

Universidade Camilo Castelo Branco  
Campus de Fernandópolis

HÉLIO NERY JUNIOR

INFLUÊNCIA DO RELEVO SOBRE A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA  
PRECIPITAÇÃO NO MUNICÍPIO DE CARAGUATATUBA – SP

INFLUENCE OF RELIEF ON THE SPATIAL DISTRIBUTION OF PRECIPITATION IN  
THE TOWN OF CARAGUATATUBA (STATE OF SÃO PAULO)

Fernandópolis, SP

2015

HÉLIO NERY JUNIOR

INFLUÊNCIA DO RELEVO SOBRE A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA  
PRECIPITAÇÃO NO MUNICÍPIO DE CARAGUATATUBA – SP

Orientador: Prof. Dr. LUIZ SÉRGIO VANZELA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Camilo Castelo Branco, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Fernandópolis, SP

2015

FICHA CATALOGRÁFICA

NERY JUNIOR, Hélio

N369I Influência do Relevo sobre a Distribuição Espacial da Precipitação no Município de Caraguatatuba - SP / Hélio Nery Junior - São José dos Campos: SP / UNICASTELO, 2015.

46f. il.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Sérgio Vanzela

Dissertação de Mestrado apresentada no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Camilo Castelo Branco, para complementação dos créditos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

1. Litoral Norte do Estado de São Paulo. 2. Altitude. 3. Chuvas Orográficas.

I. Título

**CDD: 574**

Autorizo, exclusivamente, para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta Dissertação de Mestrado, por processos xerográficos ou eletrônicos.

Assinatura: 

Data: 05/02/2016

**TERMO DE APROVAÇÃO**

**HÉLIO NERY JÚNIOR**

**“INFLUÊNCIA DO RELEVO SOBRE A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO  
DO MUNICÍPIO DE CARAGUATATUBA-SP”**

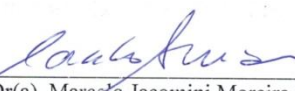
Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Camilo Castelo Branco, pela seguinte banca examinadora:



Prof(a). Dr(a). Luiz Sérgio Vanzela (Presidente)



Prof(a). Dr(a). Roberto Andreani Júnior



Prof(a). Dr(a). Marcelo Jacomini Moreira da Silva

Fernandópolis, 28 de agosto de 2015.

Presidente da Banca Prof(a). Dr(a). Luiz Sérgio Vanzela

Dedico à minha esposa Jéssica  
e à minha filha Maria Eduarda.

## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre me guiar e iluminar o meu caminho durante meus momentos de fraqueza.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Luiz Sérgio Vanzela, que com sua sabedoria, conhecimento, disponibilidade e paciência extrema orientou-me no decorrer dos trabalhos.

A minha esposa Jéssica e a minha filha Maria Eduarda pela compreensão durante os momentos de ausência, pelas palavras de coragem e fortalecimento e pelo eterno incentivo.

A equipe técnica da Escola Estadual Colônia dos Pescadores, na pessoa da diretora Sra. Marta Regina de Oliveira Braz pelo apoio dado durante as etapas do curso.

Aos professores do curso de Mestrado em Ciências Ambientais que muito nos ensinaram através de seus conhecimentos.

Enfim, a todos aqueles (amigos e alunos), que de uma forma ou outra me apoiaram e ajudaram a vencer mais esta etapa da minha vida, meu muito obrigado!!!

O êxito da vida não se mede pelo caminho que você conquistou, mas sim pelas dificuldades que superou no caminho.

Abraham Lincoln

# INFLUÊNCIA DO RELEVO SOBRE A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO NO MUNICÍPIO DE CARAGUATATUBA – SP

## RESUMO

Devido à importância do conhecimento dos processos que interferem na precipitação no Litoral Norte Paulista, este trabalho objetivou avaliar a influência do relevo na distribuição espacial das precipitações médias anuais e mensais do município de Caraguatatuba, São Paulo. Para o estudo foram utilizados dados de 17 estações pluviométricas do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) localizadas na região, cujo histórico de dados variaram de 17 a 57 anos. Com a obtenção dos dados pluviométricos, a avaliação da influência do relevo sobre a distribuição espacial de precipitações foi realizada pela análise de regressão da precipitação média anual e das precipitações médias mensais (variáveis dependentes) em função das altitudes médias (variável independente). Através do processo de krigagem linear, foram elaborados mapas de precipitação com classes de amplitude de 100 mm para precipitação média anual e de 10 mm para precipitação média mensal, sendo que somente para o mês de agosto optou-se para amplitude de classe de 2 mm, com o objetivo de obter dados mínimos para a análise de regressão. De acordo com os resultados obtidos pode-se concluir que o relevo exerceu influência significativa sobre a distribuição espacial das precipitações médias anuais e mensais no município de Caraguatatuba – SP, onde somente para o mês de outubro não houve influência significativa.

**Palavras-chave:** Litoral Norte do Estado de São Paulo; Altitude; Chuvas Orográficas.



# INFLUENCE OF RELIEF ON THE SPATIAL DISTRIBUTION OF PRECIPITATION IN THE TOWN OF CARAGUATATUBA (STATE OF SÃO PAULO)

## ABSTRACT

Since it is important to know the factors that affect precipitation in the Litoral Norte Paulista (Northern Shoreline of São Paulo), this study sets out to make an assessment of the influence of relief on the spatial distribution of the average annual and monthly precipitation in the town of Caraguatatuba, São Paulo. This study drew on data from 17 weather stations from the Department of Water Resources and Electric Power (DAEE) located in the region, which has historical data going back from 17 to 57 years. After the pluviometric data had been obtained, the evaluation of the influence of the relief on the spatial distribution of precipitations was carried out through an analysis of the annual average precipitation produced by regression and the average monthly precipitation (as dependent variables) resulting from average altitudes (an independent variable). Precipitation maps were designed through "linear" kriging with 100 mm amplitude category for average annual precipitation and 10 mm amplitude for average monthly precipitation, and just for the month of August it was decided to have a 2 mm amplitude with the aim of obtaining the minimum amount of data required for the regression analysis. On the basis of the results obtained, it can be concluded that relief exerted a significant influence on the spatial distribution of average annual and monthly precipitations in the town of Caraguatatuba – SP, with the exception of October, when there was no significant influence.

**Key-words:** Northern shoreline of the State of São Paulo; Altitude; Orographic Rainfall.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mancha urbana no município de Caraguatatuba em 2013 .....	4
Figura 2. Circulação das massas de ar no Brasil .....	7
Figura 3. Imagem do satélite GOES mostrando a formação de um sistema frontal (frente fria) e sua atuação sobre a Região Sudeste em 08/07/2015.....	8
Figura 4. Imagem do satélite GOES mostrando a formação de uma ZCAS e sua atuação sobre a Região Sudeste em 04/02/2013.....	10
Figura 5. Esquema de formação de chuva orográfica.....	11
Figura 6. Imagem aérea da Serra do Mar em Caraguatatuba - SP, após os deslizamentos março de 1967.....	12
Figura 7. Precipitação acumulada em Março de 1967.....	13
Figura 8. Anomalia de Precipitação em Março de 1967.....	13
Figura 9. Localização dos limites do município de Caraguatatuba - SP.....	14
Figura 10. Localização das estações meteorológicas utilizadas no trabalho.....	16
Figura 11. Mapa de altitudes do município de Caraguatatuba - SP.....	17
Figura 12. Detalhe da metodologia empregada na determinação das precipitações médias mensais ponderadas.....	18
Figura 13. Distribuição espacial (a) e em percentual da área total (b) da precipitação média anual.....	19
Figura 14. Resposta da precipitação média anual em função das altitudes médias. ....	19
Figura 15. Médias mensais ponderadas das precipitações no município de Caraguatatuba - SP.....	20
Figura 16. Distribuição espacial dos totais mensais de precipitação e resposta da média mensal (P) em função das altitudes médias (H) em janeiro (a), fevereiro (b), março (c) e abril (d).....	21
Figura 17. Distribuição espacial dos totais mensais de precipitação e resposta da média mensal (P) em função das altitudes médias (H) em maio (a), junho (b), julho (c) e agosto (d).....	23
Figura 18. Distribuição espacial dos totais mensais de precipitação e resposta da média mensal (P) em função das altitudes médias (H) em setembro (a), outubro (b), novembro (c) e dezembro (d).....	25

Figura 19. Percentual de área total do município com precipitação média dentro da amplitude de 10 mm em torno da média mensal histórica no município de Caraguatatuba – SP..... 27

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Localização e histórico de dados de precipitação das estações meteorológicas utilizadas no trabalho.....	16
--	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**CEPAGRI** – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura

**CPTEC** – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

**DAEE**–Departamento de Águas e Energia Elétrica

**FPA** – Frente Polar Atlântica

**INPE**–Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

**IPT** –Instituto de Pesquisas Tecnológicas de Estado de São Paulo

**NC** – Núcleo Caraguatatuba

**PESM** – Parque Estadual da Serra do Mar

**SEADE** – Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados

**SMA** – Secretaria do Meio Ambiente de Estado de São Paulo

**TSM**–Temperatura de Superfície do Mar

**ZCAS**–Zona de Convergência do Atlântico Sul

**ZEU**–Zona de Expansão Urbana

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 - Objetivo Geral.....	2
1.2 - Objetivos Específicos .....	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1 - Ocupação territorial do município de Caraguatatuba.....	3
2.2 - Caracterização do relevo do município.....	5
2.3 - Principais sistemas atmosféricos atuantes .....	6
2.3.1 - Sistemas Frontais .....	7
2.3.2 - Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS.....	9
2.4 - O efeito orográfico e o fenômeno das “sombras de chuvas” .....	10
2.5 - O episódio de 18 de março de 1967.....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	14
3.1 - Área de estudo .....	14
3.2 - Caracterização Climática.....	14
3.3 - Modelagem Matemática .....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
5. CONCLUSÕES .....	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	29

## 1. INTRODUÇÃO

O clima tem grande influência sobre as atividades humanas. Conhecer a dinâmica desse elemento da natureza pode contribuir para o planejamento de muitas ações que visem à melhoria da qualidade de vida de um grande número de pessoas. Para Mendonça e Danni-Oliveira (2007) a ciência moderna tem dado grande consideração a este assunto, principalmente na questão da interação estabelecida entre a dinâmica da atmosfera/clima e a dinâmica da sociedade.

