a profundos no planalto sobre gnaisses e mais profundos na planície litorânea sobre sedimentos predominantemente marinhos e fluviais (SMA/IF, 2006). Segundo levantamento realizado para elaboração do plano de manejo do PESM (2006), na região de estudo podemos encontrar: **Latossolos** (baixas vertentes das escarpas, nos colúvios e no planalto, em frequente associação com Cambissolos), **Argissolos** (no planalto, em declives variados, na escarpa, em vertentes de relevo forte ondulado e montanhoso e nos cones de dejeção (colúvios)), **Cambissolos** (mais comuns em toda a área mapeada, ocorrendo associados a relevos que variam de ondulado a escarpado, no planalto e em toda a escarpa), **Neossolos Litólicos** (em pendentes bem inclinadas no relevo

de morros paralelos com alto grau de fraturamento, nas altas vertentes e topos, em relevo de morros altos e topos angulosos, da baixa vertente ao topo, todos no planalto, isoladamente ou em associação com Argissolos), **Gleissolos** (zonas de inundação dos principais rios, sobre sedimentos fluviais e continentais), **Espodossolos** (relevo plano, ocupando, geralmente, a parte frontal da planície até chegar às areias de praia. Estão assentes sobre sedimentos arenosos marinhos, na forma de terraços e cordões de restinga), **Organossolos** (áreas abaciadas, nas depressões das planícies litorâneas permanentemente encharcadas), **Neossolos Quartzarênicos** (relevo plano, ao longo dos principais rios que cortam a planície litorânea, em planícies fluviais em pontos isolados, nas zonas de contato entre as praias e os primeiros cordões de restinga e nas áreas de mangue) e **Neossolos Flúvicos** (relevo plano, próximo à calha dos principais cursos d'água).

De acordo com o levantamento da Secretaria do Meio Ambiente, no município de Caraguatatuba encontram-se três tipos de formações de vegetação: **Floresta Ombrófila Densa Montana, Floresta Ombrófila Densa Submontana, Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas**, além das suas respectivas vegetações secundárias: **vegetação secundária da Floresta Ombrófila Densa Alto Montana, vegetação secundária da Floresta Ombrófila Densa Submontana e formações arbórea/arbustiva-herbáceas de terrenos marinhos lodosos.**

A **Floresta Ombrófila Densa Montana** é uma floresta perenifólia que se inicia na crista da Serra do Mar e estende-se para o interior do Planalto Atlântico. Situa-se entre as Florestas Estacionais Semidecíduais, típicas do interior do Estado, e as Florestas Ombrófilas que recobrem a Serrania Costeira. O gradiente entre uma ou outra formação depende das variações na precipitação, regime pluviométrico e substrato. **A Floresta Ombrófila Densa Submontana** está presente na encosta da Serra do Mar e nos morros e serrinhas isolados, que surgem na planície litorânea ou no oceano. São florestas perenes e estão sujeitas a uma pluviosidade e umidade relativa do ar mais elevada quando comparada às florestas sempre verdes do Planalto Atlântico. Os solos são geralmente argilosos, oriundos da erosão das rochas do complexo cristalino, variando de rasos a muito profundos. Essa condição ambiental permite o desenvolvimento de uma floresta alta, com dossel de 25-

30 m. No entanto, em função da topografia acidentada, as copas não se tocam, permitindo assim, uma boa penetração da luz. A alta umidade relativa do ar e a boa penetração de luz permitem o desenvolvimento de uma rica flora de epífitas, não superada por nenhuma outra formação vegetal brasileira. Já a **Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas** forma-se nas planícies litorâneas, que se desenvolvem de modo descontínuo, subordinadas às reentrâncias do fronte serrano. No litoral norte, os esporões serranos, os pequenos maciços e os morros litorâneos isolados estão intercalados por pequenas planícies e enseadas, que formam praias de bolso. As planícies são constituídas por deposição fluvial e lacustre, que contém, em parte, material proveniente de rastejos e escoamento superficial das serras costeiras (origem continental). Há ainda trechos de deposição marinha, na qual foram formadas as restingas (origem oceânica). Esses sedimentos foram depositados e retrabalhados a partir das regressões marinhas do período Pleistocênico Superior e, principalmente, do Holocênico. Deste modo, a ocupação vegetal das planícies litorâneas é bastante recente quando comparada à floresta de encosta, num lento processo de sucessão no qual os estágios seriais determinam diferentes fitofisionomias em função de características ambientais atuais e pretéritas. A vegetação ocorre em diferentes substratos sedimentares, porém sempre associada a fatores limitantes, como alta salinidade, oligotrofia, instabilidade de solo e forte influência hídrica. Assim, quando mais próxima da encosta, encontra-se uma floresta alta, com árvores de 10-15 m, instaladas sobre os aluviões provenientes das serras ou em terraços fluviais, reconhecidos pelo relevo plano e ligeiramente mais elevado do que os arredores. Essa formação é popularmente conhecida como Floresta Alta de Restinga (SMA/IF, 2006).

4. Revisão bibliográfica sobre o tema

Cruz (1974) desenvolve seu trabalho geomorfológico na área de Caraguatatuba (SP), destacando alguns episódios de chuvas no final do ano de 1966 e início de 1967 que desencadearam os deslizamentos na Serra do Mar, com chuvas associadas às passagens da Frente Polar Atlântica. Segundo a autora, as precipitações intensas são capazes de criar momentos especiais na morfogênese: “Como é de fato conhecido, não são as situações normais mas sim as excepcionais que fazem evoluir a paisagem” (p.165).

Em seu estudo sobre a gênese das chuvas no setor lesnordeste do estado de São Paulo, Conti (1975) considera que a variação da pluviosidade depende da atuação dos fluxos atmosféricos. O autor destaca, contudo, que o mecanismo da gênese das chuvas é complexo e que o relevo não deve ser ignorado, sobretudo nas regiões do globo onde os valores altimétricos são expressivos. Ainda sobre o relevo de sua área de estudo, o autor afirma que

(...) verifica-se que o Sudeste (brasileiro) exibe um relevo importante formado pelos alinhamentos orográficos mais significativos do nosso território, ou sejam, as Serras do Mar e a da Mantiqueira, que se dispõem paralelamente à linha de costa, contendo em seu interior o vale do rio Paraíba do Sul (p.12).

A região é importante para estudos climatológicos também pela configuração da dinâmica atmosférica regional: encontra-se em uma área de transição, onde, mesmo com a diminuição das precipitações em função da latitude, os eventos ocorrem com grande influência da ação das frentes (CONTI, 1975).

Sant’anna Neto (1990) buscou caracterizar a gênese das chuvas na zona costeira paulista, com sua distribuição espacial e temporal, considerando seu ritmo e eventos de excepcionalidade, classificando as séries históricas em anos-padrão. O autor procurou também discutir a classificação tipológica para a zona costeira, com base na obra de Monteiro (1973) e desenvolver modelos de representações do fenômeno pluvial, através da confecção de cartas síntese e gráficos de análise rítmica.

Riehl (1965) afirma que a variação da precipitação nos trópicos é maior nos meses com menor média de precipitação e decresce à medida que esta aumenta. Já a variabilidade relativa é “a razão entre a média aritmética dos

valores modulares dos desvios e o valor da média das precipitações (...). A variabilidade relativa é baixa onde a precipitação é alta e é alta onde a precipitação é baixa” (p.97).

Segundo Galvani *et al.* (2012), a variabilidade climática associa-se a uma variação esperada da atmosfera dentro de um limite determinado; associa-se também “a variação das condições dos atributos climáticos (temperatura e precipitação, principalmente) em torno da média normal climatológica”.

Na análise de variabilidade e tendência das precipitações das chuvas na bacia do Rio Pirapó (PR), Andriucci *et al.* (2002) utilizaram as médias, desvios padrões e coeficientes de variação dos dados de 13 postos pluviométricos correspondentes aos anos de 1976 a 1996, resultando em cartogramas que ilustram a distribuição espacial das precipitações. As análises foram importantes para correlacionar com o uso agrícola do solo presente na região. A série histórica foi dividida em trimestres secos, chuvosos e habituais. Nos cartogramas foram plotadas as isolinhas com a finalidade de estabelecer a variabilidade espacial das chuvas. Os trimestres considerados habituais correspondem à lógica relacionada à latitude e longitude onde se localiza a bacia e os trimestres considerados secos e chuvosos relacionam-se com as anormalidades (El Niño e La Niña, por exemplo). De acordo com os autores, as precipitações são distribuídas em maior volume nas nascentes dos rios e diminuem consideravelmente “em direção ao médio Pirapó e regiões mais próximas à confluência do Rio Pirapó com o Rio Paranapanema (...) confirmando o efeito orográfico no incremento pluvial” (p. 56).

Em seu trabalho, Ferreira (2012) apresenta algumas possibilidades metodológicas para análises de variabilidade e tendência e utiliza uma série histórica (de 1942 a 2010) da Agência Nacional de Águas (ANA) localizada na bacia do rio Araguari, no Triângulo Mineiro. Buscando a variabilidade pluviométrica, as análises estatísticas do autor apontam que

as chuvas mensais superiores a 200 mm ocorrem durante 25% da série histórica (cerca de 200 meses). Por outro lado, em outros 25% do tempo as chuvas mensais não ultrapassam 30 mm. Ou seja, a metade dos mais de 800 meses da série histórica recebe entre 30 e 200mm de chuvas (p.318 e 319).

Utilizando o *Boxplot* e histograma de frequência, Galvani *et al.* (2012) determinaram a variabilidade e a função de autocorrelação para comprovar a presença ou não de tendência nas precipitações em três postos pluviométricos do Litoral Sul de São Paulo. De acordo com os autores,

a função de autocorrelação é uma importante ferramenta para identificar as características de uma série temporal. Ela é uma medida de dependência linear entre observações separadas por uma distância fixa no tempo. O seu comportamento é uma ferramenta para identificar um modelo preliminar para a série analisada (p. 1168).

Schneider e Silva (2014) também utilizam a ferramenta estatística *Boxplot* para identificação de anos padrão secos, chuvosos e habituais, sendo para tanto, analisados os dados pluviométricos da microrregião de Dourados (MS). Os autores consideram que anos excepcionais devem corresponder aos períodos com ocorrência de impactos sociais e econômicos causados pela falta ou excesso de chuvas.

5. Procedimentos, técnicas de estudo e materiais utilizados

A série histórica de 1943 a 2012 é composta por dados de chuva diária no período de setenta anos (de março de 1943 a dezembro de 2012), fornecidos pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (de 1943 a 2004) e pela Defesa Civil de Caraguatatuba (de 2005 a 2012); os dados referem-se ao posto pluviométrico E2-046 (figura 6). Atualmente o posto localiza-se dentro da estação de tratamento de esgoto da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), na latitude 23°36'56" S e longitude 45°22'43" W, a 3 metros acima do nível do mar. Até o início do ano de 2013, o posto estava a 1,80 metros de altura do solo; porém, com a readequação do espaço, hoje o mesmo encontra-se a 50 metros do local original e a 1,20 metros de altura. Este deslocamento de espaço e altitude não implicará na alteração dos dados deste estudo, visto que o mesmo considera apenas o período 1943-2012.

Em seu banco de dados *online* o DAEE disponibiliza informações somente até o ano de 2004 e atualmente os dados são repassados ao DAEE por meio da Defesa Civil do município. A série inicia-se em março de 1943, tem seu término em dezembro de 2012, totalizando 25203 dias de informações

obtidas e apresentou 0,72% de falhas do total de dados. Para organizar o trabalho, foram acrescentados os meses de janeiro e fevereiro de 1943; em seguida, para preencher estes e os demais meses com falhas (abril, maio e novembro de 2003; novembro de 2006), calculou-se a média para cada mês considerando todos os demais meses da série.

Para as análises desta série, foram realizados cálculos de distribuição média das precipitações anual, mensal e sazonal. Os desvios para o ano mais e menos chuvoso, respectivamente, foram obtidos através do cálculo em relação a média dos anos de 1943 a 2012. Foram determinados para a série anos padrões secos, habituais e chuvosos, de acordo com a metodologia proposta por Galvani *et al.* (2012, p.1169) onde, calculando o desvio padrão

(...) os totais anuais cujo valor estava acima da média anual mais o desvio padrão foram considerados para um ano chuvoso. Por outro lado, o total anual cujo valor estava abaixo da média anual menos o desvio padrão, foi considerado um ano seco. Os demais totais foram considerados anos habituais.



Figura 6: Posto Pluviométrico E2-046 em sua localização atual. Azimutes 0° (Norte) e 110° (Sudeste), respectivamente. Fotos: Denise Dias dos Santos, outubro de 2014.

Para a série história de 2007 a 2011, foram adquiridos dados secundários da Plataforma de Coleta de Dados (PCD) fornecidos pelo Sistema Nacional de Dados Ambientais (SINDA), órgão de responsabilidade do Instituto nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A estação meteorológica automática (EMA) está localizada na latitude 23°41'24" S e longitude 45°25'53" W, em uma altitude de 3 metros acima do nível do mar, no bairro Porto Novo e transmite os

dados coletados via satélite (figura 7). Deve-se considerar que os dados obtidos através da EMA refletem a realidade geográfica do ambiente: ela está instalada em um bairro residencial, aproximadamente a 200 metros da praia, cercada por vegetação que alcança até um metro de altura.

Para análise, foram selecionados os dados diários compreendidos entre janeiro de 2007 e dezembro de 2011; os valores correspondem ao valor acumulado de precipitação (em mm) a cada três horas (00h, 03h, 06h, 09h, 12h, 15h, 18h, 21h e 00h). Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a estação possui um acumulador digital para a gravação dos dados pluviométricos.

Ele (o acumulador) é inicializado automaticamente quando atinge o limite de 4095 ou 2047 ou 655 mm (dependente da versão do *software* de coleta das PCDs) ou a qualquer tempo quando a PCD recebe visita de manutenção ou todo primeiro dia de cada mês às 00h00min, para a última versão do *software* de coleta das PCDs Meteorológicas.

Devido as possíveis falhas no equipamento, 1,1% do total de observações do banco de dados apresentaram erros que foram corrigidos segundo a metodologia de coleta da PCD. Os dados foram trabalhados para a definição da distribuição sazonal e horária, bem como definir a frequência das precipitações no período. A identificação e análise dos eventos foram realizadas a partir dos gráficos, com o auxílio dos Boletins Climanálise e imagens de satélite (ambos disponibilizados pelo *Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC/INPE*) e cartas sinóticas da Marinha do Brasil.



Figura 7: PCD 32521 - Caraguatatuba, localizada no bairro do Porto Novo: pluviômetro utilizado para coleta da precipitação acumulada e demais equipamentos da EMA. Azimutes 340° (Noroeste), 350° (Noroeste), respectivamente. Fotos: Denise Dias dos Santos, junho de 2013.