Uma das variáveis meteorológicas mais importantes para os estudos climáticos é a precipitação. Essa importância deve-se às implicações que esta pode ocasionar, principalmente em uma região tropical, quando ocorrida em excesso (precipitação intensa), para os setores produtivos da sociedade tanto econômico e social (agricultura, transporte e hidrologia), causando enchentes, assoreamento dos rios e quedas de barreiras (AMORIM et al., 2008).

A necessidade de estudos que possam subsidiar as atividades voltadas ao conhecimento, ao planejamento e ao manejo dos recursos naturais em regiões litorâneas tem se tornado extremamente importante, visto que proporcionam um melhor entendimento da complexa faixa de interação oceano-continente-atmosfera (SANT'ANNA NETO, 1990). A zona costeira constitui-se como um dos mais complexos e frágeis sistemas no tocante às variações dos diversos elementos que participam de sua dinâmica, pois seus processos e estruturas dependem do ritmo determinado pela atuação de fenômenos relacionados à dinâmica oceanográfica, climática e terrestre (HERZ, 1988).

No Litoral Norte Paulista, fatores como a latitude, o relevo e a alta umidade que se desloca do oceano para o continente podem causar grande interferência no clima local. Tal configuração proporciona uma distribuição das chuvas de forma peculiar, não sendo possível estabelecer uma estação seca e com a possibilidade da ocorrência de eventos extremos, com escorregamento de encostas e enchentes. Estes eventos podem ocorrer em várias escalas de tempo, de diária a mensal e sazonal (CAVALCANTI, 2012).

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. Para Ayoade (2004), a chuva orográfica é comumente descrita como a precipitação resultante da elevação do ar

úmido sobre terreno elevado. As vertentes a barlavento das montanhas recebem mais chuva do que as vertentes a sotavento, que acabam ficando com menor umidade, caracterizando o que hoje conhecemos como “sombra de chuva”.

O fenômeno da “sombra de chuva” fica bastante visível quando se observa a distribuição anual e mensal das chuvas pelo território do município de Caraguatatuba, onde, segundo Cruz (1974) a formação do relevo possui uma característica distinta dos demais municípios do Litoral Norte Paulista, por tratar-se de um imenso anfiteatro aluvial com terraços marinhos e planícies costeiras amplas, circunvizinhas de escarpas com espigões entre as Serras do Mar e de Juqueriquerê.

Como citado acima, essas escarpas agem como barreira à penetração dos sistemas frontais produtores das chuvas que vem do Sul, provocando drástica diminuição dos totais anuais, transformando a área em uma grande ilha de sombra de chuva agravada pela presença das elevações do relevo da ilha de São Sebastião que também impede a entrada de ar mais úmido do mar vindo de leste e sul (MILANESI, 2007). Porém, nas áreas de relevos mais elevados e mais ao norte do município, sentido a Ubatuba, os índices de chuvas apresentam-se mais elevados.

### **1.1 - OBJETIVO GERAL**

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do relevo sobre a distribuição espacial das chuvas do município de Caraguatatuba - SP.

### **1.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar como ocorre a distribuição das chuvas pelo município em escala anual e mensal;
- Observar em quais áreas do município ocorre o fenômeno “sombras de chuva”;
- Identificar quais são os principais sistemas atmosféricos que atuam sobre a área de estudo;
- Obter modelos matemáticos mostrando o índice de significância da variação altitude x pluviosidade.



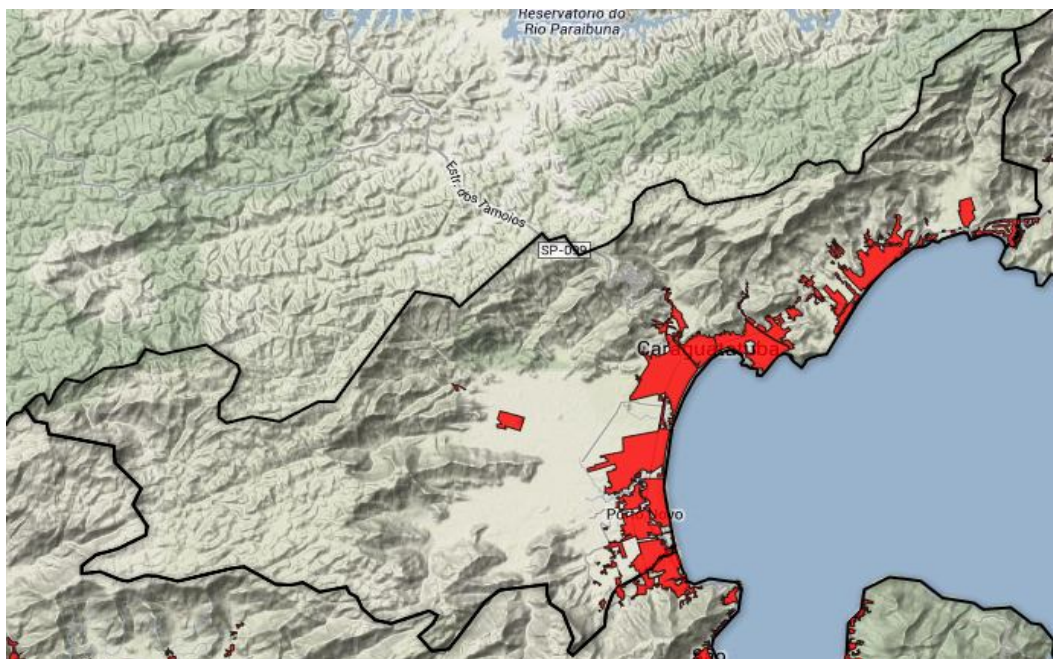
## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 - Ocupação territorial do município de Caraguatatuba**

O município de Caraguatatuba possui uma área territorial de 485,10 km<sup>2</sup> estando inserido em uma região de domínio da Mata Atlântica, sendo que 74,98% de sua área são recobertos por vegetação natural, em que se destacam as florestas que recobrem as escarpas da Serra do Mar e a maior planície costeira do Litoral Norte Paulista, que se estende por 32 km e engloba fragmentos de ecossistemas associados de restinga e manguezais (SMA,2005).

Nesse contexto destaca-se o Núcleo Caraguatatuba (NC) do Parque Estadual da Serra do Mar (PESM), que possui 57,6 mil hectares, cerca de 40 mil hectares destes dentro do município ou 82% da sua área total, e cumpre papel de suma importância na proteção dos mananciais locais quanto na proteção das principais estações de captação de água para o abastecimento do município.

Atualmente o município possui uma população de 106.571 habitantes, com uma densidade demográfica de 220 hab./km<sup>2</sup> e uma Taxa Geométrica de Crescimento Anual da População de 1,61% ao ano (SEADE, 2014). Esta população está distribuída de forma irregular ao longo da faixa litorânea, mais densamente povoada nos bairros centrais, ao redor da praia do Massaguaçu (região norte) e no bairro da Enseada (região Sul). O crescimento da mancha urbana seguiu dois vetores: um longitudinal paralelo, ao longo da rodovia SP-55/BR-101 (Rio-Santos), em paralelo à orla marítima e outro vetor transversal, em direção à Serra do Mar(Figura 1).



**Figura 1:** Mancha urbana no município de Caraguatatuba em 2011

**Fonte:** Instituto Pólis (2013)

Segundo Moraes (2007), o acelerado processo de urbanização das cidades litorâneas, a exploração das atividades de turismo e veraneio e a progressiva periferização das camadas de baixa renda destacam-se como elementos determinantes dos padrões de uso e ocupação do solo destas regiões. A atividade do turismo impulsiona a especulação no setor imobiliário, o que tem levado populações excluídas e sem acesso ao mercado formal de terras a ocuparem áreas impróprias, dando origem às áreas de riscos, sujeitas à ocorrência de eventos extremos, com escorregamento de encostas e inundações.

De acordo com o Plano Diretor (Lei Complementar nº 42, de 24 de novembro de 2011), o território do município está dividido em duas unidades (CARAGUATATUBA, 2011):

- Macrozona de Proteção Ambiental, constituída pelo Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Caraguatatuba;
- Macrozona de Desenvolvimento Urbano, destinada ao desenvolvimento da ocupação urbana. Sendo divididas em 20 zonas, classificadas de acordo com o uso e ocupação do solo.

O plano diretor criou uma Zona de Expansão Urbana (ZEU), destinadas para o crescimento da cidade, caracterizadas por áreas que se encontram sem uso ou

destinada atualmente à atividade rural e pecuária. Segundo o mapeamento feito pelo plano diretor, as principais áreas destinadas para o crescimento da mancha urbana ficam localizadas principalmente na Zona Sul do município.

## **2.2 - Caracterização do relevo do município**

O município de Caraguatatuba é constituído por diferentes domínios morfoestruturais, apresentando aspectos geomorfológicos bem distintos entre si. Dentre as formas de relevo que se observa nesta região destacam-se as áreas de Planalto, as escarpas da Serra do Mar e a Planície Litorânea (MARCELINO, 2003).

### **a) Planalto**

A região de planalto é predominantemente caracterizada pela forma mamelonar, que constitui uma topografia piramidal, com topos arredondados, sendo difícil a distinção da linha de cumeada (GUERRA e GUERRA, 2001).

De acordo com Cruz (1974), esta área é também caracterizada por grandes amplitudes topográficas existentes entre as serras e as planícies fluviais e baixos terraços. Acompanhando o alinhamento das cristas dos morros e dos corpos intrusivos, predomina na região a orientação E-NE e N-NE.

### **b) Serra do Mar**

Na área de estudo a Serra do Mar aparece como a unidade geomorfológica mais expressiva, a sua estrutura geológica se remonta a rochas cristalinas intrusivas relacionadas ao Pré-cambriano e ao Cretáceo, resultante de dobramentos, reativações de falhas e remobilizações de blocos crustais, apresentando assim um quadro morfológico relacionado ao tectonismo regional e de fases erosivas sucessivas (MARCELINO, 2003). Suas vertentes são classificadas em dois tipos: escarpas festonadas e escarpas com espigões digitados. As escarpas festonadas localizam-se na porção norte do município, que se desfazem em anfiteatros separados por espigões com topos angulosos em direção à planície litorânea. Já as escarpas com espigões digitados constituem a maior parte do município e são caracterizadas pela presença de vales fechados e vertentes com perfis retilíneos, associados aos espigões lineares subparalelos com topos angulosos (IPT, 2000).