Os intervalos das classes de frequência e os eventos extremos foram definidos de acordo com a distribuição dos dados da série. A definição mais comumente utilizada de evento extremo é baseada na distribuição climatológica esperada de um evento. Um evento é chamado extremo neste sentido se estiver nos extremos da distribuição climatológica (ZHU; THOT, 2001). Espírito Santo e Satyamurty (2002), estudando as precipitações da região sudeste do Brasil, consideram como evento extremo as precipitações de 100 mm a 150 mm que ocorrem em um intervalo de 24 horas. Portanto, a definição de intervalos e eventos extremos deve obedecer às necessidades do estudo, respeitando as diferenças geomorfológicas e climáticas das localidades. Aqui, serão definidos eventos extremos os episódios de precipitação acima de 50 mm em 24 horas, pois os dentro da série histórica estes estão fora da distribuição de frequências.

Para fins de comparação dos dados obtidos no posto pluviométrico e na EMA, calculou-se a precipitação anual para cada ano (2007 a 2011) e a precipitação média para cada mês, procurando estabelecer se há diferenças nos dados obtidos por estas duas metodologias, convencional e automática.

Os dados de precipitação do evento ocorrido em Caraguatatuba no ano de 1967 foram comparados com as médias da série histórica (1943 a 2012). Foram consideradas a precipitação total dos dois últimos meses de 1966

(novembro e dezembro) e os três primeiros meses de 1967 (janeiro, fevereiro e março), pois as precipitações concentram-se neste período do ano.

6. Resultados e Discussão

6.1 A série histórica 1943-2012

Em primeira análise, percebe-se que não há em Caraguatatuba uma estação seca definida. A tabela com o total médio das chuvas (tabela 1) e o gráfico com o percentual das precipitações (figura 8) mostra que mesmo durante o inverno há precipitação (13,6%), contudo ela é predominante no verão (38,4%).

Tabela 1: Distribuição sazonal média das precipitações em Caraguatatuba (SP), entre os anos de 1943 e 2012.

Distribuição Sazonal Média (mm)	
Verão	694,8
Outono	368,7
Inverno	245,6
Primavera	499,6

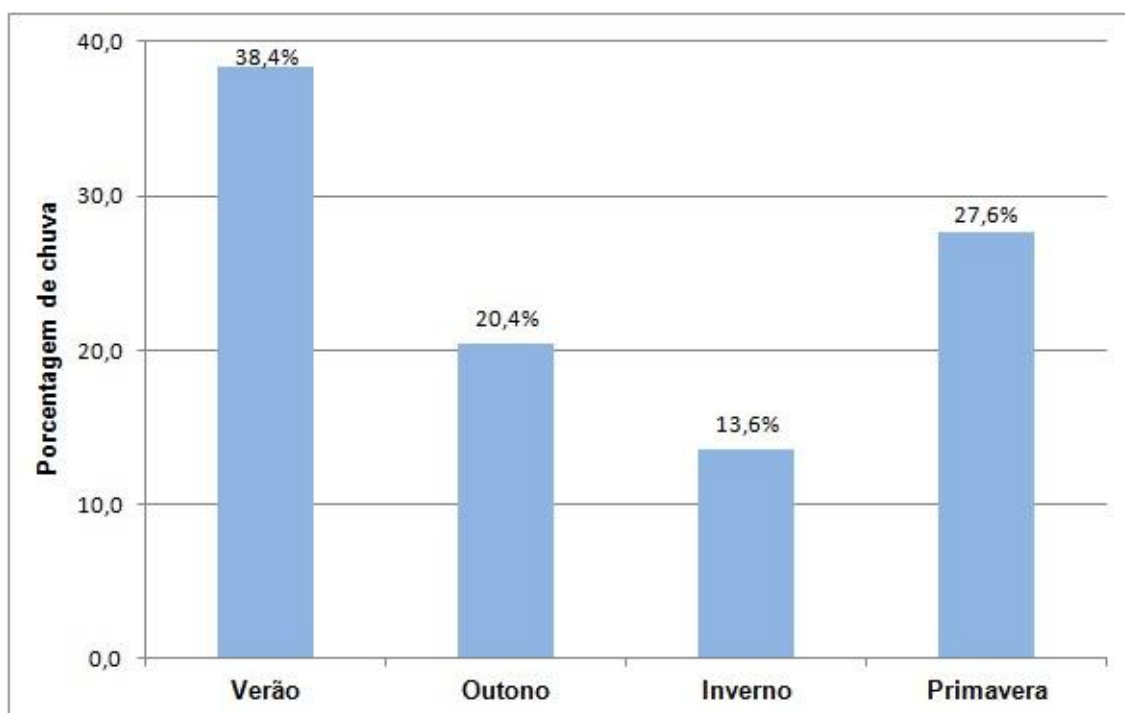


Figura 8: Distribuição percentual das precipitações em Caraguatatuba, SP, para o período de 1943 a 2012. Fonte: DAEE e Defesa Civil de Caraguatatuba, 2013. Org: Santos, 2015.

Foram determinados para o período anos padrões secos, habituais e chuvosos (figura 9). Na série analisada, 05 anos foram considerados secos, 55 anos estiveram dentro da normalidade (habituais) e 9 anos foram chuvosos. Esta metodologia, além de determinar os anos-padrões de toda a série, corrobora com a análise visual anterior, onde os anos de 1976 e 1984 destacam-se como chuvoso e seco, respectivamente. Observa-se que o ano de 1967, importante em análises climatológicas e geomorfológicas da área de estudo, é classificado como habitual.

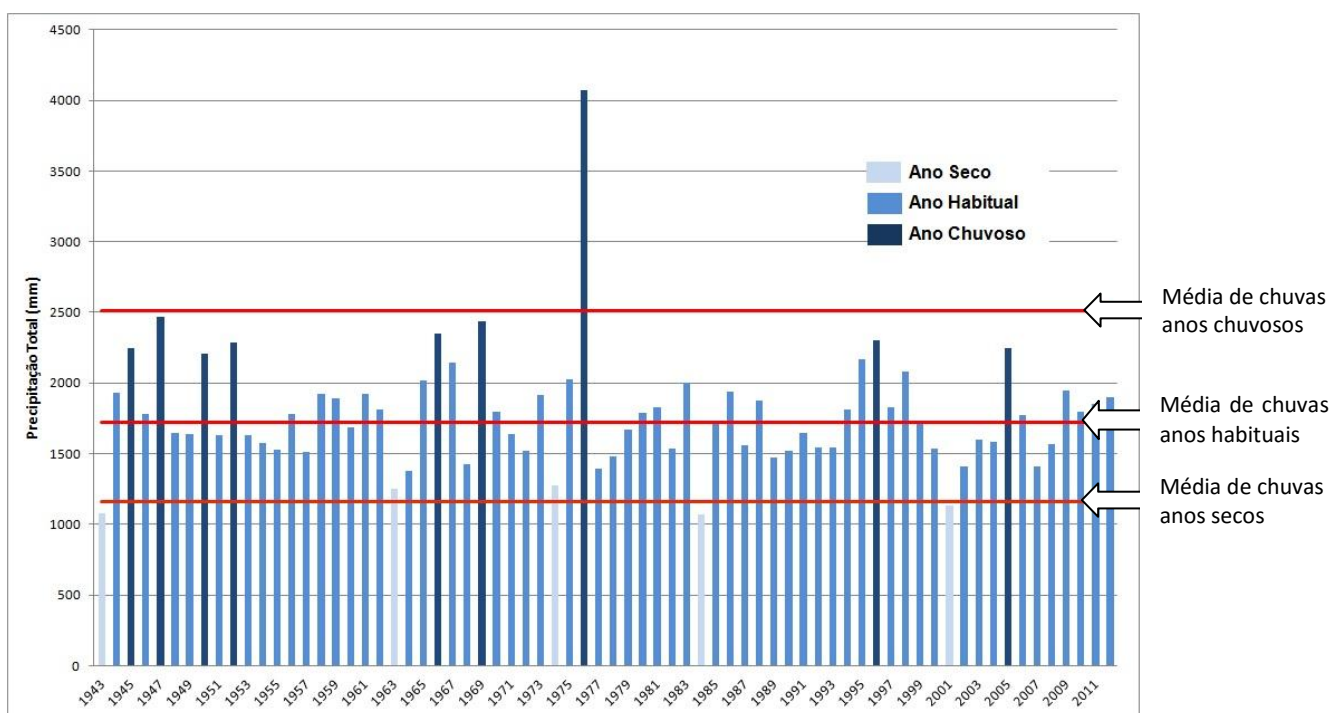


Figura 9: Variação da precipitação anual e classificação dos anos secos, habituais e chuvosos, para o período de 1943 a 2012. Fonte: DAEE e Defesa Civil de Caraguatatuba, 2013. Org: Santos, 2015.

A frequência anual das precipitações (figura 10) está, em sua maioria, no intervalo de 1500 mm a 1700 mm por ano (21 anos neste intervalo), seguida pelo intervalo de 1700 mm a 1900 mm (16 anos). O intervalo de 3900 mm a 4100 mm é considerado extremo, pois somente ocorre um evento dentro desta faixa.

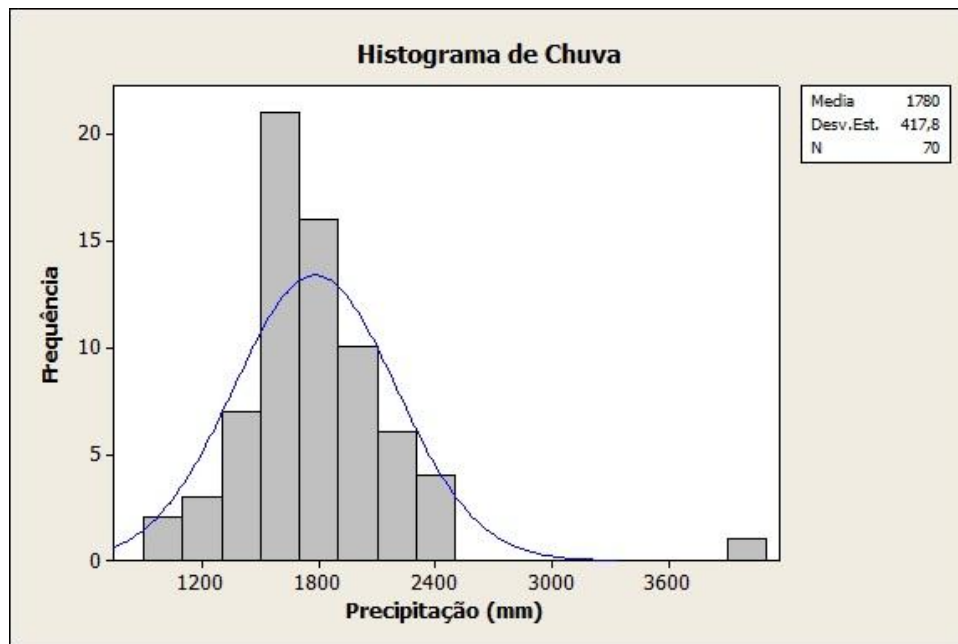


Figura 10: Histograma de frequência para a série histórica 1943-2012. Fonte: DAEE e Defesa Civil de Caraguatatuba, 2013. Org: Santos, 2015.

Durante o período estudado, observou-se também que entre os meses de verão, o mais chuvoso, em média, é o mês de janeiro (com 255,2 mm). Pode-se concluir que o ápice da estação mais chuvosa é neste mês, e começa a diminuir nos meses subsequentes (fevereiro e março). Os meses de junho, julho e agosto foram, em média, os menos chuvosos, com valores de médias bem próximas, sendo que em julho a média calculada foi a maior entre os três citados, com 73,4 mm (figura 11).

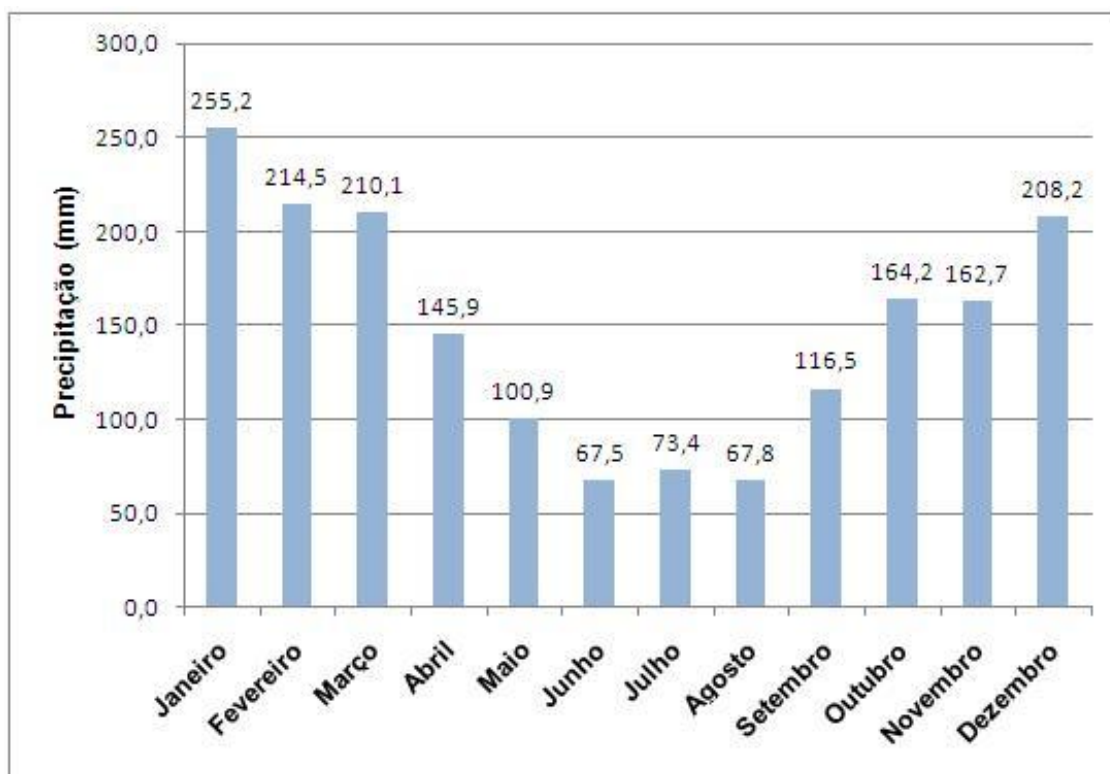


Figura 11: Média de precipitação para cada mês do ano, no período de 1943 a 2012. Fonte: DAEE e Defesa Civil de Caraguatatuba, 2013. Org: Santos, 2014.

Visualmente, o ano mais chuvoso foi o de 1976, com o registro de 4080,2 mm de chuva anual; já o mais seco (ou menos chuvoso) foi o de 1984, com 1065,9 mm registrados. A tabela 2 apresenta os valores de chuva mês a mês e a comparação com a média registrada para cada mês no período. É importante destacar que no mês de janeiro do ano de 1976 choveu três vezes mais do que no mesmo mês de 1967 (292,9 mm), ano da ocorrência das intensas chuvas que provocaram os deslizamentos em Caraguatatuba.

Tabela 2: Precipitação mensal (mm) nos anos de 1976, 1984 e a média mensal da série histórica em Caraguatatuba (SP).

Mês	1976	1984	Média (1943 a 2012)
Janeiro	892,6	139,2	255,2
Fevereiro	586,4	29,7	214,5
Março	155	206,7	210,1
Abril	266,6	90	145,9
Maio	338,4	29,7	100,9
Junho	66,8	4,3	67,5
Julho	303,8	33,2	73,4
Agosto	259,4	104,4	67,8
Setembro	432,2	101,6	116,5
Outubro	224	70,8	164,2
Novembro	210	104,2	162,7
Dezembro	333	152,1	208,2
Total	4068,2	1065,9	

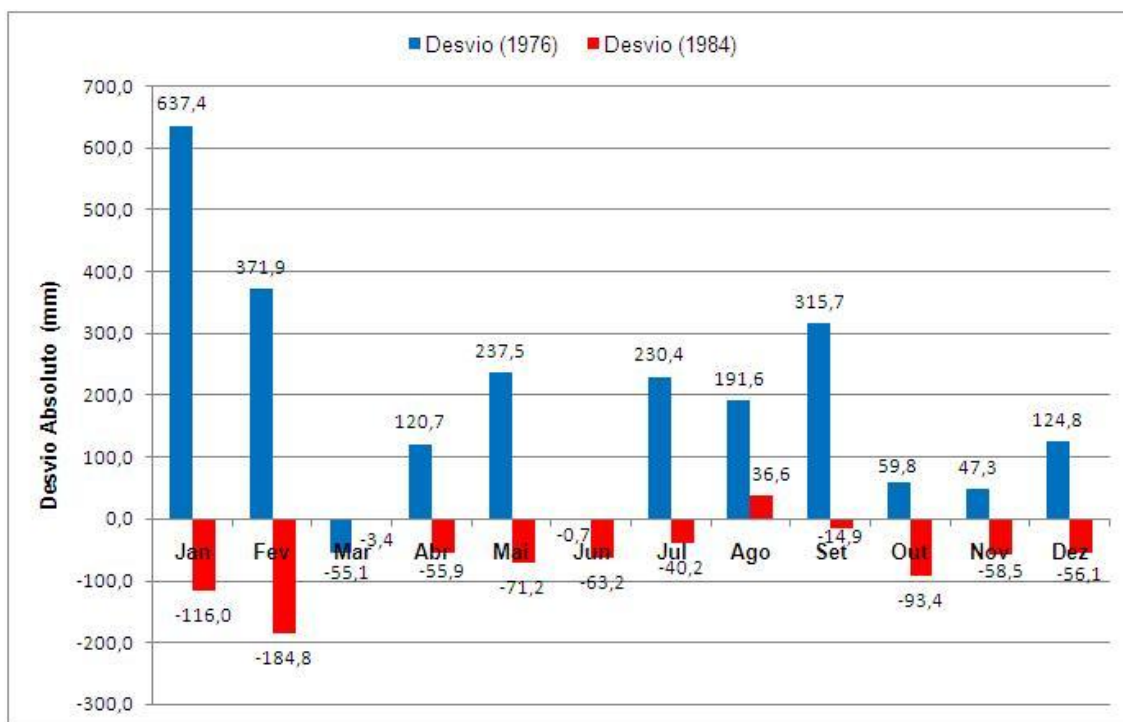


Figura 12: Desvios absolutos da precipitação média mensal para os anos de 1976 e 1984. Fonte: DAEE e Defesa Civil de Caraguatatuba, 2013. Org: Santos, 2014.

Observa-se na figura 12 que sistematicamente o ano de 1976 apresenta desvios positivos de precipitação, ou seja, totais mensais superiores a média para toda a série histórica, com exceção dos meses de março e junho em que o desvio é negativo com 55,1 mm e 0,7 mm, respectivamente, abaixo da média. A análise do ano de 1984 indica que praticamente todos os meses apresentam totais mensais de precipitação inferior a média, com exceção do

mês de agosto em que o desvio absoluto foi positivo com 36,6 mm acima da média. Monteiro (1973) e Tarifa (1975) demonstram que os anos secos são consequência de menor entrada de frentes polares sobre a região; os baixos valores de precipitação são explicados pela baixa dinâmica dos fluxos de sul, que reduzem a frequência de frentes frias sobre o litoral paulista. Esta metodologia visual de análise permite identificar apenas o ano mais seco e o mais chuvoso.

Para a análise de frequência absoluta e relativa mensais, foram determinados intervalos de classes das precipitações no período estudado (tabela 3). As precipitações no intervalo de 10 a 30 mm foram as mais frequentes em todos os meses, sendo mais evidentes nos meses de janeiro, fevereiro e dezembro. No verão (estação mais chuvosa), a pluviosidade mensal se distribui entre 10 a 50 mm. No período, foram registrados 102 eventos considerados extremos (acima de 80 mm), dos quais 55,9% (57 eventos) ocorreram durante o verão (figura 13).

Tabela 3: Frequência relativa (%) das precipitações no município de Caraguatatuba (SP) no período 1943-2012.

Intensidade	Relativa %											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
10,1 mm - 30,0 mm	68,8	68,3	64,2	68,0	77,9	77,3	77,8	88,3	82,1	80,8	74,8	74,1
30,1 mm - 50,0 mm	18,3	19,4	20,8	21,0	15,5	16,3	13,7	9,8	12,8	13,0	19,0	17,7
50,1 mm - 80 mm	7,4	6,9	9,8	7,9	4,7	5,0	7,2	1,2	4,4	5,7	5,6	6,7
> 80 mm	5,4	5,4	5,3	3,1	1,9	1,4	1,3	0,6	0,7	0,5	0,6	1,5

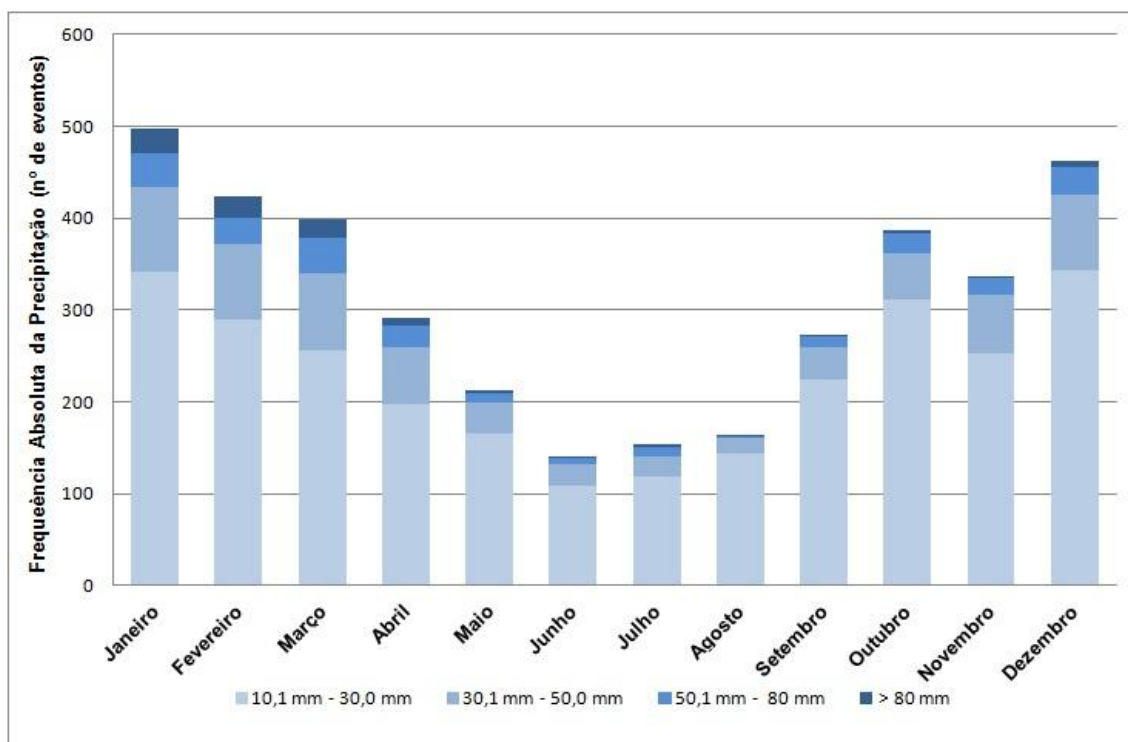


Figura 13: Frequência absoluta das precipitações mensais no período 1943-2012. Fonte: DAEE e Defesa Civil de Caraguatatuba, 2013. Org: Santos, 2015.

6.2 A série histórica 2007-2011

Por meio das análises dos dados registrados pela estação meteorológica, foi possível conhecer a distribuição horária das precipitações no período 2007-2011 e também sazonal (verão, outono, inverno e primavera). Os gráficos abaixo (figuras 14 e 15) comparam os valores percentuais verificados.

No verão, as chuvas concentram-se no final da tarde, a partir das 15 horas, aumentando gradativamente durante a noite e diminuindo no início da madrugada. Durante o outono, as maiores porcentagens de precipitação ocorrem no intervalo das 18h01min, há uma leve redução depois das 21h e aumenta pela madrugada, quando há nova redução no decorrer da madrugada e pela manhã; os valores percentuais de chuva no inverno pela manhã são inversos aos valores anuais. Durante a primavera, as chuvas são melhores distribuídas ao longo do dia, sendo que os maiores valores (16,74%) ocorrem entre às 18h01min até às 20h59min, levemente abaixo do valor percentual anual (SANTOS; GALVANI, 2013, p.15 a 17).

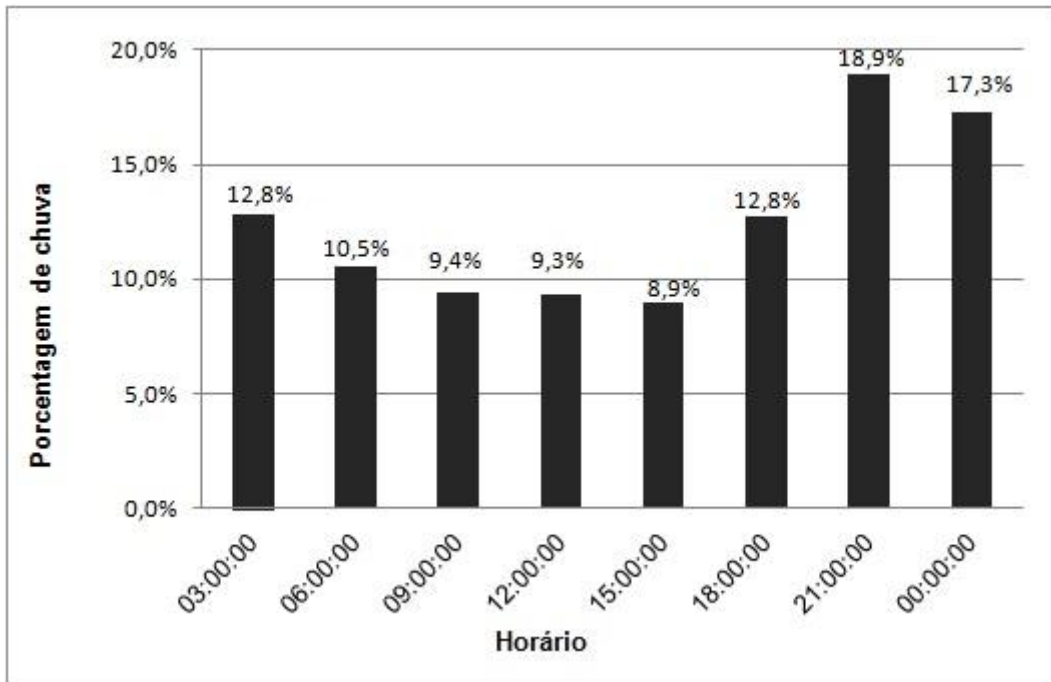


Figura 14: Distribuição percentual da chuva acumulada a cada três horas no período de 2007 a 2011. Fonte: Sinda, 2013. Org: Santos, 2013.

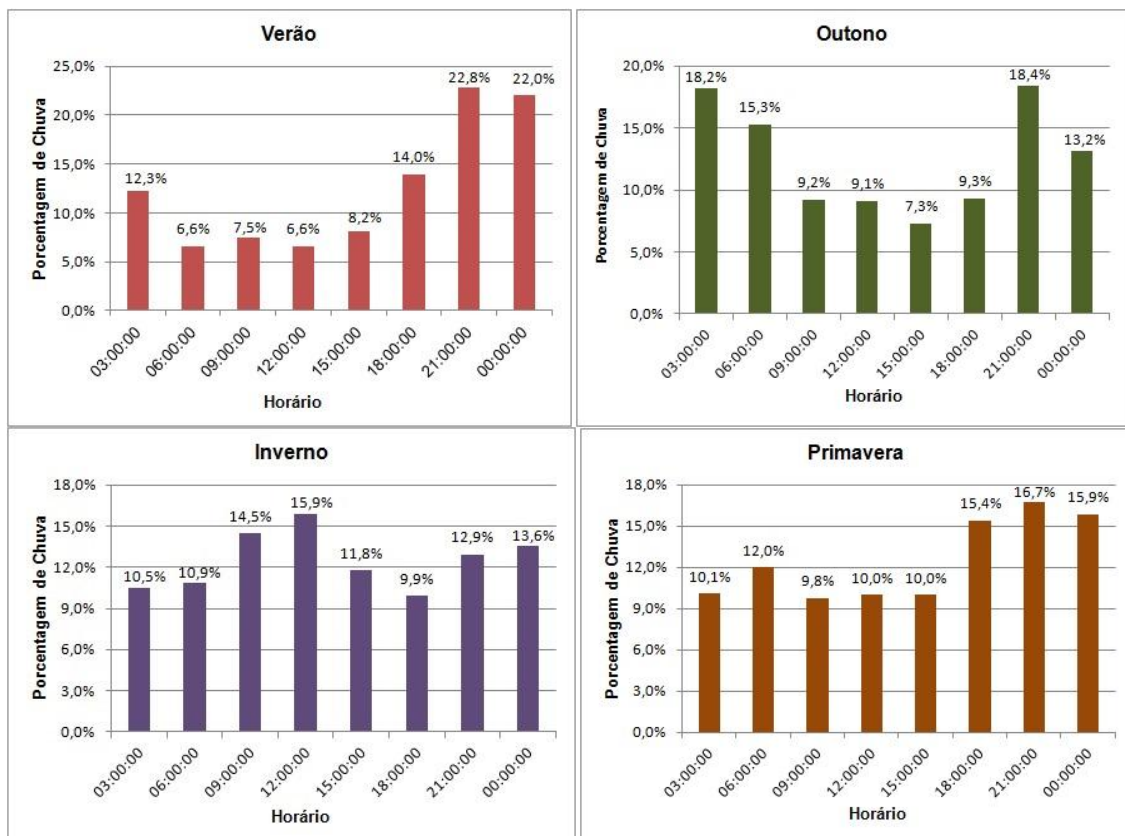


Figura 15: Distribuição percentual da chuva acumulada a cada três horas durante o verão, outono, inverno e primavera no período (2007 a 2011). Fonte: Sinda, 2013. Org: Santos, 2013.