### c) Planície costeira

A Planície Costeira na região de Caraguatatuba é formada pela planície marinha e flúvio-marinha. Este tipo de planície tem sua origem por processos litorâneos, com a ação construtiva do mar e de rios, formando superfícies aplainadas por agradação. A ação fluvial, formando depósitos aluviais, constitui uma das principais características desta superfície, visto que a ação marinha limita-se a orla marítima atual. Essas áreas são praticamente planas, com pequenas altitudes e baixa densidade de drenagem (SMA, 1998).

## 2.3 - Principais sistemas atmosféricos atuantes

Em linhas gerais, o Estado de São Paulo encontra-se numa área de transição climática, entre os climas tropicais e subtropicais, fato que lhe confere caráter especial, ainda mais quando se associam outros fatores regionais de controle do comportamento dos elementos atmosféricos (BRIGATTI, 2008).

Monteiro (1973) e Sant'Anna Neto (1990) destacam o litoral norte paulista por sua tipologia climática e pluvial, como uma área ímpar dentro do contexto estadual, apoiando-se no regime das chuvas e na sucessão dos tipos de tempo, juntamente com as feições morfológicas.

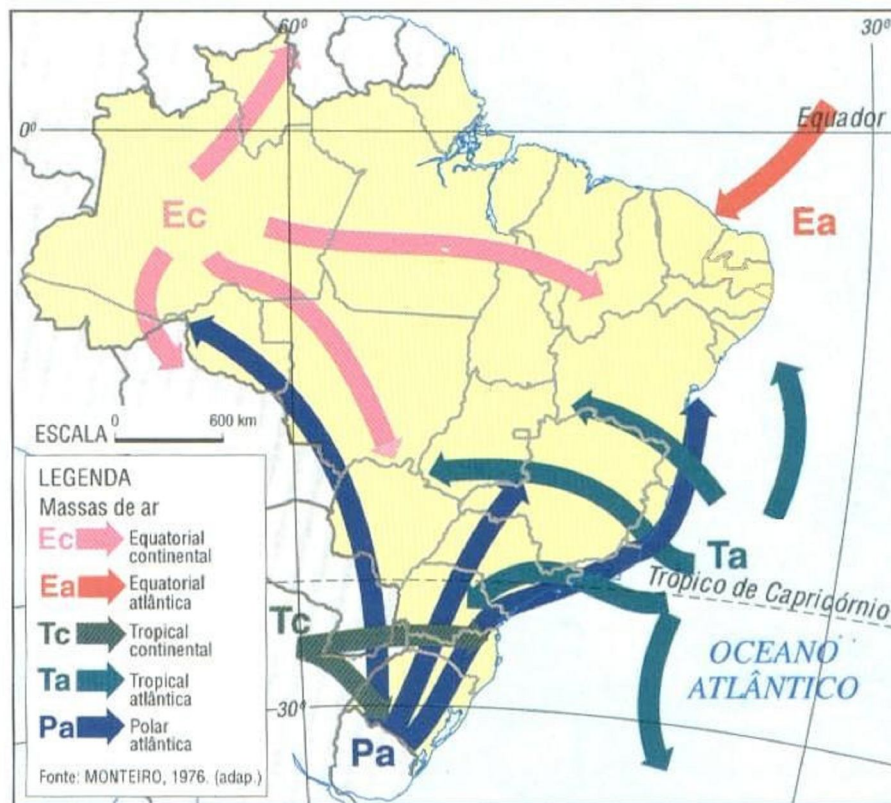
Segundo Monteiro (1973), o clima do litoral do estado de São Paulo é a resultante da interação entre três grandes controles atmosféricos de ordem regional:

- A circulação secundária, sob a forma dos frequentes embates entre as três massas de ar mais atuantes na região (massa tropical atlântica, massa tropical continental e a massa polar atlântica);
- O oceano: matéria-prima da umidade disponível; e,
- O relevo (Serra do Mar, de orientação SO-NE que atua como barreira aos ventos úmidos predominantes de SE).

Além da sujeição da área aos tipos de tempo derivados principalmente da atuação oscilante entre os sistemas frontais, como a passagem da frente-fria, que é responsável por boa parte da chuva precipitada no estado e no litoral durante o outono-inverno, e a forte influência das ZCAS durante o período primavera-verão.

### 2.3.1 - Sistemas Frontais

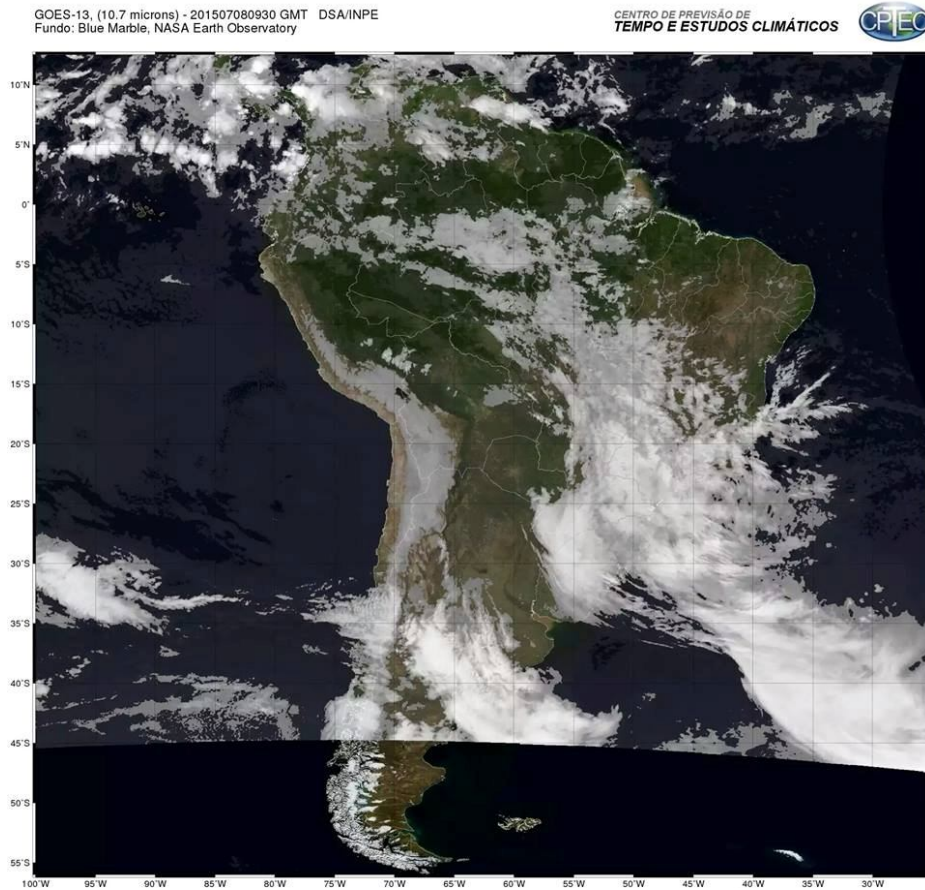
Para a compreensão da dinâmica atmosférica do Estado de São Paulo faz-se necessário contextualizá-lo regionalmente na perspectiva da dinâmica da circulação atmosférica predominante na porção sudeste do Brasil, como pode ser observada na Figura 2, cabendo um maior destaque para o município de Caraguatatuba.



**Figura 2:** Circulação das massas de ar no Brasil.

**Fonte:** Monteiro (1973).

No Estado de São Paulo são predominantes sistemas atmosféricos que atuam nas características climatológicas dessa porção geográfica, em virtude das superfícies nas quais se originam e o seu trajeto (Figura 3).



**Figura 3:** Imagem do satélite GOES, com detalhe da formação de um sistema frontal (frente fria) e sua atuação sobre a Região Sudeste em 08/07/2015

Fonte: CPTEC/INPE

Tais sistemas atmosféricos também são referenciados como “massas de ar” que apresentam os seguintes aspectos(MONTEIRO, 1973):

- Massa Tropical Atlântica: são sistemas tropicais que se originam sobre a porção oceânica atlântica e atuam durante todo o ano no território paulista, trazendo instabilidade de tempo no inverno. Como são formados sobre a porção oceânica, caracterizam-se como sistemas atmosféricos bastante úmidos que são trazidos à porção continental através de ventos predominantes de leste e nordeste;
- Massa Tropical Continental: são sistemas que se originam sobre a porção continental, apresentando temperaturas elevadas, baixa umidade e pressões atmosféricas em ligeiro declínio;



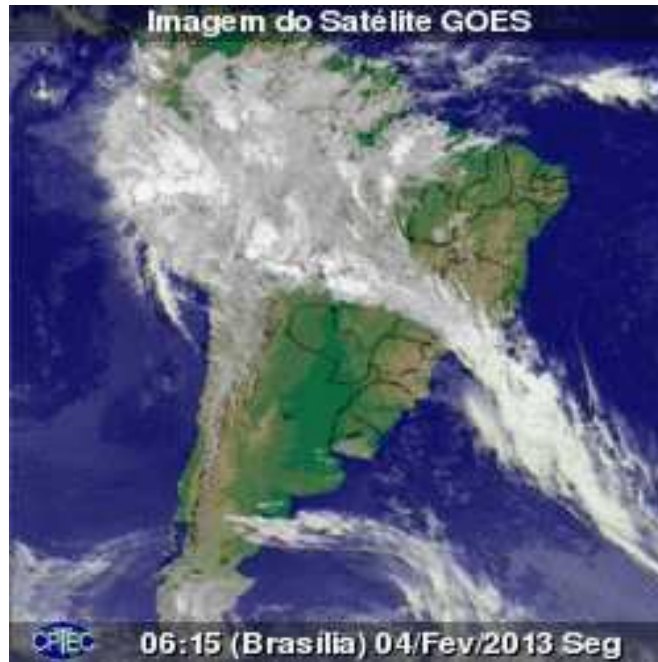
- Massa Equatorial Continental: origina-se na planície Amazônica e apresenta umidade e temperaturas elevadas, com ventos de NW (noroeste);
- Massa Polar Atlântica: origina-se no anticiclone polar Atlântico, um dos ramos do anticiclone migratório polar, apresentando ventos predominantes de SSE (sul-sudeste) ou SW (sudoeste), temperaturas mais baixas, associadas a uma grande amplitude térmica que favorecem a pressão atmosférica mais elevada; e,
- Frente Polar Atlântica: embora seja frequente ao longo do ano, apresenta-se mais rigorosa no período sazonal de inverno, deixando a região sujeita às frequentes invasões de perturbações frontais (frentes frias), mesmo na primavera e no verão, quando as chuvas são mais frequentes e intensas.

Além da dinâmica da circulação atmosférica atuante sobre a área de estudo, podemos citar outros fenômenos que também condicionam a dinâmica climatológica predominante sobre a região, onde se destaca o incremento da umidade do ar, proveniente de outras latitudes e na geração de instabilidades produtoras de chuvas causadas pela Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

### **2.3.2 - Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS**

Segundo Carvalho, Jones e Liebmann (2002), a ZCAS é o principal fenômeno responsável pela ocorrência de chuvas no período primavera-verão em São Paulo e em outros estados da região Sudeste do Brasil.

De acordo com Roseghini (2007), uma das grandes características associadas à ZCAS está na formação de uma extensa banda de nebulosidade que vai desde a Amazônia e se estende por todo Brasil no sentido noroeste-sudeste até o Oceano Atlântico, sendo facilmente identificada nas cartas sinóticas e imagens de satélite como uma área convectiva de baixa pressão que persiste por vários dias estacionada sobre uma mesma região, sendo mais frequente no verão quando a Massa Equatorial Continental está mais atuante e alimentando de umidade toda a extensão dessa zona de instabilidade. (Figura 4).



**Figura 4:** Imagem do satélite GOES com detalhe de sua formação de uma ZCAS e sua atuação sobre a Região Sudeste em 04/02/2013

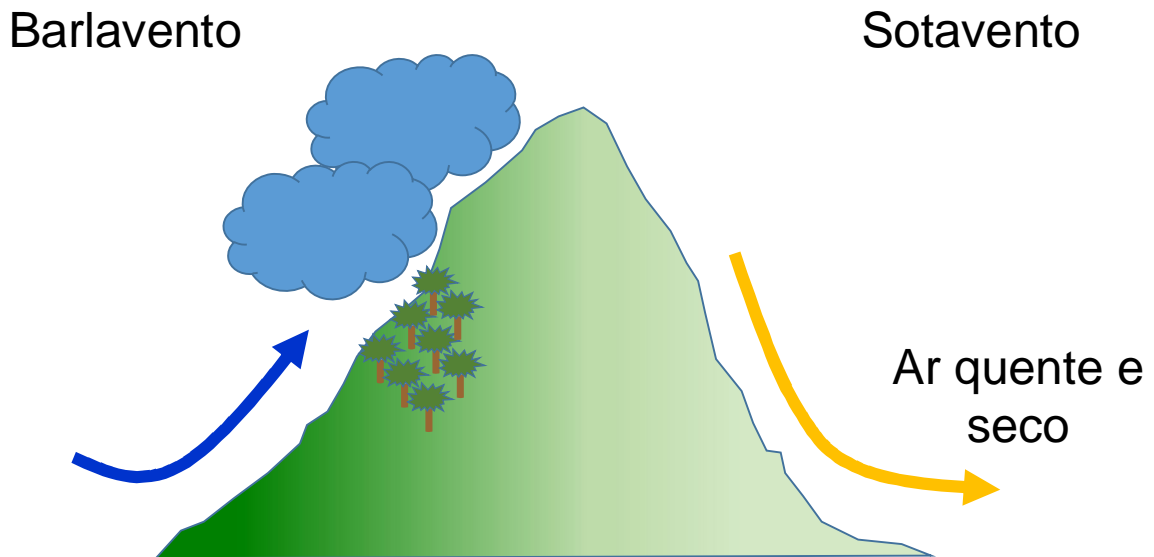
**Fonte:** CPTEC/INPE

As principais variações espaciais da ZCAS podem ser oceânicas ou continentais, sendo influenciadas pela TSM (Temperatura da Superfície do Mar) do Pacífico e Atlântico. Quando ocorre uma ZCAS oceânica (Figura 4), ou seja, um evento com maior intensidade sobre a zona costeira, onde se localiza a área de estudo, ocorre um aumento significativo da precipitação.

#### **2.4 - O efeito orográfico e o fenômeno das “sombras de chuvas”**

Conforme Ayoade (2004), a gênese da chuva orográfica se configura num fluxo de vento úmido que ao transpor uma rugosidade do relevo, tem sua coluna de ar em elevação com perda de temperatura sem troca com o meio e gerando nebulosidade que, possivelmente se converterá em chuva até uma determinada altitude, na encosta ativa do processo (barlavento). Posteriormente à transposição da linha de cumeeira, o fluxo de ar agora descende, aquece e gera, a sotavento, uma atmosfera relativamente seca gerando o fenômeno da “sombra de chuva” (Figura 5).





**Figura 5:** Esquema de formação de chuva orográfica

Conti (1975) e Milanesi e Galvani (2011), realizaram estudos importantes acerca da climatologia da ilha de São Sebastião e da região do Litoral Norte; os autores observaram a existência da sombra de chuva no sotavento da ilha (vertente do canal de São Sebastião) e de sua possível extensão para noroeste (NO) – sudoeste (SO) do município de Caraguatatuba.

Nesta porção do território costeiro paulista, a ocorrência de chuvas de efeito orográfico é marcante e as penetrações da Frente Polar Atlântica (FPA) são prejudicadas tanto pelo alinhamento sudoeste (SO) – nordeste (NE) da área, quanto pela barreira imposta pelas serras de Juqueriquerê e de São Sebastião, ambas com altitudes superiores a 500 m, e que determinam a presença de uma “ilha de sombra de chuvas” nesta área.

### **2.5 - O episódio de 18 de março de 1967**

O evento climático ocorrido em 18 de março de 1967 no município de Caraguatatuba ficou conhecido como “A Catástrofe”, quando ocorreu uma sequência de deslizamentos da Serra do Mar decorrente de uma anomalia positiva de precipitação no mês (Figura 6).



Figura 6: Imagem aérea da Serra do Mar após os deslizamentos – março de 1967

Fonte: Arquivo Municipal

As distribuições diárias das chuvas para março de 1967 (Figura 7) evidenciam que as chuvas fortes foram episódicas (SOUSA JUNIOR, SATYAMURTY e NUNES, 2007). Em especial, Caraguatatuba registrou chuva intensa de 244 mm no dia 17 de março de 1967, resultando em grande deslizamento de terra, responsável pela morte de mais de 400 pessoas.

As chuvas foram razoavelmente contínuas entre os dias 16 a 19 de março em todo o litoral, configurando um possível evento de ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul). Cruz (1974) associou o fenômeno das chuvas fortes à passagem de frente, pois nesta época a ZCAS ainda não era conhecida. De acordo com as Figuras 7 e 8, o mês de março em estudo foi muito chuvoso em praticamente todas as cidades, especialmente no litoral do estado de São Paulo.

As Figuras 7 e 8 representam, respectivamente, as chuvas acumuladas no mês de março de 1967 e a anomalia da precipitação para o mesmo período.

Na Figura 7, as áreas verdes representam um maior número de dias com precipitação no mês e na Figura 8 as áreas em azul representam as anomalias positivas de precipitação, chuvas acima da média. Quanto mais escura for a tonalidade, maior será a quantidade de chuva, evidenciando o evento atípico.

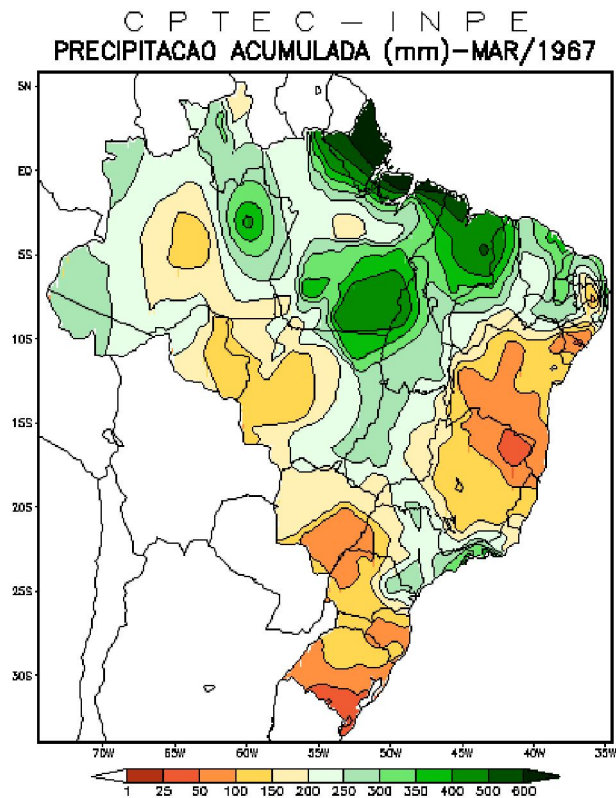


Figura 7: Precipitação acumulada em Março de 1967.

Fonte: CPTEC/INPE

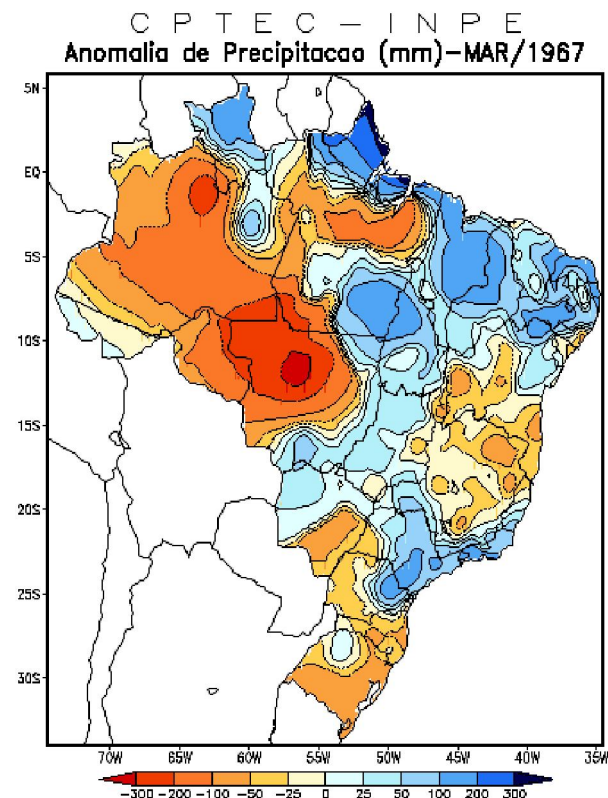


Figura 8: Anomalia de Precipitação em Março de 1967

Fonte: CPTEC/INPE

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 - Área de estudo

O trabalho foi realizado a partir de dados climáticos do município de Caraguatatuba – SP, localizado entre as latitudes 23°27'05,22" e 23°47'38,07" Sul e longitudes 45°13'44,71" e 45°47'22,45" de longitude Oeste (Figura 9), limita-se a norte com Natividade da Serra, a nordeste com Ubatuba, a sudeste com o Oceano Atlântico, a sul com São Sebastião, a oeste com Salesópolis e a noroeste com Paraibuna.