Foram determinados também intervalos de classes para a frequência absoluta das precipitações no período estudado (figura 16). As precipitações no

intervalo de 10 a 30 mm foram as mais frequentes em todos os meses, assim como no intervalo de 30,1 a 50 mm; contudo, as precipitações em ambos os intervalos são mais evidentes nos meses de janeiro, fevereiro e dezembro, o que leva à conclusão que nos verões do período 2007-2011, a pluviosidade mensal também se distribui entre 10 a 50 mm. Acima desses valores, os eventos podem ser caracterizados como “extremos”, pois ocorrem fora do intervalo onde há precipitações mais frequentes.

Os eventos considerados como extremos desenvolvem-se principalmente no período primavera-verão, onde a atividade convectiva torna-se mais atuante devido ao maior aquecimento da atmosfera e evaporação da água do oceano. Este fato justifica a observação de Silva *et al* (2005) que nos meses de verão se registram os maiores números de eventos de escorregamentos e inundações nos municípios do Litoral Norte, conforme registros da Defesa Civil. Durante o período estudado o mês de julho é o que apresenta o maior número de eventos de precipitação no inverno, comparado aos meses de junho e agosto; esses eventos são consequências dos sistemas frontais que se originam na Argentina ou no Sul do Brasil e avançam para o Sudeste brasileiro. Segundo Tarifa (1975), a combinação de diferentes tipos de fluxos polares e suas consequentes cadeias de tipos de tempo permite o surgimento de condições temporais para a precipitação em diferentes graus de intensidade acima ou abaixo do que foi considerado habitual.



Figura 16: Frequência das precipitações no período 2007-2011. Fonte: Sinda, 2013. Org: Santos, 2015.

6.2.1 Evento extremo do ano de 2007: 11 de fevereiro

No primeiro ano da série estudada (2007), ocorreu um evento de precipitação diária acima de 80,0 mm no dia 11 de fevereiro. As imagens de satélite Goes 12 (figura 17) corroboram os dados coletados pela estação meteorológica no município.

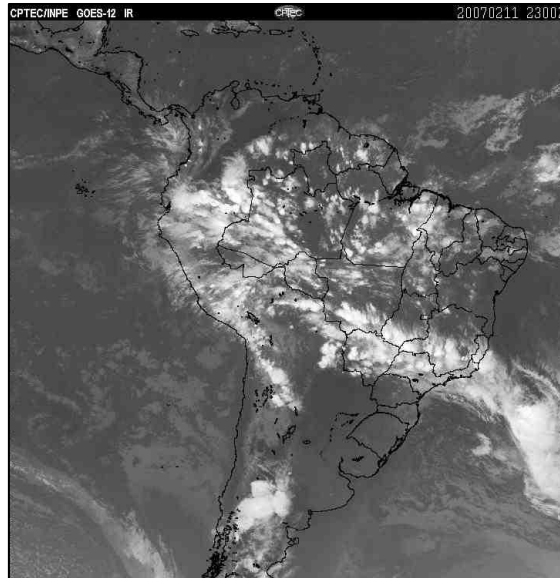


Figura 17: Imagens do satélite Goes 12 da América do Sul para o dia 11/02/2007, 2300Z (20h00 no horário de Brasília, respectivamente). Fonte: DSA/INPE.

Neste período do ano (verão), é comum as chuvas serem condicionadas à atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), fenômeno atmosférico caracterizado pela elevada umidade localizada entre a Amazônia e o Sudeste brasileiro, causando precipitação nesta área. Segundo o Boletim Climanalise (CPTEC/INPE, 2007), “as chuvas (do mês de fevereiro, no Sudeste) estiveram associadas principalmente aos episódios de ZCAS e aos vórtices ciclônicos em altos níveis que se configuraram sobre o leste da Região e áreas oceânicas adjacentes”. O segundo sistema frontal que atuou no Brasil foi o responsável pelo evento do dia 11 de fevereiro em Caraguatatuba, contabilizando 98,5 mm de chuva, atuando em conjunto com o desenvolvimento do segundo evento de ZCAS no mês. Observa-se que a precipitação iniciou-se no final da tarde, se desenvolvendo até a noite (figura 18). Em um estudo de eventos extremos no Sudeste Brasileiro no período 1997-2001, Espírito Santo e Satyamurty (2002) definem que características da circulação regional apontam para a atuação do ZCAS nos meses de verão e primavera, quando observaram também que o maior número de episódios extremos ocorreu neste período.

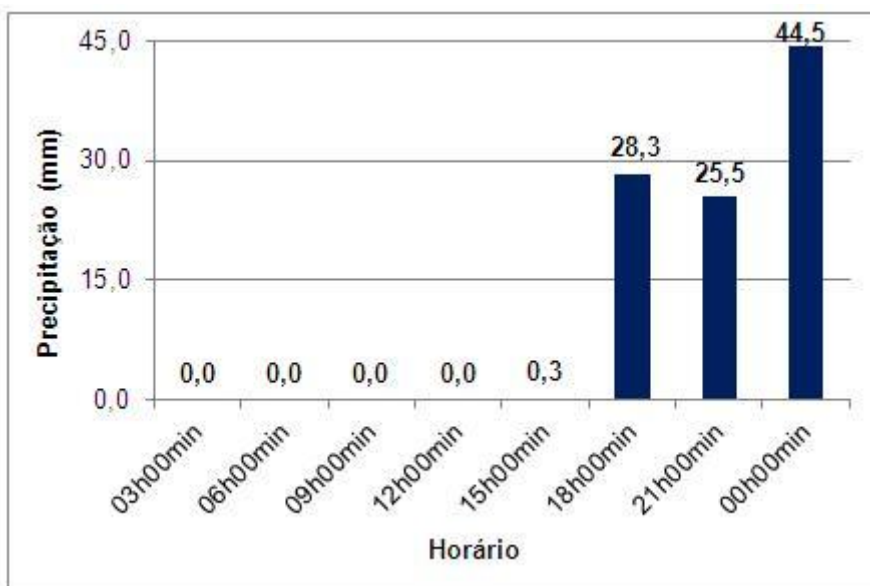


Figura 18: Distribuição horária da precipitação acumulada no dia 11 de fevereiro de 2007. Fonte: Sinda, 2013. Org: Santos, 2013.

6.2.2 Evento extremo do ano de 2008: 26 de dezembro

No mês de dezembro deste ano, a ZCAS já se mostrava atuante no início do mês, antes mesmo do começo da estação considerada mais chuvosa no centro-sul do Brasil. Na região estudada o evento diário mais significativo ocorreu ao final do mês, no dia 26 (figura 19), quando

um centro de baixa pressão configurou-se a leste do Rio Grande do Sul, dando origem ao quinto sistema frontal no litoral de Torres-RS. Este sistema deslocou-se pelo oceano até a altura do Estado de São Paulo, contribuindo para a formação do terceiro episódio de ZCAS a partir do dia 25 (CPTEC/INPE, 2008).

A atuação da ZCAS, aliada às condições regionais, foi mais expressiva no município de Ubatuba, onde o acumulado diário foi de 97,4 mm, enquanto em Caraguatatuba o valor foi de 55,8 mm (figura 20).

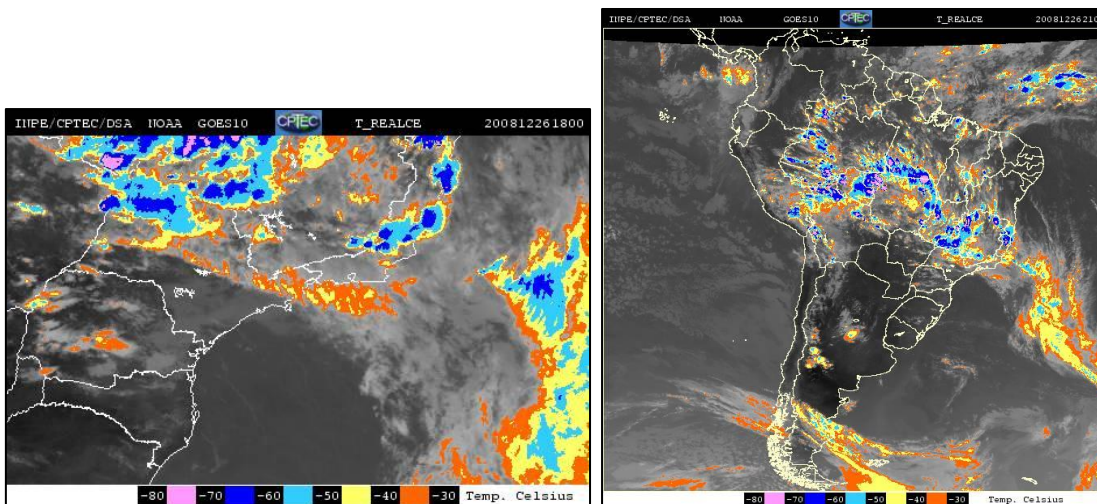


Figura 19: Imagens do satélite Goes 10 dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, e América do Sul para o dia 26/12/2008, 1800Z e 2100Z (15h00 e 18h00 no horário de Brasília, respectivamente). Fonte: DSA/INPE.

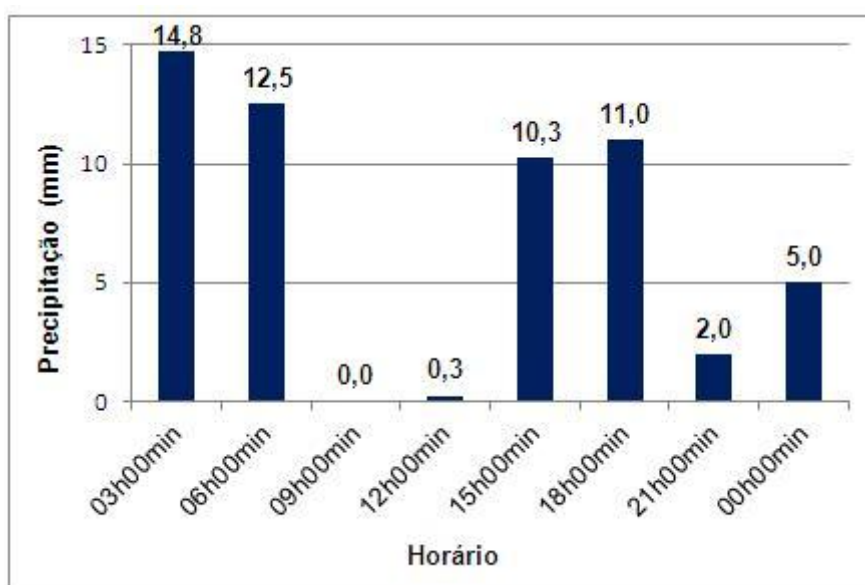


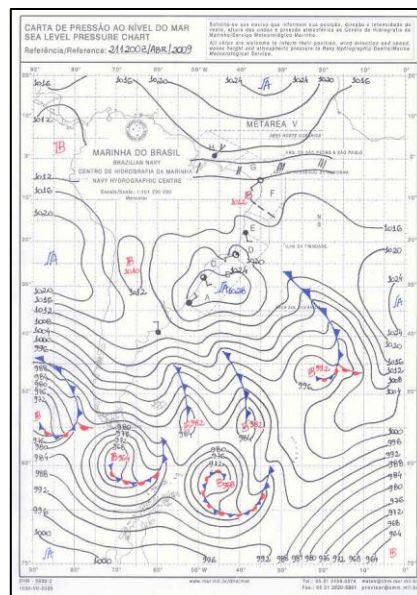
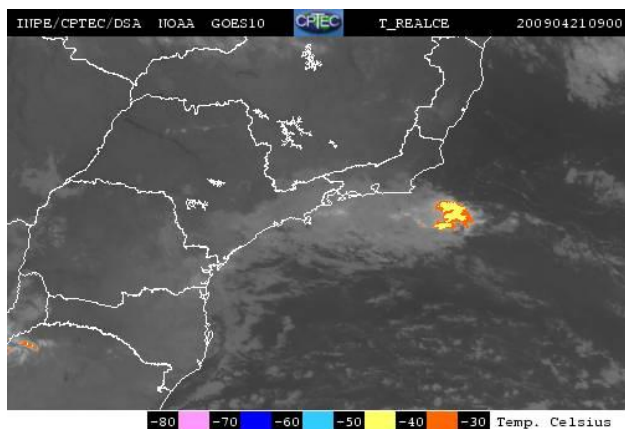
Figura 20: Distribuição horária da precipitação acumulada no dia 26 de dezembro de 2008. Fonte: Sinda, 2013. Org: Santos, 2013.

No verão, há um maior aquecimento da superfície do que no inverno. Esse aquecimento favorece o levantamento do ar, que é responsável por forte atividade convectiva. Durante o verão no Hemisfério Sul, os alísios de nordeste estão mais intensos. Estes ventos transportam umidade para o interior do continente e favorecem a formação do Jato de Baixos Níveis (JBN) a leste dos Andes, que por sua vez, transporta umidade para os subtrópicos; há a possibilidade de formação da Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) sobre o continente, que ocorre devido à interação de vários sistemas. A ZCOU se estende no sentido noroeste-sudeste desde a Amazônia até o sudeste do Brasil e oceano Atlântico Sul e, quando a ZCOU atua durante três dias ou mais

passa a ser denominada de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Tanto a ZCOU quanto a ZCAS são identificadas em imagens de satélite como uma faixa de nebulosidade desde a Amazônia até o oceano Atlântico Sul (REBOITA *et al*, 2012, p.46 e 47).

6.2.3 Eventos extremos do ano de 2009: 21 de abril e 28 de dezembro

No ano de 2009 foram analisados dois eventos de precipitação diária intensa. O primeiro, registrado em 21 de abril com de 106,0 mm, ocorreu por consequência de resquícios de um sistema frontal, aliado às condições locais (orografia e umidade proveniente do oceano), que intensificou a formação de áreas de instabilidade (figuras 21 e 22). A chuva teve início e intensificou-se durante a madrugada e no fim da manhã, diminuindo gradativamente no final da tarde e início da noite (figura 23). Neste período do ano (outono) as chuvas convectivas tendem a diminuir e os sistemas frontais são os principais responsáveis pela precipitação no litoral paulista. Doswell *et al.* (1996) apontam que o movimento lento do sistema é um fator importante para um sistema convectivo se tornar um caso extremo de chuva.



Figuras 21 e 22: Imagem do satélite Goes 10 dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, para o dia 21/04/2009, 0900Z (6h00 no horário de Brasília). Fonte: DSA/INPE; Carta sinótica para o dia 21/04/2009. Fonte: Marinha do Brasil.

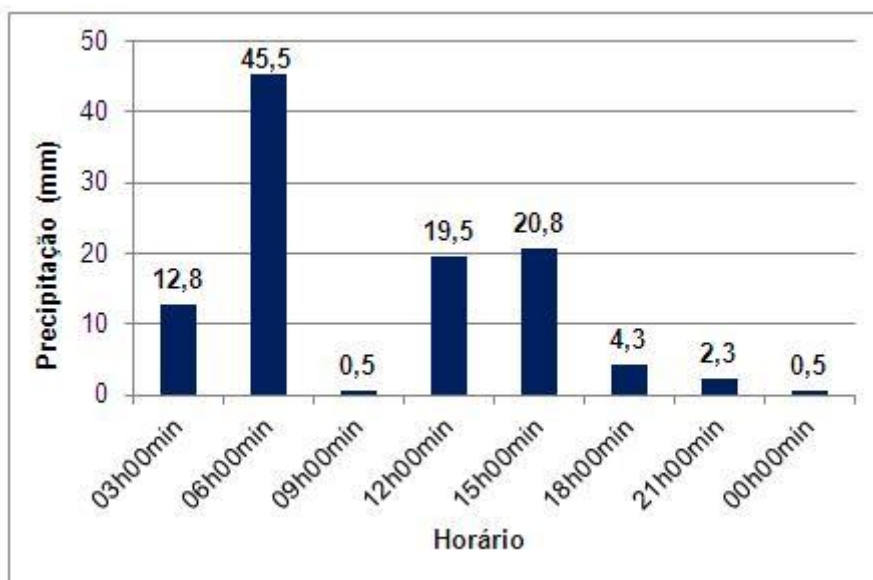


Figura 23: Distribuição horária da precipitação acumulada no dia 21 de abril de 2009. Fonte: Sinda, 2013. Org: Santos, 2013.

O segundo evento ocorreu no dia 28 de dezembro, com 69,3 mm registrados (figura 24), foi consequência de uma massa de ar úmida e instável aliada uma área de baixa pressão nas proximidades dos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro, intensificando o surgimento de alta convergência e forte precipitação, causando danos materiais principalmente no Vale do Paraíba e litoral fluminense (CPTEC/INPE, 2009). Durante o verão as precipitações são, em sua maioria, resultado da convecção e formação de nebulosidade, que provocam chuvas principalmente no final da tarde e início da noite (figura 25).

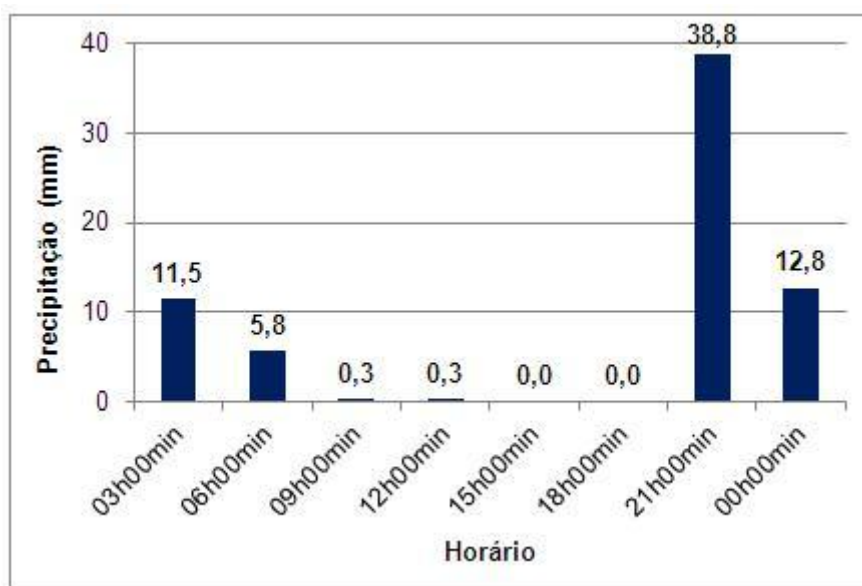


Figura 24: Distribuição horária da precipitação acumulada no dia 28 de dezembro de 2009. Fonte: Sinda, 2013. Org: Santos, 2013.

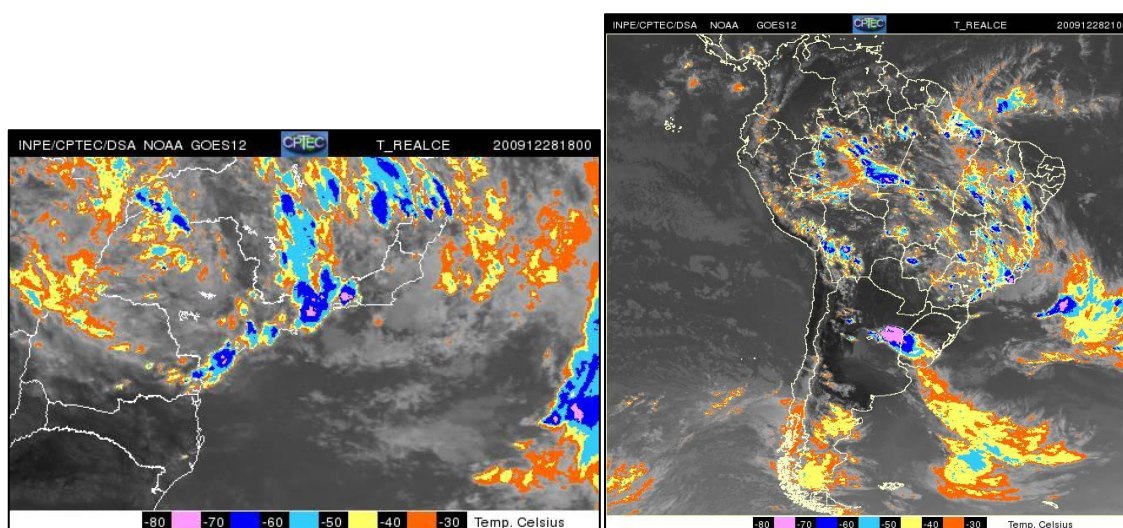


Figura 25: Imagens do satélite Goes 12 da América do Sul para o dia 28/12/2009, 1800Z e 2100Z (15h00 e 18h00 no horário de Brasília, respectivamente). Fonte: DSA/INPE.

6.2.4 Eventos extremos do ano de 2010: 25 de fevereiro e 05 de abril

Segundo o Boletim Climanálise, do CPTEC/INPE, o mês de fevereiro no ano de 2010 foi caracterizado pela ausência de episódios de ZCAS, muito comuns nesta época do ano. Em Caraguatatuba, as precipitações mais relevantes neste mês ocorreram no dia 25, durante o período da tarde, com o acúmulo de 59,5 mm ao final do dia (figura 26). Aqui, a chuva foi resultado de uma região de convergência de umidade, aliada ao quarto sistema frontal que atingiu o país no final do mês de fevereiro (figura 27).

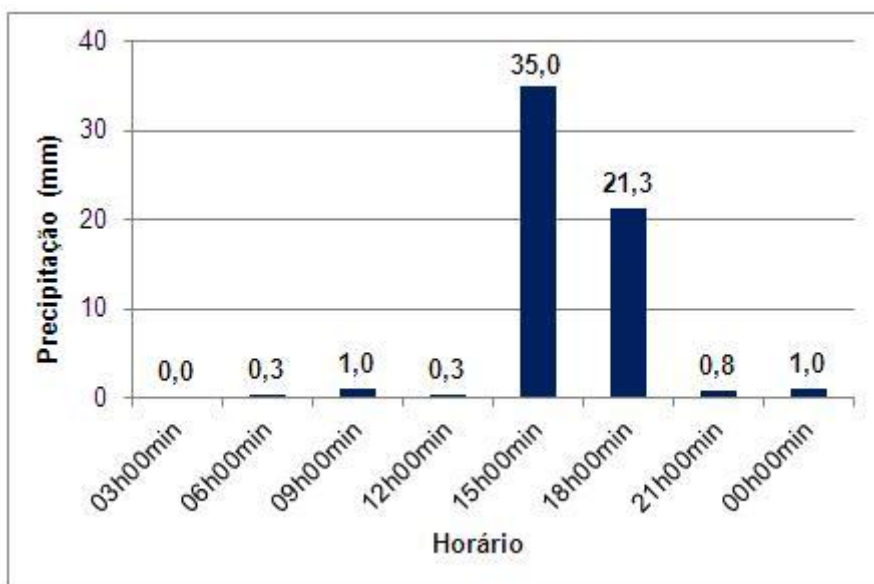


Figura 26: Distribuição horária da precipitação acumulada no dia 25 de fevereiro de 2010. Fonte: Sinda, 2013. Org: Santos, 2013.

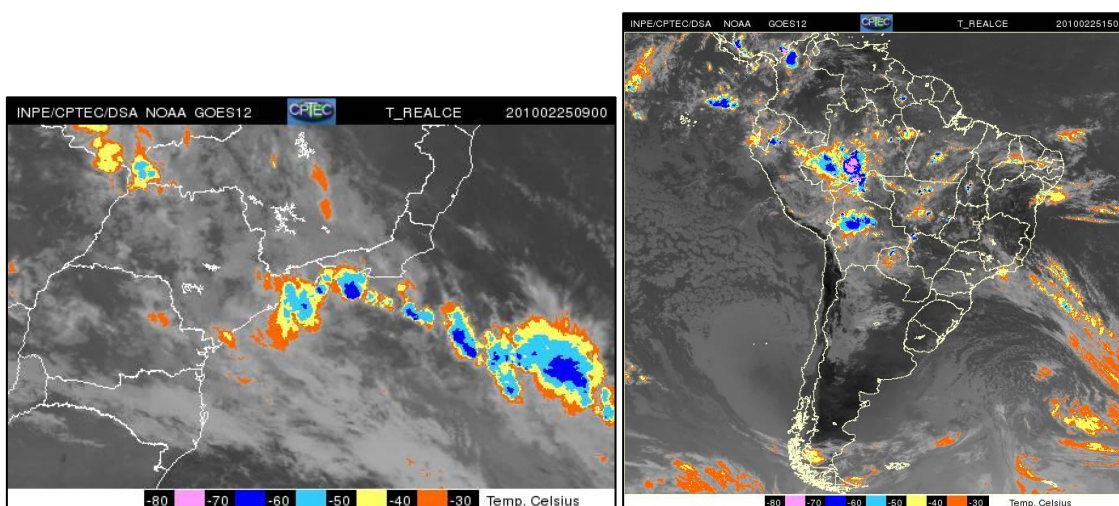


Figura 27: Imagens do satélite Goes 12 dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro e América do Sul para o dia 25/02/2010, 0900Z e 1500Z (6h00 e 12h00 no horário de Brasília, respectivamente). Fonte: DSA/INPE.

As chuvas do dia 5 de abril deste ano, que resultaram em 76,0 mm registrados na área de estudo (figura 28), foram provocadas pelo primeiro sistema frontal que adentrou o país neste mês (figura 29); o sistema avançou até o sul do estado da Bahia. Como característica de sistemas frontais, nesta data as precipitações se distribuíram ao longo do dia, conforme a velocidade e intensidade do sistema, e as chuvas foram predominantes na madrugada e pela manhã.

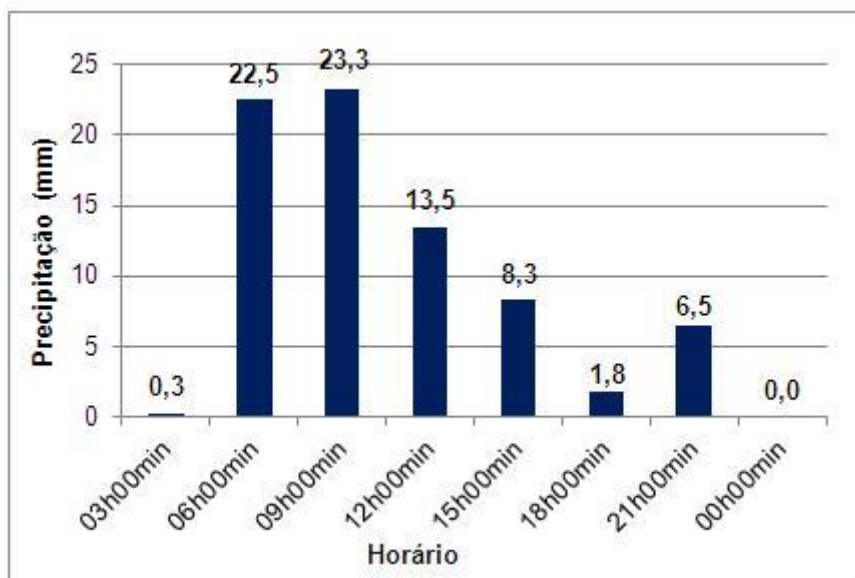


Figura 28: Distribuição horária da precipitação acumulada no dia 05 de abril de 2010. Fonte: Sinda, 2013. Org: Santos, 2013.