Figura 9. Localização dos limites do município de Caraguatatuba - SP.

Fonte: Google Earth - 20015

#### 3.2 - Caracterização Climática

Pela conjugação dos aspectos morfológicos e a circulação atmosférica regional, o Litoral Norte caracteriza-se por uma grande variedade de tipos de tempo sendo, portanto, do ponto de vista meteorológico, altamente instável e sujeita constantemente a chuvas dinamizadas pelas condições geográficas do local (NUNES e MODESTO, 1992).

O clima do município, de acordo com a classificação de Köppen, que leva em consideração as médias de temperatura e precipitação anual, sazonal e dos meses extremos, observando também aspectos biogeográficos de cada região é classificado como Af (Clima Tropical Chuvoso), sem estação seca e com a precipitação média do mês mais seco superior a 60 mm (SANT'ANNA NETO, 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 precipitação média anual é 1757,9 mm conforme dados fornecidos pelo Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI, 2015).

### **3. 3 - Modelagem Matemática**

A avaliação da influência do relevo sobre a distribuição espacial de precipitações foi realizada pela análise de regressão da precipitação média anual e das precipitações médias mensais (variáveis dependentes) em função das altitudes médias (variável independente).

As precipitações médias anuais e mensais foram obtidas por meio de mapas da distribuição espacial da precipitação, elaborados por krigagem linear, que segundo Landim (2004), trata-se de um método geoestatístico estimador que leva em consideração as características espaciais de autocorrelação de variáveis regionalizadas.

Landim (2004), também destaca que nas variáveis regionalizadas deve existir uma certa continuidade espacial, o que permite que os dados obtidos por amostragem de certos pontos possam ser usados para parametrizar a estimação de pontos onde o valor da variável seja desconhecido.

Para a realização do estudo, utilizou-se os dados de 17 estações meteorológicas, sendo 4 localizadas dentro do município de Caraguatatuba e as outras 13 em municípios vizinhos (Figura 10).



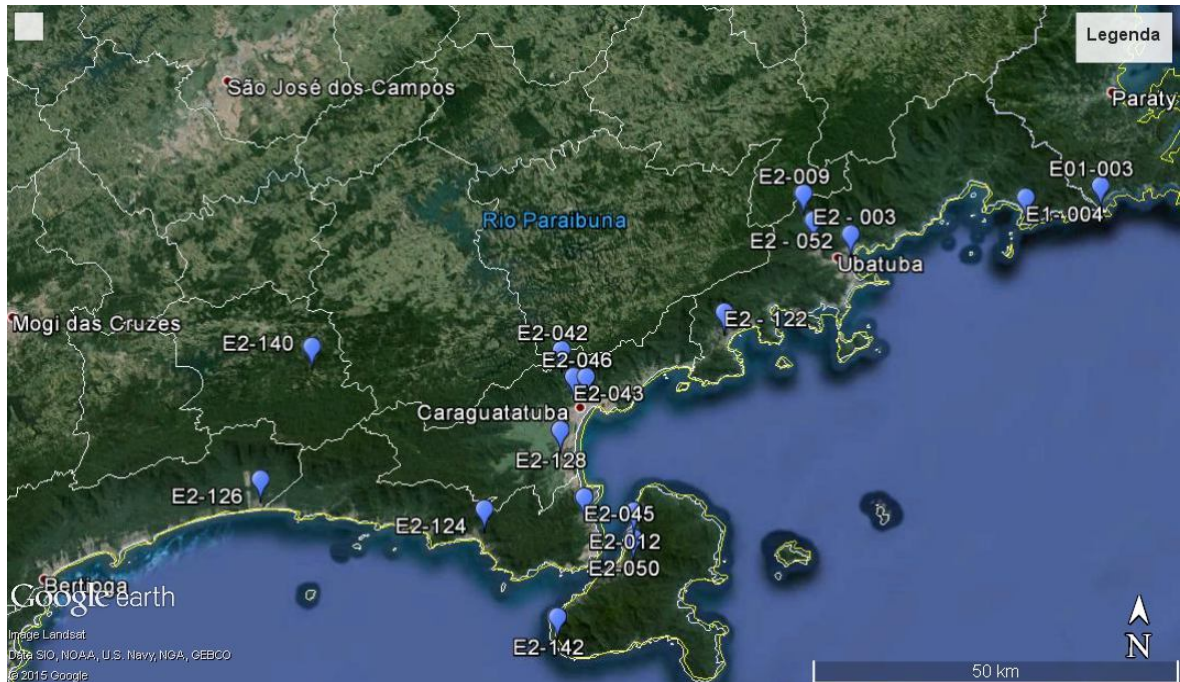


Figura 10. Localização das estações meteorológicas utilizadas no trabalho.

Fonte: Google Earth - 2015

Os valores das precipitações médias anuais e as mensais utilizadas na elaboração dos mapas de precipitação foram extraídos da base de dados do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), cujo histórico de dados variaram de 17 a 57 anos (Tabela 1).

Tabela 1. Localização e histórico de dados de precipitação das estações meteorológicas utilizadas

Estação	Municípios	Período	Histórico
E2-042	Caraguatatuba	1943 - 1970	27
E2-043	Caraguatatuba	1943 - 1971	28
E2-046	Caraguatatuba	1943 - 2000	57
E2-128	Caraguatatuba	1970 - 1995	25
E2-012	Ilhabela	1943 - 2000	57
E2-050	Ilhabela	1958 - 1975	17
E2-142	Ilhabela	1976 - 1998	22
E2-045	São Sebastião	1943 - 2000	57
E2-124	São Sebastião	1970 - 1999	29
E1-003	Ubatuba	1945 - 1974	29
E1-004	Ubatuba	1945 - 2000	55
E2-003	Ubatuba	1937 - 1969	32
E2-009	Ubatuba	1956 - 1999	43
E2-052	Ubatuba	1945 - 2000	55
E2-122	Ubatuba	1970 - 1999	29
E2-140	Salesópolis	1974 - 2007	33
E2-126	Bertioga	1970 - 1994	24

Fonte: DAEE-SP

Após a krigagem, foram elaborados mapas de precipitação com classes de amplitude de 100 mm para precipitação média anual e de 10 mm para precipitação média mensal. Somente para o mês de agosto optou-se para amplitude de classe de 2 mm, com o objetivo de obter dados mínimos para a análise de regressão.

As altitudes médias foram obtidas a partir do cruzamento do mapa de altitudes com os mapas de classes de precipitação média anual e mensal, realizado com ferramenta de tabulação cruzada em geoprocessamento. O mapa de altitudes foi gerado a partir do modelo digital do terreno produzida pelo satélite ASTER, de resolução espacial de 30 m (Figura 11).

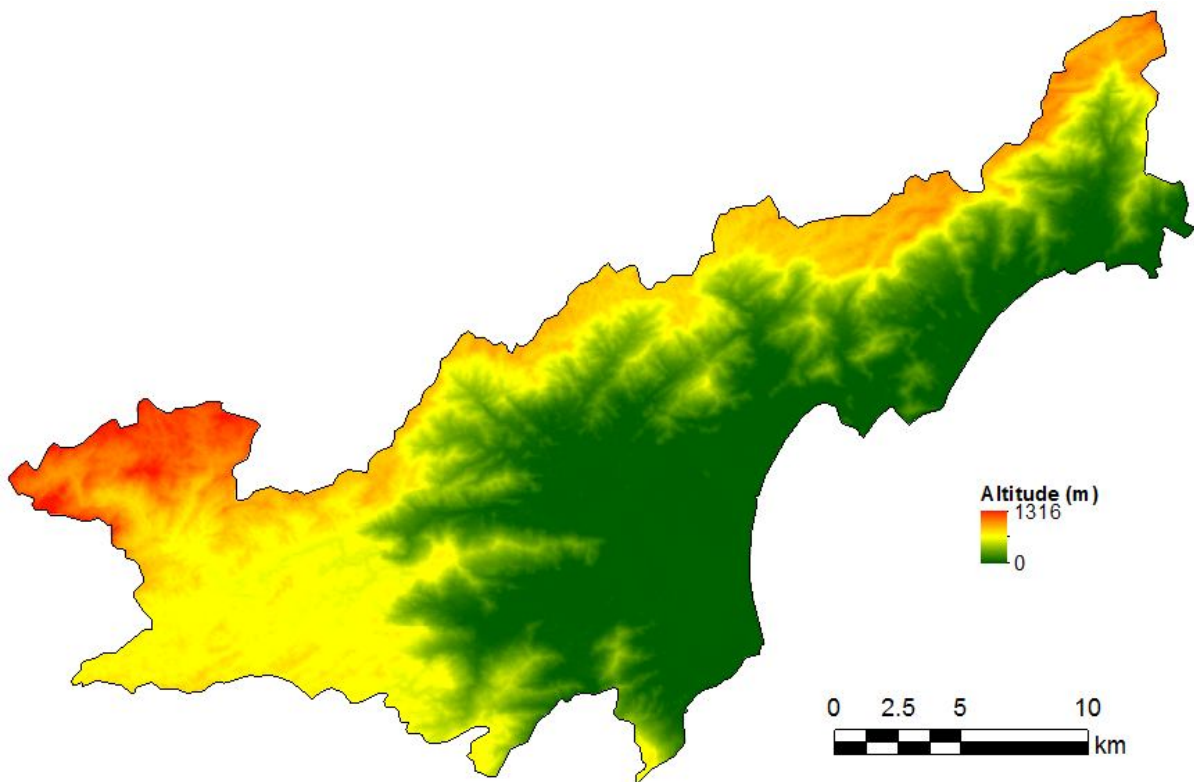


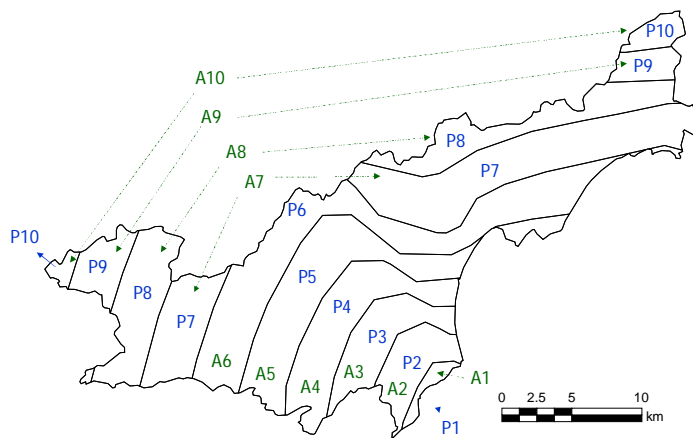
Figura 11. Mapa de altitudes do município de Caraguatatuba - SP.