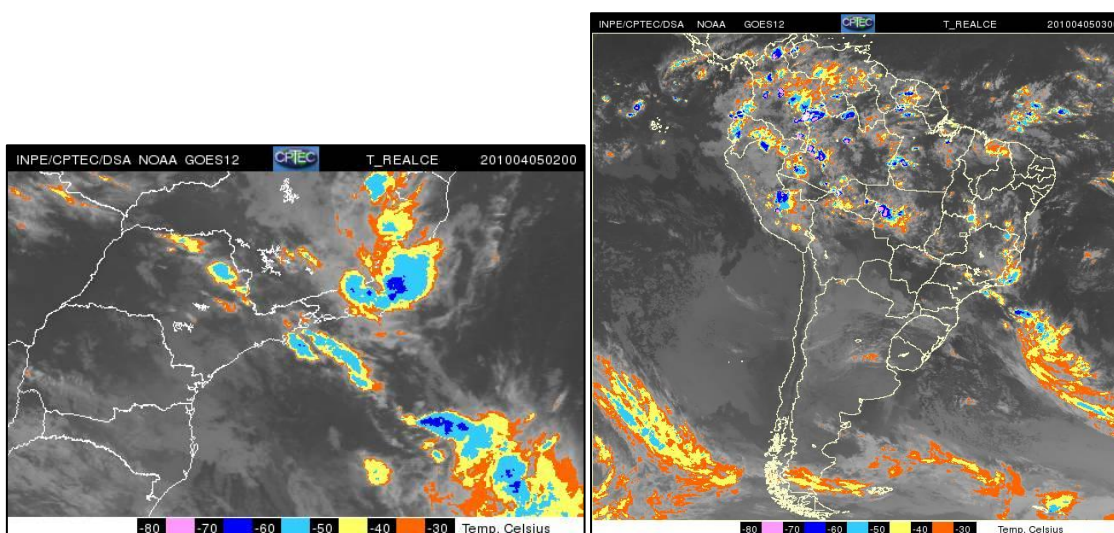
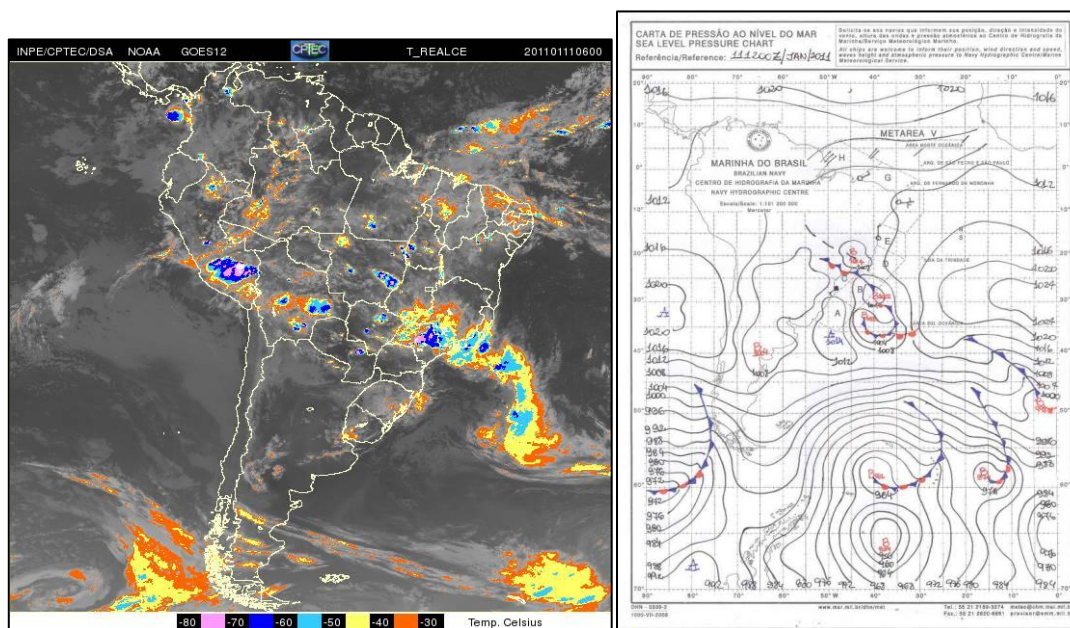


Figura 29: Imagens do satélite Goes 12 dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro para o dia 05/04/2010, 0200Z e 0300Z (05h00 e 06h00 no horário de Brasília, respectivamente). Fonte: DSA/INPE.

6.2.5 Eventos extremos do ano de 2011: 11 de janeiro e 24 de abril

Em janeiro, a atuação de episódios de ZCAS, associada às temperaturas da superfície do mar acima da média em parte da costa da Região Sudeste (CPTEC/INPE, 2011), contribuíram para grande volume de chuva registrado na região, de origem exclusivamente convectiva (os sistemas frontais que atuam durante o mês de janeiro não avançaram sobre o Sudeste, figuras 30 e 31). Durante estes episódios, em Caraguatatuba o maior

valor de precipitação registrado para o mês foi de 54,8 mm no dia 11 de janeiro (figura 32).



Figuras 30 e 31: Imagem do satélite Goes 12 da América do Sul para o dia 11/01/2011, 0600Z (03h00 no horário de Brasília,). Fonte: DSA/INPE; Carta sinótica para o dia 11/01/2011. Fonte: Marinha do Brasil.

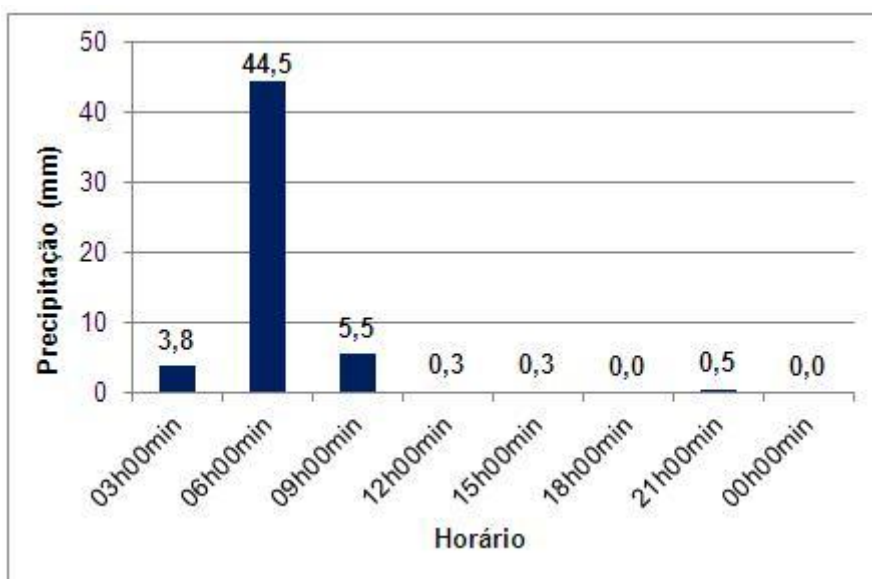


Figura 32: Distribuição horária da precipitação acumulada no dia 11 de janeiro de 2011. Fonte: Sinda, 2013. Org: Santos, 2013.

Durante o mês de abril, os sistemas frontais foram responsáveis pelas chuvas no Sudeste do Brasil. Os 54,5 mm registrados no dia 24 de abril em Caraguatatuba ocorreram durante a passagem do quarto sistema frontal atuante no mês, cuja atuação se deu com mais ênfase na região Sul, porém ao

deslocar-se para o oceano, no Sudeste, favoreceu a formação de área de instabilidade no litoral norte paulista (figuras 33 e 34).

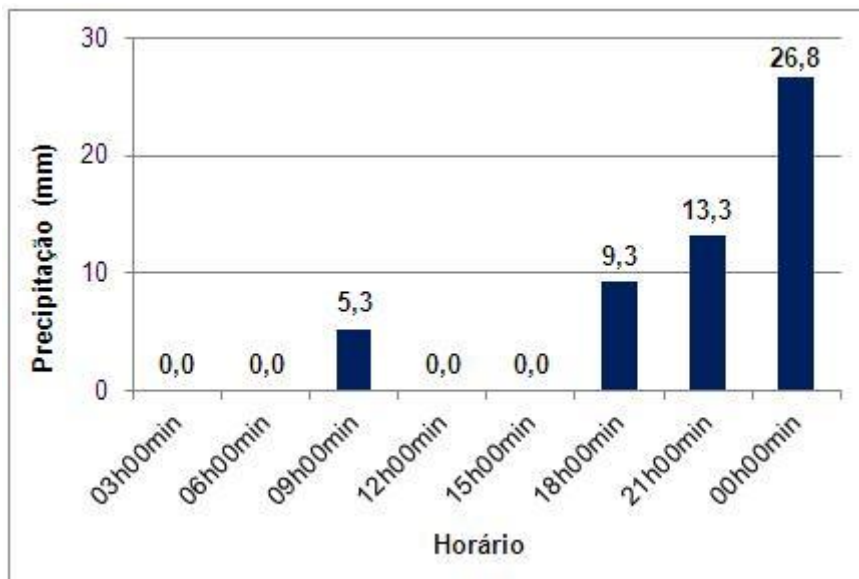


Figura 33: Distribuição horária da precipitação acumulada no dia 24 de abril de 2011. Fonte: Sinda, 2013. Org: Santos, 2013.

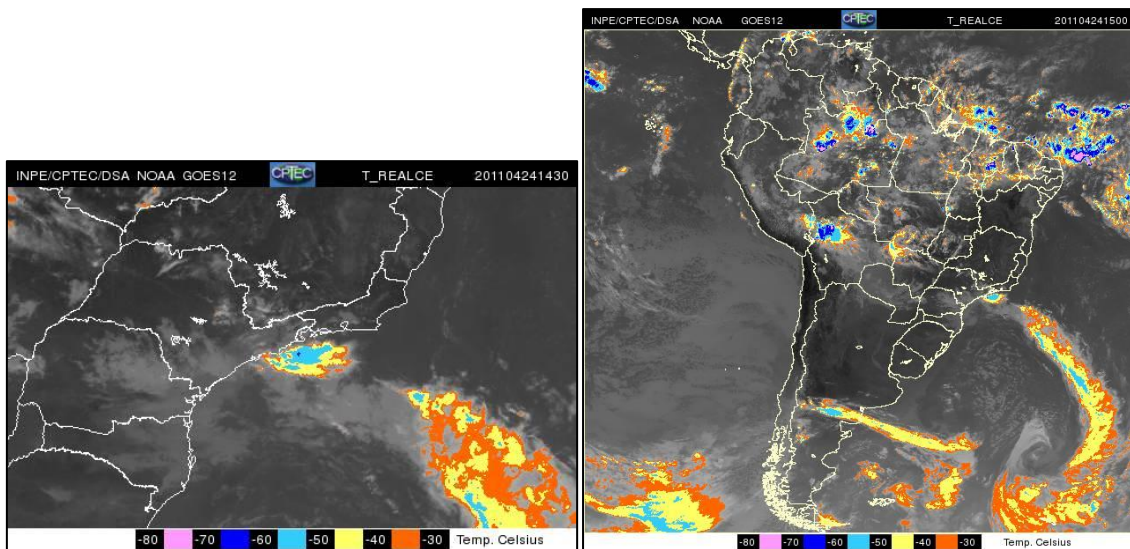


Figura 34: Imagens do satélite Goes 12 dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro para o dia 24/04/2011, 1430Z e 1500Z (11h30 e 12h00 no horário de Brasília, respectivamente). Fonte: DSA/INPE.

Segundo Armani e Galvani (2011), durante o verão pode ocorrer formação uma extensa área de nebulosidade, desde a Amazônia até o centro-sul do país, que associada a um escoamento convergente de umidade é responsável por grande parte das precipitações na área que abrange; este fenômeno é conhecido como Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

Assim, é importante ressaltar que os eventos ocorridos nos verões do período estudado foram influenciados pelas ZCAS; estas tiveram a contribuição, também, do sistema frontal que se deslocava pela região (exceto no ano de 2010, onde o evento estudado desenvolveu-se apenas pela chegada do sistema frontal, sem contribuir para a ZCAS). De acordo com os autores, a intensificação dos sistemas frontais nesta época do ano contribui para a formação da ZCAS. As análises aqui desenvolvidas e os resultados obtidos aproximam-se dos estudos feitos por Alves e Galvani (2012) que, analisando a ocorrência horária e sazonal das precipitações no município de São Paulo, também observaram que os totais pluviométricos são mais concentrados no final da tarde durante o verão.

De acordo com Borsato e Souza Filho (2008) “as chuvas frontais, mais intensas ou mais escassas, estão relacionadas com as intensidades e as trajetórias dos sistemas frontais”, confirmando a distribuição das chuvas durante o outono e o inverno, condicionada à passagem de sistemas frontais. Como já citado anteriormente, a umidade oferecida pelo oceano em conjunto com os sistemas atmosféricos atuantes não permitem que o município tenha uma estação totalmente seca. Mesmo com a ausência da atuação de sistemas frontais relevantes, há registros de precipitação durante o outono e também no inverno.

6.3 Comparação das séries históricas no período de 2007 a 2011

Percebe-se que na análise anual (figura 35), em todos os anos os valores apresentados pelo posto pluviométrico convencional são maiores que os apresentados pela coleta da estação automática. O mesmo ocorre na análise mensal (figura 36), exceto para o mês de Fevereiro; no mês de Maio a diferença é pequena, apenas 3,6 mm registrados a mais na EMA. O posto pluviométrico e a EMA, pertencentes ao DAEE/Defesa Civil de Caraguatatuba e ao SINDA/INPE respectivamente, localizam-se na planície costeira e estão há 11,6 km de distância.

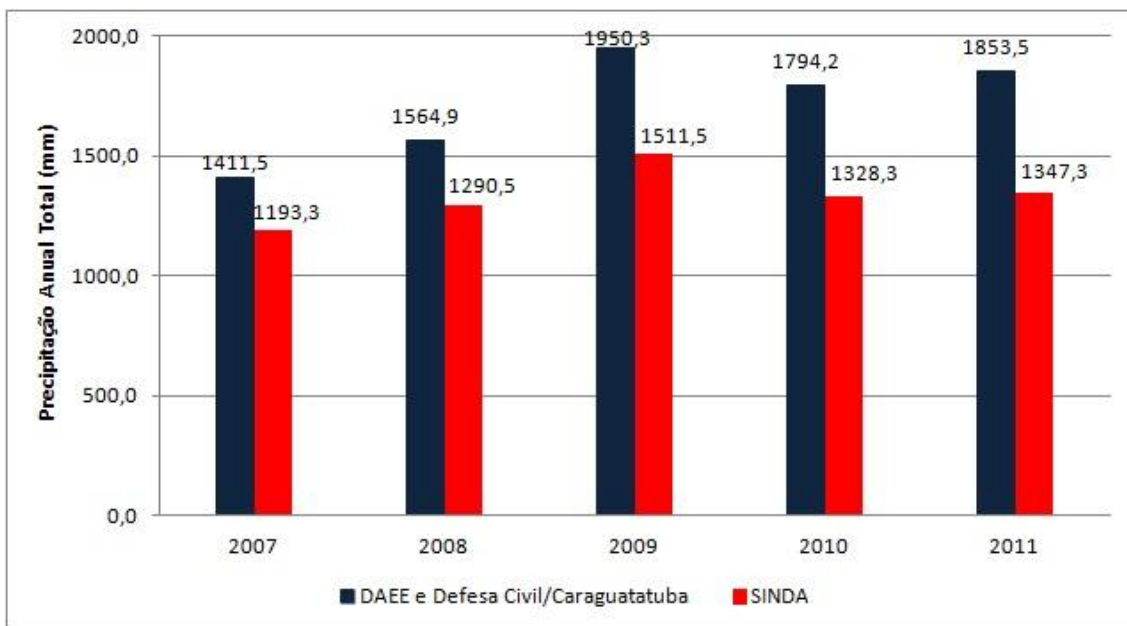


Figura 35: Precipitação anual total registrada pelo DAEE/Defesa Civil e pelo SINDA, entre os anos de 2007 e 2011. Org: Santos, 2015.

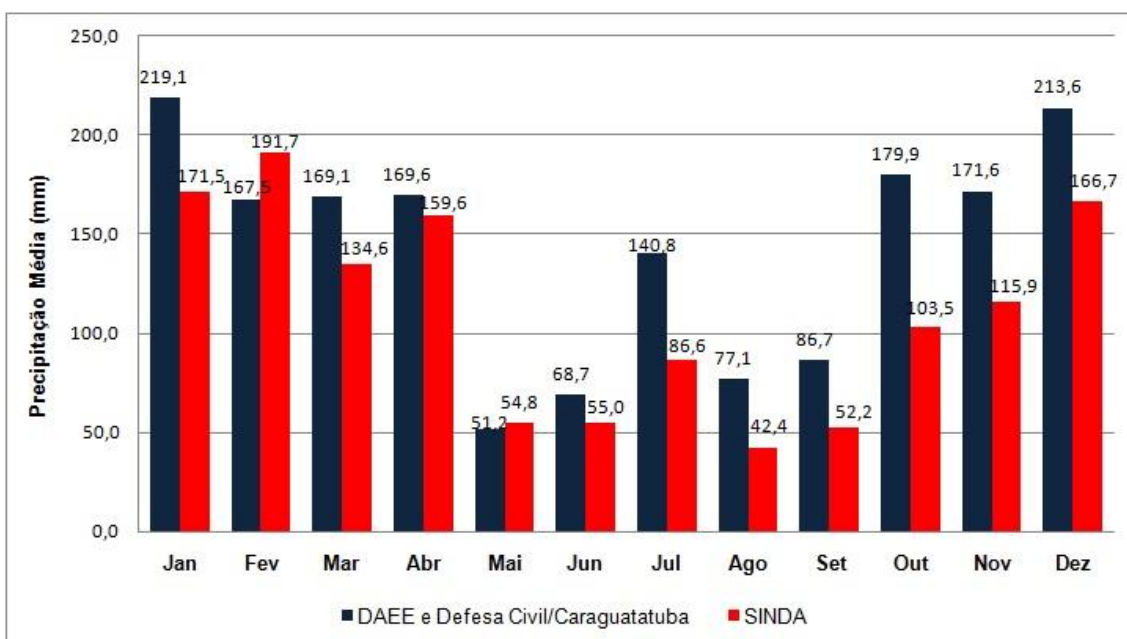


Figura 36: Precipitação mensal média registrada pelo DAEE/Defesa Civil e pelo SINDA, entre os anos de 2007 e 2011. Org: Santos, 2015.

Os dados de atributos climáticos de superfície são obtidos, em sua maioria, por meio de estações meteorológicas convencionais, onde o observador realiza a leitura dos dados em um espaço determinado de tempo (a cada uma hora, a cada três horas, uma vez por dia, etc.) ou com a utilização estações meteorológicas automáticas, onde sensores eletrônicos efetuam a leitura do atributo climático e armazenam em sua memória; a leitura é realizada

de acordo com o tempo previamente definido (segundos, minutos ou horas). Algumas das vantagens da EMA são a não obrigatoriedade de um observador presente para a coleta dos dados, maior precisão, menor tamanho (em relação aos equipamentos utilizados na estação convencional) e a capacidade de armazenar um grande volume de informações detalhadas. Em contrapartida, a EMA exige uma manutenção de custo mais alto, e falhas no equipamento podem gerar falhas no banco de dados (PEREIRA *et al*, 2008).

Souza *et al* (2003) compararam dados de temperatura do ar (máxima, média e mínima, umidade (umidade relativa média) e pressão atmosférica obtidos por duas estações, convencional e automática, no município de Maringá (PR). No estudo, os dados dos elementos meteorológicos apresentaram concordância e os baixos erros estão dentro da margem de precisão dos sensores. Substituir a estação convencional pela estação automática não implicará em grandes mudanças, mas deve-se realizar uma comparação de dados de acordo com a localidade antes de se desativar uma estação convencional.

Em um estudo de temperatura do ar obtida por uma estação meteorológica convencional e uma estação automática, Strassburger *et al.*(2011) concluíram que existe equivalência nas medidas de temperatura e há pequenas diferenças nos horários de ocorrência das temperaturas máximas e mínimas entre as duas estações (convencional e automática). Para os autores, a substituição de uma estação convencional por uma automática, no Rio Grande do Sul, não gera alterações significativas na série de dados.

6.4 Estudo de Caso: o ano de 1967

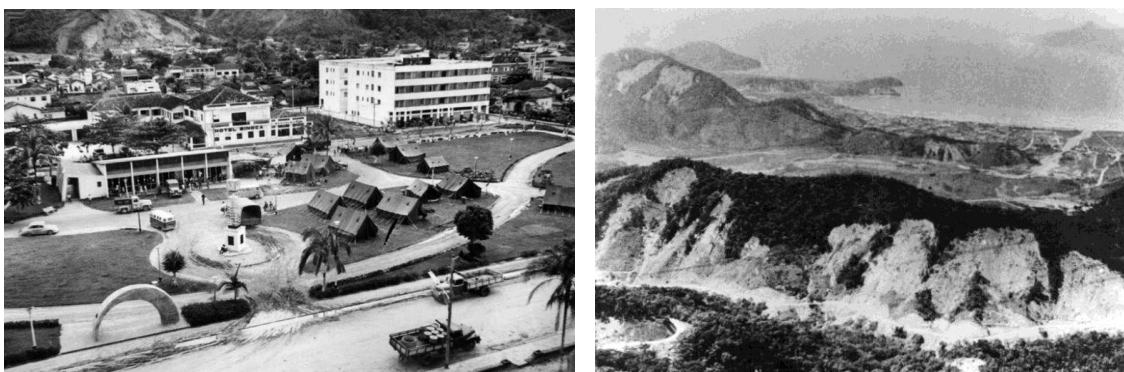
Para os estudiosos em Climatologia e Geomorfologia, as chuvas de 1967 e as suas consequências em Caraguatatuba são importantes objetos de estudo, dada a magnitude dos eventos. Diversos autores dedicaram seus trabalhos para avaliar a precipitação e as alterações dos movimentos de massa sobre o relevo e, conseqüentemente, sobre os solos. Nesse sentido, Cruz (1974) desenvolve seu estudo sobre a Serra do Mar e o Litoral na área de Caraguatatuba. Neste trabalho, a autora relata outros eventos em 1967 e em

anos anteriores que ocorrem no estado do Rio de Janeiro para exemplificar que estes fenômenos são comuns durante o verão em regiões tropicais.

Em Caraguatatuba, o dia 18 de março de 1967 ficou marcado pelas fortes chuvas que provocaram escorregamentos e inundações, com consequências catastróficas. O pluviômetro monitorado pelo DAEE registrou 240,8 mm nesta data. Segundo Cruz (1974, p.14),

(...) Chovia desde o dia 16, aumentando as chuvas de intensidade a partir das 18 horas do dia 17. No dia 18, às primeiras horas da manhã, começaram a cair as primeiras barreiras. Às 13 horas veio a avalanche total de pedras, árvores e lama dos morros Cruzeiro e Jaraguá, de Jaraguazinho (...), enquanto outra frente se abria, às 16:30 horas no vale do rio Santo Antônio. O rio alargou-se, de 10-20 m para 60-80 m.

A lama bloqueou as ruas e pessoas, animais e troncos de árvores foram arrastados pela força da água. A estrada da serra desapareceu devido aos escorregamentos em vários pontos (figuras 37 e 38).



Figuras 37 e 38: Vista superior da Praça Diógenes Ribeiro de Lima com escorregamento ao fundo e vista aérea das escarpas Serra do Mar no município de Caraguatatuba após os escorregamentos. Fonte: Arquivo Público de Caraguatatuba.

Os acessos às cidades litorâneas vizinhas (São Sebastião e Ubatuba) também ficaram bloqueados. O evento teve repercussão nacional nos principais veículos de comunicação nos dias seguintes à tragédia (figura 39).



Figura 39: Página do primeiro caderno do jornal Folha de São Paulo (20/03/1967) destacando a tragédia no litoral paulista; página do primeiro caderno e da edição da tarde, respectivamente, do jornal Folha de São Paulo (21/03/1967) com destaque para as consequências das chuvas e dos escorregamentos em Caraguatatuba.

De acordo com os dados, entre novembro de 1966 e março de 1967 os valores de precipitação estão acima da média mensal da série histórica aqui considerada (tabela 4). No mês de março, quando ocorreu os eventos, a precipitação mensal esteve 159% acima da média para o mês. Pode-se, então, considerar que os escorregamentos ocorridos em Caraguatatuba não foram somente consequência das chuvas dos dias 16, 17 e 18 de março de 1967. A saturação por água no solo, que nas escarpas da serra são rasos e as declividades das vertentes contribuíram para que os escorregamentos acontecessem de forma intensa.

Tabela 4: Precipitações mensal total, média mensal e porcentagem acima da média mensal para o período 1943-2012. Fonte: DAEE e Defesa Civil de Caraguatatuba. Org: Santos, 2015.

Mês	Precipitação Mensal Total (mm)	Média Mensal de Precipitação para o Período 1943-2012 (mm)	% Acima da Média Mensal
nov/66	273,3	162,7	68,0
dez/66	401,1	208,2	92,7
jan/67	292,9	255,2	14,8
fev/67	270,8	214,4	26,3
mar/67	544,2	210,1	159,0

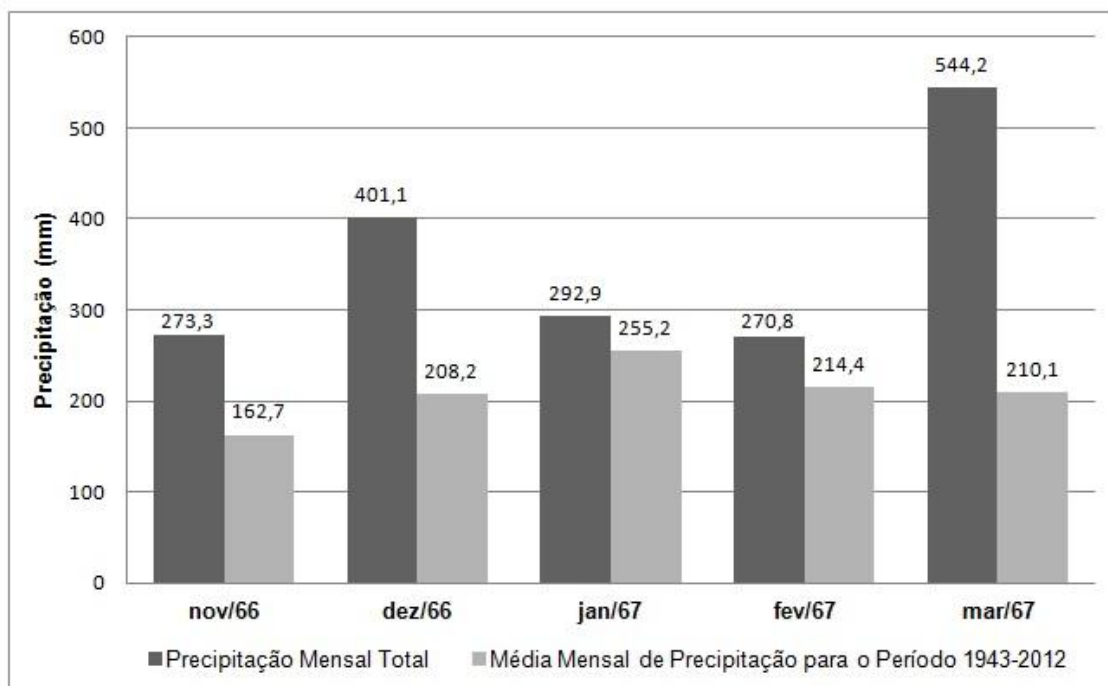


Figura 40: Precipitação mensal total para o final de 1966 e início de 1967 e média de precipitação para a série (1943-2012). Fonte: DAEE e Defesa Civil de Caraguatatuba, 2013. Org: Santos, 2015.

Cruz (1974) confirma a importância da passagem de frentes na concepção das chuvas intensas no litoral norte paulista que, aliadas à umidade oceânica, “nos verões acompanham as frentes escarpadas e muitas vezes ficam retidas nos festões e reentrâncias serranas” (p.166). Segundo a autora, as regiões onde ocorreram os maiores deslizamentos eram consideradas as menos chuvosas da região e que são as chuvas de grande intensidade locais e não regionais que provocam estes eventos.

Investigando a influência das propriedades físicas dos solos na ocorrência de escorregamentos translacionais rasos na Serra do Mar (SP), Ferreira (2013) conclui que os eventos de instabilidade potencializam-se em períodos pluviométricos intensos. Segundo a autora, os escorregamentos

ocorreram em todos os tipos de topografia na área de estudo (...), as altas escarpas são áreas preferenciais de início de escorregamentos, onde os declives acima de 40% ligam-se muitas vezes a falhamentos ou a núcleos resistentes que propiciam a desnudação dos paredões rochosos (p.73).

Portela (2014) identifica áreas suscetíveis à escorregamentos em Caraguatatuba (SP) por meio de análise da vegetação, com o uso de imagens de satélite de cicatrizes provocadas pelos eventos ocorridos em 1967. Seus resultados indicam que “a medida que a vegetação se torna mais densa e

vigorosa há o aumento da média de cicatrizes na área de estudo” (p.106), pois a autora entende que o peso da vegetação sobre a vertente, o arranjo de raízes e a ação dos ventos podem desestabilizar a vertente, contribuindo com a ocorrência de movimentos de massa.

Gomes *et al* (2015) realizaram uma análise preliminar de parâmetros morfométricos em bacias hidrográficas de Caraguatatuba (SP), onde há relação direta com a magnitude dos processos de escorregamentos. De acordo com suas características morfométricas, as bacias apresentam potencial para geração de corridas de detritos, com pelo menos dois parâmetros favoráveis à geração destes processos.

7. Considerações Finais

O presente trabalho buscou analisar as precipitações no município de Caraguatatuba em diferentes escalas temporais. Segundo as análises do período de 1943 a 2012, as precipitações concentram-se no verão (38,4%) e não há uma estação seca definida. As precipitações de inverno correspondem a 13,6% do total sazonal. Nesta série histórica, o mês de janeiro apresenta-se como o mais chuvoso, em média, e o volume da precipitação diminui nos meses subsequentes (fevereiro e março). Segundo dados médios, os meses de junho, julho e agosto são os menos chuvosos, estando o mês de julho com os menos valores de precipitação.

O ano de 1976 apresenta o maior valor de precipitação anual da série (4080,2 mm) e em dez dos seus doze meses, os valores de desvio absoluto (em relação à média), foram positivos. O ano menos chuvoso, com menor valor de precipitação, foi o de 1984, onde apenas o mês de agosto obteve um desvio absoluto positivo em relação à média. Nos demais meses, houve desvios negativos. Na classificação de anos padrões, 5 anos foram classificados como secos, 55 anos foram considerados habituais e 9 anos classificados chuvosos. Nesta análise, os anos de 1976 e 1984 também são classificados como chuvoso e seco, respectivamente. O ano de 1967, apesar de marcado pelos eventos de precipitação intensa e deslizamentos na área de estudo, é considerado dentro da habitualidade. A frequência anual das precipitações apresenta uma distribuição predominante no intervalo de 1500 mm a 1700 mm (21 anos) e no intervalo de 1700 mm a 1900 mm (16 anos). O ano de 1976, com 4080,2 mm, é o único evento dentro do intervalo de 3900 mm a 4100 mm, portanto extremo. No período, as precipitações entre 10 e 30 mm mensais foram as mais frequentes, principalmente nos meses de verão, onde chegaram aos 50 mm/mês. Os eventos classificados como extremos, acima de 80 mm, foram predominantes no verão (57 eventos, 55,9% em relação ao total de eventos da série).