Fonte: Satélite ASTER- 20015

De posse dos pares de altitude média (variável independente) e precipitação média anual e mensal (variável dependente) realizou-se a análise de regressão da resposta da precipitação média em função da altitude média. Foram avaliados diferentes modelos e selecionados os de maior significância estatística seguidos pelos de maior coeficiente de determinação do ajuste.

Também foi realizada a avaliação dos padrões médios ponderados de acordo com a distribuição espacial de chuvas, por meio dos cálculos das médias mensais

ponderadas com as respectivas áreas de abrangência das classes de precipitação média mensal (Figura 12).



$$P_{jm} = \frac{\sum P_i \cdot A_i}{A}, \text{ sendo:}$$

$P_{jm}$  - precipitação média mensal ponderada no mês "j" (mm);

$P_i$  - precipitação média mensal da classe "i" (mm);

$A_i$  - área de abrangência da classe "i" de precipitação média mensal ( $\text{km}^2$ );

$A$  - área total do município ( $\text{km}^2$ ).

Figura 12. Detalhe da metodologia empregada na determinação das precipitações médias mensais ponderadas.

A média anual ponderada foi determinada de maneira similar as médias mensais ponderadas, por meio de seguinte expressão:

$$P_a = \frac{\sum P_{a_i} \cdot A_i}{A}, \text{ sendo:}$$

$P_a$  - precipitação média anual ponderada (mm);

$P_{a_i}$  - precipitação média anual da classe "i" (mm);

$A_i$  - área de abrangência da classe "i" de precipitação média anual ( $\text{km}^2$ );

$A$  - área total do município ( $\text{km}^2$ ).

Todos os mapas e operações de geoprocessamento foram realizadas com o auxílio do software ArcGIS 10 (ESRI, 2010) e os cálculos e análises estatísticas com o auxílio do software SPSS (SPSS Inc., 2011).



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação média anual ponderada obtida foi de 1.970 mm. Com relação à distribuição espacial das precipitações, observa-se que os maiores totais anuais precipitados ocorrem nas regiões norte e nordeste do município (Figura 13a) e que 33,0% da área total do município apresenta precipitação média anual superior à média ponderada (Figura 13b).

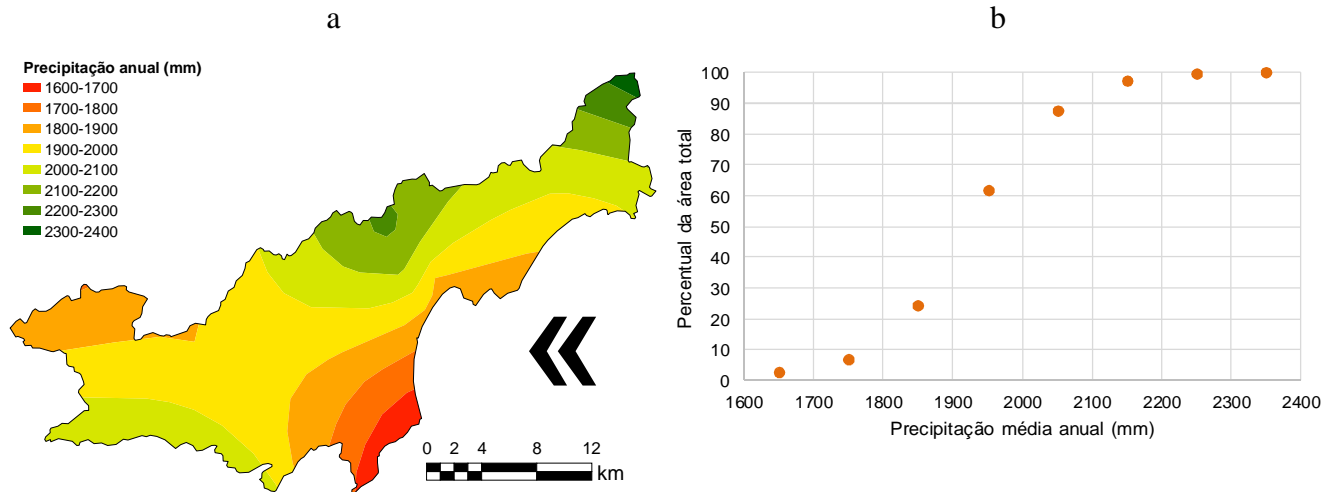


Figura 13: Distribuição espacial (a) e em percentual da área total (b) da precipitação média anual.

Este comportamento da distribuição espacial das precipitações médias anuais está fortemente relacionado ao relevo do município, já que a distribuição da precipitação média anual apresentou alta significância em função das altitudes médias no município (Figura 14).

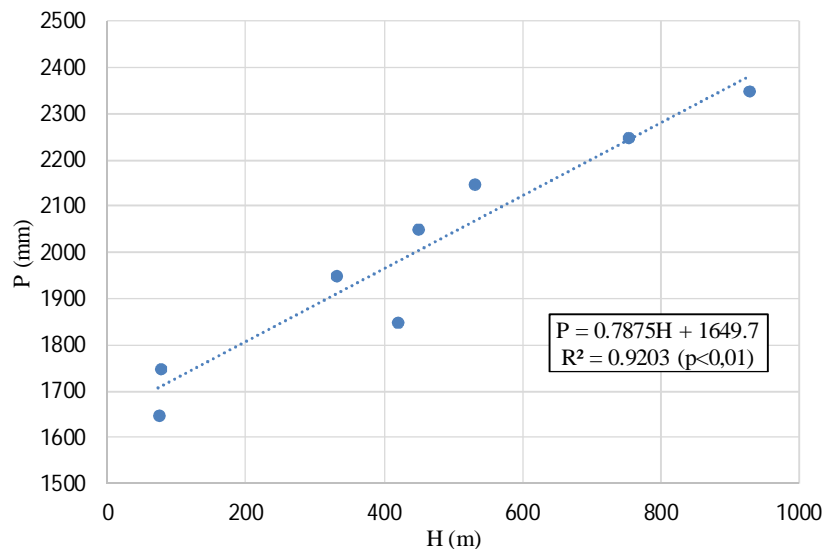


Figura 14: Resposta da precipitação média anual em função das altitudes médias.

Observa-se que a resposta da precipitação média anual em função das altitudes médias apresentou alta significância ( $p < 0,01$ ) para o modelo linear, com tendência de aumento da precipitação média anual com as altitudes médias. Pôde ser observado que em média ocorre um incremento de 1 mm para cada 1,30 m de incremento na altitude.

A precipitação média anual determinada pelo somatório das médias mensais ponderadas resultou em 1956 mm. Os meses mais chuvosos (com média mensal acima da mediana de 172 mm) são os de novembro a abril, período que apresenta um total médio de 1.320 mm, ou seja, 66,2% do total médio precipitado anualmente (Figura 15).

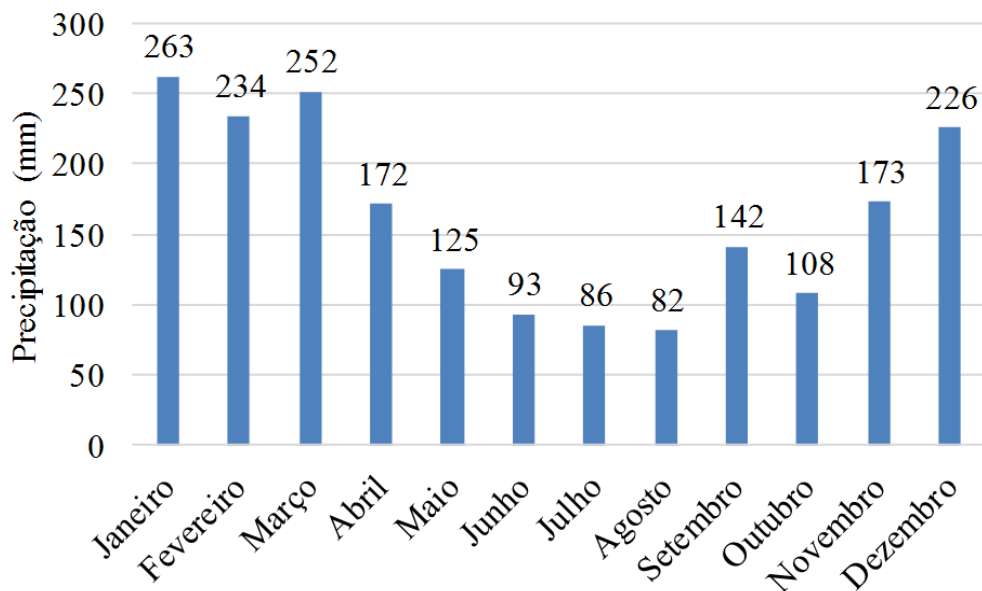


Figura 15: Médias mensais ponderadas das precipitações no município de Caraguatatuba - SP.

O mês de janeiro é o que apresenta o índice pluviométrico mais elevado em relação aos outros meses do ano, com 263 mm; e o mês de agosto é o que apresenta o menor índice, com 82 mm.

Constata-se que em Caraguatatuba não há uma estação seca bem definida, porém nos meses de junho, julho e agosto apresenta uma sensível queda nos índices pluviométricos, pois no período do inverno a pluviosidade da região fica relacionada, principalmente, à passagem de sistemas frontais vindos de altas latitudes como a Frente Polar Atlântica (FPA), onde as umidades oferecidas pelo oceano em conjunto com os sistemas atmosféricos atuantes não permitem que o município tenha uma estação totalmente seca (MONTEIRO, 1973).

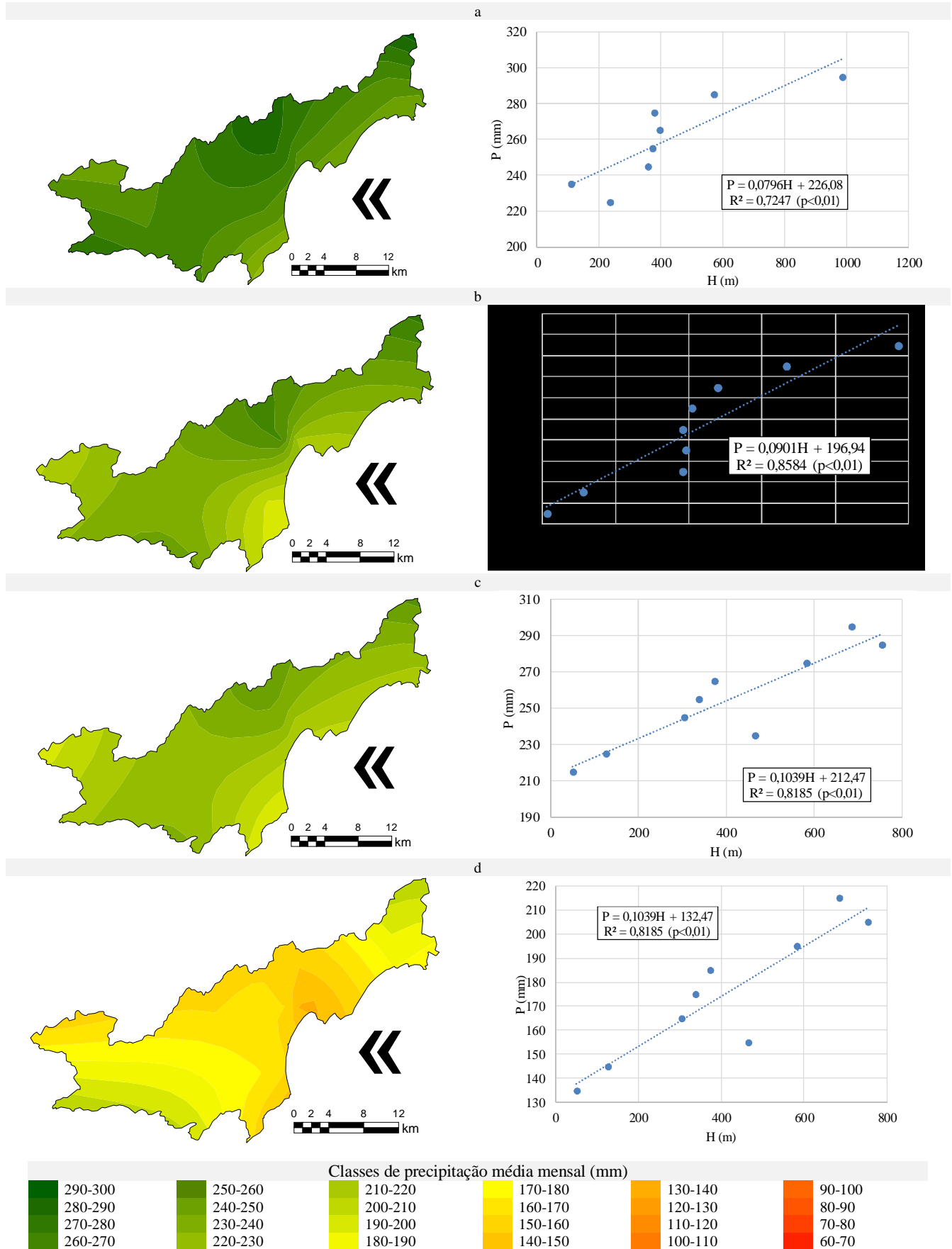


Figura 16. Distribuição espacial dos totais mensais de precipitação e resposta da média mensal (P) em função das altitudes médias (H) em janeiro (a), fevereiro (b), março (c) e abril (d).

No mês de janeiro (Figura 16a) o modelo de maior significância estatística da regressão das altitudes (h) em distribuição espacial das chuvas (P) foi o linear, onde  $(P = 0,0796H + 226,08; R^2 = 0,7247)$ , apresentando alta significância ( $p < 0,01$ ). Se o modelo obtido for considerado espera-se, o aumento de precipitação de acordo com o aumento da altitude em uma escala de 1 mm de chuva para cada 13 m de altitude.

O mês de janeiro é o que apresenta o índice pluviométrico mais elevado em relação aos outros meses do ano, em média 263 mm; esse fato pode estar associado à ação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que se caracteriza como uma área convectiva de baixa pressão de orientação nordeste-sudeste (NW/SE), que se estende desde o sul da Amazônia até a região central do Atlântico Sul, persistindo por vários dias estacionada sobre uma mesma região (BLANCO, 1999), e a elevação da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) que gera um aumento na evaporação, acentuando, assim, a formação de chuvas orográficas, principalmente aos fins de tarde. Os meses seguintes, fevereiro e março, também estão sujeitos à ação dos fatores climáticos acima citados, porém, o número de eventos tendem a sofrer uma diminuição.

Para o mês de fevereiro (Figura 16 b) o modelo obtido foi o linear  $(P = 0,0901H + 196,94; R^2 = 0,8584)$ , apresentando alta significância ( $p < 0,01$ ). Considerado o modelo obtido espera-se, em fevereiro, o aumento de precipitação de acordo com o aumento da altitude em uma escala de 1 mm de chuva para cada 5 m de altitude.

No mês de março (Figura 16c) o modelo de maior significância estatística da regressão das altitudes em distribuição espacial das chuvas foi o linear  $(P = 0,1039H + 212,47; R^2 = 0,8185)$ , onde apresenta uma alta significância ( $p < 0,01$ ). Desta forma, ao considerar o modelo apresentado espera-se que em março, o aumento de precipitação de acordo com a elevação da altitude esteja relacionado a uma escala de 1 mm de chuva para cada 10 m de altitude.

Já para o mês abril (Figura 16d) o modelo obtido foi o linear, onde  $(P = 0,1039H + 132,47; R^2 = 0,8185)$  apresentando alta significância ( $p < 0,01$ ). Conforme observado para este mês, existe uma tendência de incremento da precipitação média mensal com o aumento da altitude, em uma escala de 1 mm para cada 10 m.

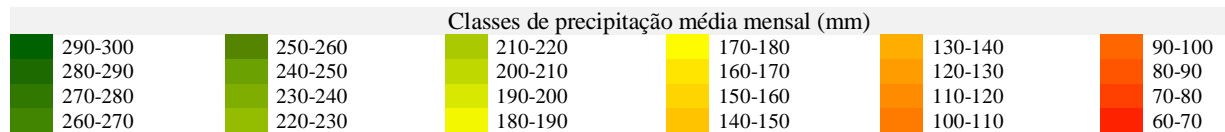
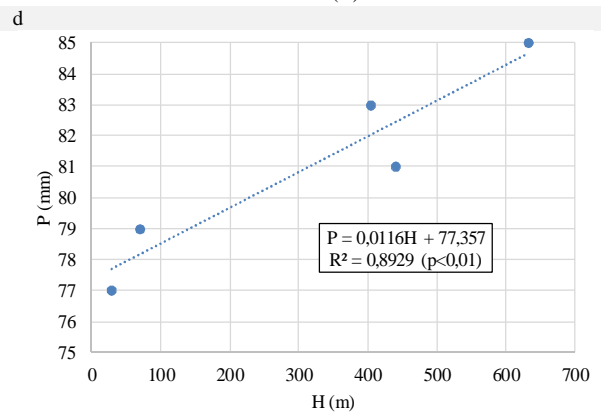
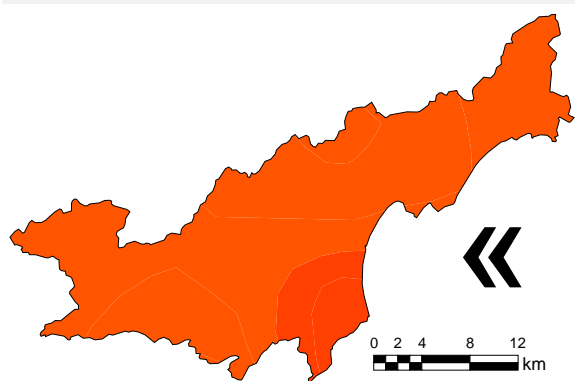
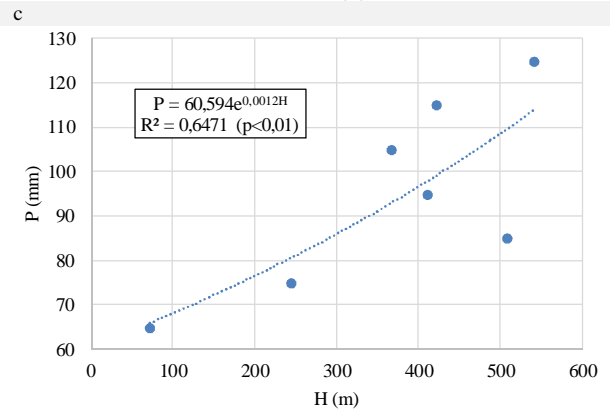
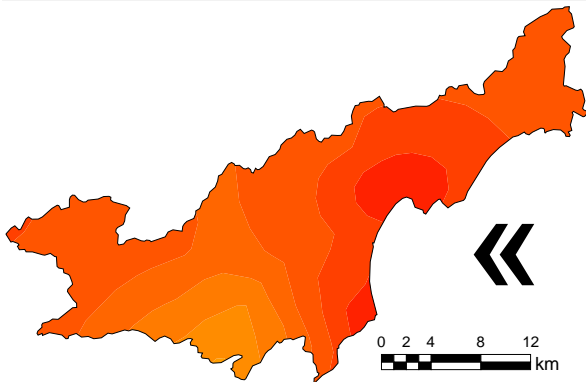
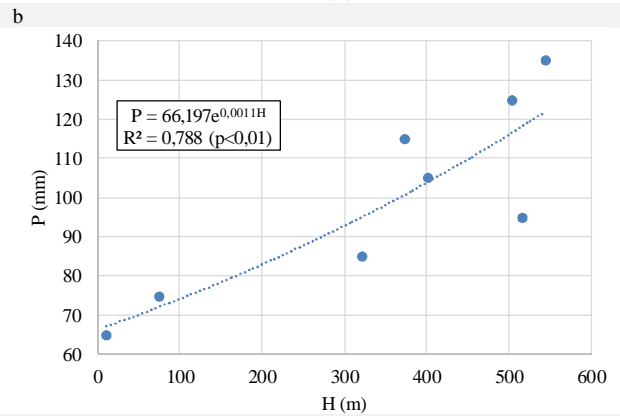
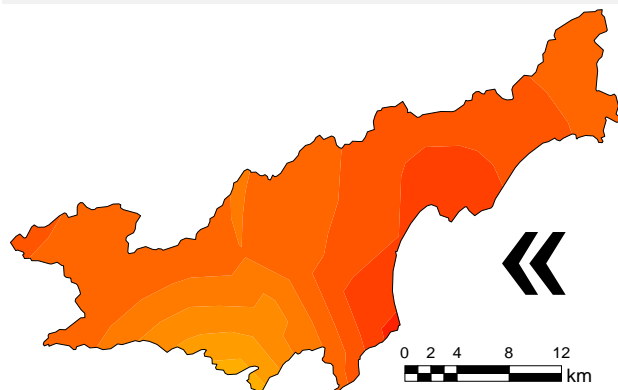
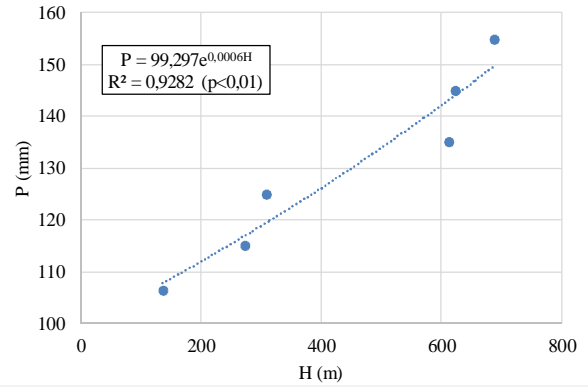
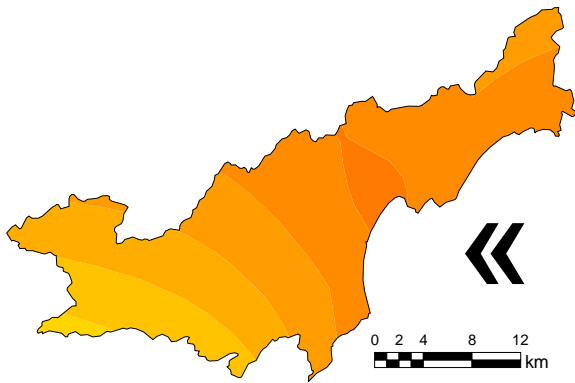