Nas análises da série histórica de 2007 a 2011, as precipitações também foram predominantes no verão. Considerando as precipitações horárias, neste período elas predominam no final da tarde, caracterizando chuvas de origem convectiva. Durante o outono e inverno as chuvas ocorrem durante a noite,

madrugada e manhã, o que sugere que elas são determinadas pela passagem e duração de sistemas frontais. Na primavera as precipitações são melhores distribuídas ao longo do dia, com sua maior porcentagem ocorrendo no final da tarde e início da noite, consequência da instabilidade atmosférica e da aproximação da estação mais chuvosa (verão). Assim como verificado na série histórica anterior (1943-2012), aqui o intervalo de precipitações mais frequente também se encontra entre 10 e 30 mm em todos os meses do ano, seguido pelo intervalo de 30,1 a 50 mm, principalmente nos meses de verão. Pode-se afirmar que as precipitações nesta estação se distribuem entre estes dois intervalos. No período, destacamos oito eventos extremos: cinco ocorreram durante o verão e três durante o outono. Percebe-se que, assim como o verão é considerada a estação com maior volume de precipitações, também é no verão que ocorrem os maiores valores de chuvas diários. Isso se deve porque, segundo Borsato (2011), o verão é a estação mais úmida, pois nela predominam os sistemas de baixa pressão, responsáveis pela formação de áreas de instabilidade atmosférica. Os eventos de outono foram condicionados à intensidade e duração da passagem de sistemas frontais.

No período de 2007 a 2011, os dados do posto pluviométrico apresentaram valores superiores em relação aos dados fornecidos pela EMA. Na análise mensal, isto também ocorre exceto nos meses de fevereiro e maio; neste último a variação é pequena (3,6 mm maior na EMA). Esta comparação é importante para esclarecer que, se coletados dentro dos padrões propostos, os dados obtidos de forma convencional e obtidos por uma EMA possuem a mesma validade.

O mês de março de 1967 foi marcado pelos eventos climatológicos e geológico/geomorfológicos mais intensos da área de estudo que se conhece na literatura. Percebe-se que os valores de precipitação para os últimos meses do ano anterior já estavam acima da média mensal para o período. A quantidade de água no solo, aliada à configuração do relevo da área de estudo permitiu o desenvolvimento de deslizamentos de terra, blocos e inundações.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, F.F.M; CARNEIRO, C.R. Origem e evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 28, p.135-150, 1998.

ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANDRIUCCI, L. R.; SANT'ANNA NETO, J. L.; FERREIRA, M. E. C. Análise da variabilidade e tendência das chuvas e a descrição da produção agrícola na bacia do rio Pirapó - PR. **Boletim de Geografia**. Maringá, v. 20, n.2, p. 41-57, 2002.

ARMANI, G.; GALVANI, E. Fluxos polares e o ritmo dos sistemas atmosféricos no nordeste do Estado de São Paulo. **Soc. nat. (Online)**, Uberlandia, v. 23, n. 1, 2011. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-45132011000100002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 21 Abril 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-45132011000100002>.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. Tradução de Maria Juraci dos Santos 10ª. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004, 332 p.

BORSATO, V. A. . **A Dinâmica Atmosférica no Centro-Sul do Brasil no Verão e as Influências do El Niño Oscilação Sul (ENOS)**. Revista do Departamento de Geografia - USP, v. 22, p. 135-157, 2011.

BORSATO, V. A.; SOUZA FILHO, E. E. A Dinâmica Atmosférica na vertente oriental da bacia do alto rio Paraná e a gênese das chuvas. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 30, p. 221-229, 2008.

CAVALCANTI, I. F. A. . Large scale and synoptic features associated with extreme precipitation over South America: A review and case studies for the first decade of the 21st century. **Atmospheric Research (Print)**, v. 118, p. 27-40, 2012. Available from <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169809512001871>>. Acesso em 17 de novembro de 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2012.06.012>.

CONTI, J. B. **Circulação secundária e efeito orográfico na gênese das chuvas na região lesnordeste paulista**. Tese (Doutorado). Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.

CRUZ, O. **A Serra do Mar e o litoral na área de Caraguatatuba: Contribuição à Geomorfologia Litorânea Tropical**. Série Teses e Monografias nº11, São Paulo, 1974.

_____. A Serra do Mar e a Preservação de suas vertentes. **Revista Orientação**, São Paulo, n. 7, p. 39-45, 1986.

DOSWELL, C. A., III; BROOKS H. E.; MADDOX R. A. Flash flood forecasting: An ingredients-based methodology. **Weather and Forecasting**, 11, 560-581, 1996.

ESPÍRITO SANTO, C. M.; SATYAMURTY P. Eventos Extremos de Precipitação na Região Sudeste do Brasil e redondezas no período de 1997-2001. In: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002, Foz do Iguaçu, PR. **Anais do XII Congresso de Meteorologia**, 2002.

FERREIRA, F.S. **Análise da influência das propriedades físicas do solo na deflagração dos escorregamentos translacionais rasos na Serra do Mar (SP)**. Dissertação (mestrado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

FERREIRA, V. O. Análise de tendências em séries pluviométricas: algumas possibilidades metodológicas. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, V.1, N.5, p.317 – 324, 2012.

FRANÇA, A. **Estudo sobre o clima da Bacia de São Paulo**. Boletins da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras. Geografia nº 3. São Paulo, 1946.

GALVANI, E.; LIMA, N. G. B.; ALVES, R. R. Variabilidade e tendência das precipitações no Litoral Sul de São Paulo. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, V.1, N.5, p.1163 – 1176, 2012

GALVANI, E.; PEREIRA, A. R. ; KLOSOWSKI, E. S. Relações entre o Índice de Oscilação Sul (IOS) e o total mensal de chuva em Maringá-PR. **Acta Scientiarum** (UEM) (Cessou em 2002), Maringá-Pr, v. 20, n.4, p. 531-535, 1998.

GOMES, M.C.V; DIAS, V.C.; VIEIRA, B.C. Análise preliminar da influência dos parâmetros morfométricos na magnitude de corridas de detritos em Caraguatatuba/SP, Serra do Mar. In: **XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, 2015, Teresina, PI. p. 2733-2739.

MILANESI, M.A. Efeito Orográfico na Ilha de São Sebastião (Ilhabela – SP). **Revista Brasileira de Climatologia (Eletrônica)**, v. 9, p. 68-79, 2012.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em 23 de julho de 2015.

MONTEIRO, C.A.F. **A Frente Polar Atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil**. Série Teses e Monografias nº1, São Paulo, 1969.

_____. **A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo: estudo sob a forma de atlas**. Laboratório de Climatologia, Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1973, 130 p.

NUNES, L. H. Estudo da normalidade da pluviometria no setor serrano de Cubatão e Baixada Santista-SP. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.6, p. 31-43, 1992.

PELLEGATTI, C. H. G; GALVANI, E. Avaliação da precipitação na Serra do Mar - SP em eventos de diferentes intensidade e duração. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, Nº 27, pp. 147 - 158, 2010.

PEREIRA, L. M. P.; Caramori, P. H.; Ricce, W. S.; Caviglione, J. H. Análise comparativa de dados meteorológicos obtidos por estação convencional e automática em Londrina – PR. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 299-306, 2008.

PORTELA, V.D.A. **Avaliação da vegetação como indicadora de áreas suscetíveis a escorregamentos na Serra do Mar em Caraguatatuba (SP)**. Dissertação (mestrado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

REBOITA, M. S.; KRUSCHE, N.; AMBRIZZI, T.; ROCHA, R. P. Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul. **Terrae Didática**, v. 8, p. 34-50, 2012.

RIEHL, H. **Meteorologia Tropical**. Tradução de Aurélio Augusto Rocha. Rio de Janeiro: Ao livro técnico S/A, 1965. 426 p.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Ritmo climático e a gênese das chuvas na zona costeira paulista**. Dissertação (mestrado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

SANTOS, D. D. ; GALVANI, E. . **Análise da Ocorrência Sazonal e Horária das Precipitações no Município de Caraguatatuba, SP**. XV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2013, Vitória, ES. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, 2013. v. 15. p. 10-18.

SCHNEIDER; H.; SILVA, C.A. O uso do modelo *box plot* na identificação de anos-padrão secos, chuvosos e habituais na microrregião de Dourados, Mato

Grosso do Sul. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, v. 27 (2014), p. 131-146.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO – INSTITUTO PLORESTAL. **Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra do Mar (Diagnóstico e Avaliação do Meio Físico)**. São Paulo: SMA/IF, 2006.

SILVA, A.C. **O Litoral Norte do Estado de São Paulo (Formação de uma Região Periférica)**. Tese (doutorado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.

SILVA, A. C.; SANT'ANNA NETO, J. L.; TOMMASELLI, J. T. G.; TAVARES, R. Caracterização das chuvas no litoral norte paulista. **Cosmos**, Presidente Prudente, v. 3, n.5, p. 39-48, 2005.

SORRE, M. Objeto e método da climatologia. Tradução de José Bueno Conti. **Revista do Departamento de Geografia**, n.18, p. 89-94, 2006.

Souza, I. A.; Galvani, E.; Assunção, H. F. Estudo comparativo entre elementos meteorológicos monitorados por estações convencional e automática na região de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Technology**. Maringá, v. 25, no. 2, p. 203-207, 2003.

STRASSBURGER, A. S.; MENEZES, A. J. E. A.; PERLEBERG, T. D.; EICHOLZ, E. D.; MENDEZ, M. E. G.; SCHÖFFEL, E. R. Comparação da temperatura do ar obtida por estação meteorológica convencional e automática. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.26, n.2, p. 273 - 278, 2011.

TARIFA, J.R. **Fluxos polares e as chuvas de primavera-verão no estado de São Paulo**. Série Teses e Monografias nº19. São Paulo, 1975.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F.J.L. **Meteorologia Descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel. 1ª Ed., 3ª reimpressão. 1984. 374 p.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Recife: Versão Digital, 2006, 449 p.

ZHU, Y.; THOT, Z. Extreme weather events and their probabilistic prediction by the NCEP ensemble forecast system. In: **Preprints for the symposium on the precipitation Extremes: Prediction, impacts and responses, 2001, Albuquerque**. Proceedings...Boston: AMS, 2001. Disponível em: <http://www.emc.ncep.noaa.gov/gmb/ens/target/ens/albapr/albapr.html>. Acesso em 30 de julho de 2007.

Referências Eletrônicas

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA (CEPAGRI). **Clima dos municípios paulistas**. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipiospaulistas.html>>. Acesso em 27 de julho de 2013.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC/INPE). **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/index0112.shtml>>. Acesso em 27 julho de 2013.

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO – MARINHA DO BRASIL. **Serviço Meteorológico Marinho**. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/index.htm>>. Acesso em 27 de julho de 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Dados do Censo 2010 em Caraguatatuba/ SP**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em 16 de janeiro de 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais Climatológicas do Brasil (1961-1990)**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em 10 de junho de 2014.

GOOGLE EARTH. **Coordenadas geográficas de Caraguatatuba/ SP**. Acesso em 16 de janeiro de 2013.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Descrição do Parque Estadual da Serra do Mar, núcleo Caraguatatuba**. Disponível em: <http://www.saopaulo.sp.gov.br/conhecasp/turismo_turismo-ecologico_nucleo-caraguatatuba>. Acesso em 28 de maio de 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DA ESTÂNCIA BALNEÁRIA DE CARAGUATATUBA. **História de Caraguatatuba se mistura com a do Brasil**. Disponível em: <<http://www.portal.caraguatatuba.sp.gov.br/>>. Acesso em 10 de junho de 2014.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Cobertura da Terra do Estado de São Paulo - Ano 2010**. DataGEO – Sistema Ambiental Paulista. Disponível em: <<http://datageo.ambiente.sp.gov.br/>>. Acesso em 25 de agosto de 2015.

SECRETARIA DE TURISMO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Estâncias**. Disponível em: < <http://www.turismo.sp.gov.br/dade/estancias.html>>. Acesso em 28 de maio de 2014.

SISTEMA NACIONAL DE DADOS AMBIENTAIS (SINDA). **Plataforma de Coleta de Dados**. Disponível em: <<http://sinda.crn2.inpe.br/PCD/>>. Acesso em 04 de janeiro de 2013.

Anexo

Classificação dos anos padrão secos, habituais e chuvosos da série histórica 1943-2012. Fonte: DAEE e Defesa Civil de Caraguatatuba, 2013. Org: Santos, 2015.

Ano	Total Anual (mm)	Classificação	Ano	Total Anual (mm)	Classificação
1943	1078,3	SECO	1978	1478,0	HABITUAL
1944	1930,8	HABITUAL	1979	1667,4	HABITUAL
1945	2248,1	CHUVOSO	1980	1788,7	HABITUAL
1946	1780,3	HABITUAL	1981	1825,4	HABITUAL
1947	2466,2	CHUVOSO	1982	1538,5	HABITUAL
1948	1645,2	HABITUAL	1983	2001,4	HABITUAL
1949	1639,9	HABITUAL	1984	1065,9	SECO
1950	2210,9	CHUVOSO	1985	1707,1	HABITUAL
1951	1631,1	HABITUAL	1986	1941,0	HABITUAL
1952	2284,5	CHUVOSO	1987	1560,0	HABITUAL
1953	1630,8	HABITUAL	1988	1875,0	HABITUAL
1954	1573,7	HABITUAL	1989	1469,5	HABITUAL
1955	1525,8	HABITUAL	1990	1523,2	HABITUAL
1956	1777,3	HABITUAL	1991	1645,9	HABITUAL
1957	1511,7	HABITUAL	1992	1541,7	HABITUAL
1958	1924,2	HABITUAL	1993	1544,3	HABITUAL
1959	1888,3	HABITUAL	1994	1813,1	HABITUAL
1960	1683,1	HABITUAL	1995	2164,1	HABITUAL
1961	1922,8	HABITUAL	1996	2305,5	CHUVOSO
1962	1809,0	HABITUAL	1997	1826,0	HABITUAL
1963	1254,3	SECO	1998	2076,8	HABITUAL
1964	1376,1	HABITUAL	1999	1707,1	HABITUAL
1965	2013,7	HABITUAL	2000	1537,2	HABITUAL
1966	2349,5	CHUVOSO	2001	1133,4	SECO
1967	2141,2	HABITUAL	2002	1408,4	HABITUAL
1968	1425,3	HABITUAL	2003	1597,9	HABITUAL
1969	2435,4	CHUVOSO	2004	1584,0	HABITUAL
1970	1798,7	HABITUAL	2005	2249,8	CHUVOSO
1971	1637,5	HABITUAL	2006	1771,9	HABITUAL
1972	1521,7	HABITUAL	2007	1411,5	HABITUAL
1973	1918,2	HABITUAL	2008	1564,9	HABITUAL
1974	1274,7	SECO	2009	1950,3	HABITUAL
1975	2026,0	HABITUAL	2010	1794,2	HABITUAL
1976	4068,2	CHUVOSO	2011	1853,5	HABITUAL
1977	1393,7	HABITUAL	2012	1895,8	HABITUAL