Figura 17. Distribuição espacial dos totais mensais de precipitação e resposta da média mensal (P) em função das altitudes médias (H) em maio (a), junho (b), julho (c) e agosto (d).

No mês de maio (Figura 17 a) o modelo de maior significância estatística da regressão das altitudes (h) em distribuição espacial das chuvas (P) foi o exponencial ( $P = 99,297e^{0,0006H}$ ;  $R^2=0,9282$ , onde apresenta alta significância ( $p<0,01$ ). Sendo assim é possível afirmar que neste mês há uma tendência de aumento da precipitação média mensal com o aumento da altitude, em uma escala de 1 mm para cada 12 m.

Para o mês de junho (Figura 17 b), os dados mostram que o modelo que houve melhor ajuste foi o exponencial ( $P= 66,197e^{0,0011H}$ ;  $R^2=0,7880$ ), apresentando alta significância ( $p<0,01$ ). Os dados relativos ao mês de junho mostram que ocorre uma tendência aumento de precipitação de acordo com a elevação da altitude relacionada a uma escala de 1 mm de chuva para cada 94 m de altitude.

O mês de julho (Figura 17 c) modelo que melhor se ajustou foi o exponencial ( $P = 60,594e^{0,0012H}$ ;  $R^2=0,6471$ ), apresentando alta significância ( $p<0,01$ ). É possível afirmar que no mês de junho há uma tendência de aumento da precipitação média mensal com o aumento da altitude, em uma escala de 1 mm para cada 96 m.

Para o mês de agosto (Figura 17 d) o modelo que houve melhor ajuste foi o linear ( $P = 0,0116H + 77,357$ ;  $R^2=0,8929$ ), apresentando alta significância ( $p<0,01$ ). Esse mês se caracteriza por uma tendência de aumento da precipitação média mensal com o aumento da altitude, em uma escala de 1 mm para cada 86 m. O mês de agosto caracteriza-se como sendo aquele que apresenta a menor média pluviométrica anual com 82mm.

Novamente destacamos que em Caraguatatuba não há uma estação seca bem definida, mesmo com os meses de junho, julho e agosto apresentado uma sensível queda em seus índices pluviométricos. No inverno a pluviosidade da região fica mais condicionada à passagem de sistemas frontais vindos de altas latitudes como a Frente Polar Atlântica (FPA), onde a influência exercida pelo relevo e a umidade oferecida pelo oceano em conjunto com os sistemas atmosféricos atuantes não permitem que o município tenha uma estação totalmente seca (PELLEGATTI e GALVANI, 2010).

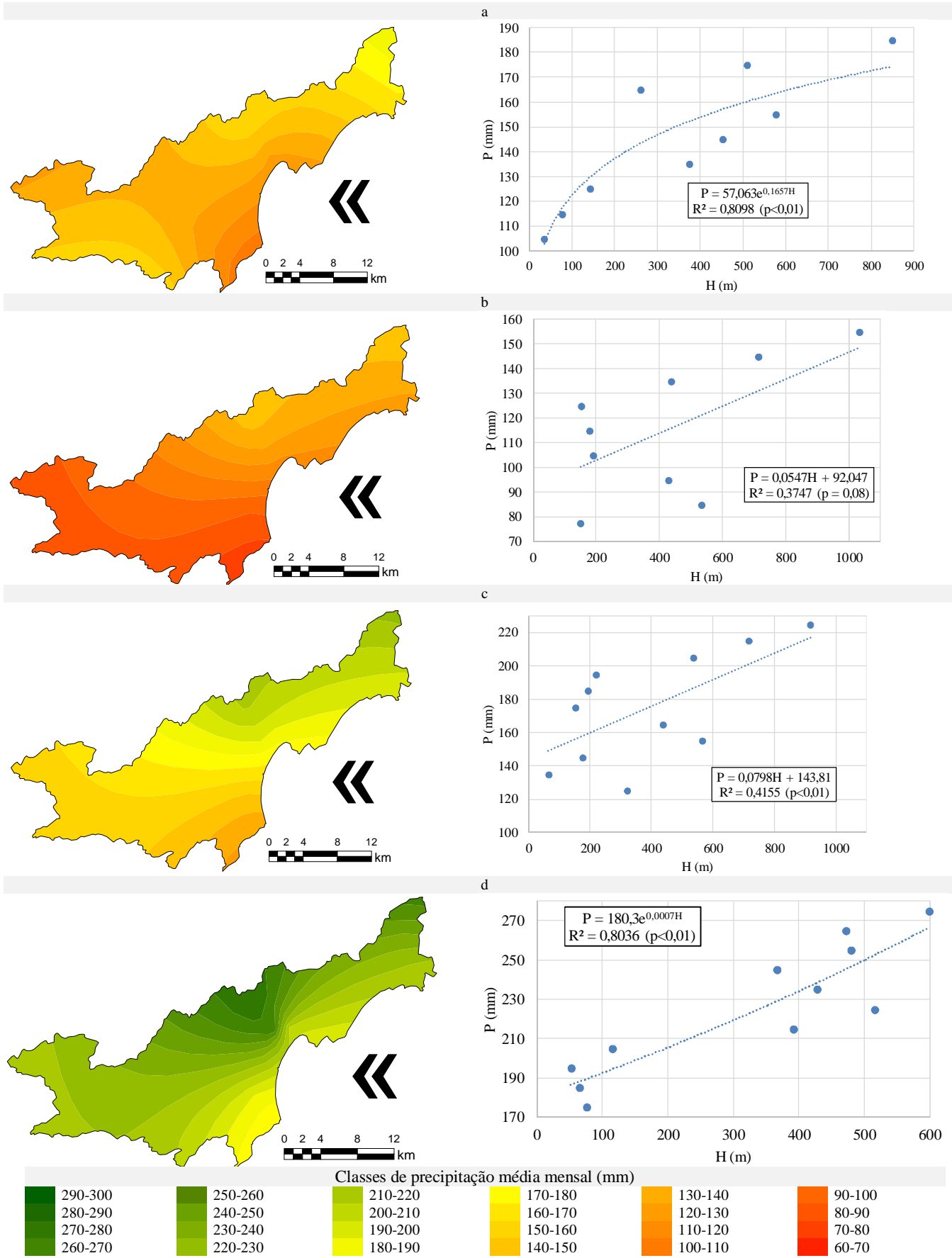


Figura 18. Distribuição espacial dos totais mensais de precipitação e resposta da média mensal (P) em função das altitudes médias (H) em setembro (a), outubro (b), novembro (c) e dezembro (d).

No mês de setembro (Figura 18a) o modelo de maior significância estatística da regressão das altitudes ( $h$ ) em distribuição espacial das chuvas ( $P$ ) foi o exponencial ( $P = 57,063e^{0,1657H}$ ;  $R^2=0,8098$ ), apresentando alta significância ( $p<0,01$ ). Para o referido mês podemos notar que há uma tendência de aumento da precipitação média mensal com o aumento da altitude, em uma escala de 1 mm para cada 68 m.

Para o mês de outubro (Figura 18b) o modelo mais adequado a ser empregado é o linear, onde ( $P = 0,0547H + 92,047$ ;  $R^2= 0,3747$ ), é o único mês onde não há influência significativa ( $p=0,08$ ). Considerando o modelo gerado é possível que neste mês haja uma tendência de aumento da precipitação média mensal de 1 mm a cada 11 metros que se aumenta a altitude.

No mês de novembro (Figura 18c) utilizamos como o modelo mais adequado o linear onde ( $P = 0,0798H + 143,81$ ;  $R^2=0,4155$ ), apresentando alta significância ( $p<0,01$ ). Considerando o modelo espera-se uma elevação na precipitação com o aumento da altitude em uma escala de 1 mm de chuva para cada 6 m de altitude.

Finalizando com o mês de dezembro (Figura 18d), onde o modelo mais adequado é o exponencial, onde ( $P=180,3e^{0,0007H}$ ;  $R^2=0,8036$ ), apresentando alta significância ( $p<0,01$ ). Onde podemos confirmar através do modelo gerado é que neste mês há uma tendência de aumento da precipitação média mensal de 1mm a cada 5 metros que se aumenta a altitude.

Considerando uma amplitude de 10 mm em torno da média histórica, os meses com maior uniformidade na distribuição das precipitações dentro da área do município foram agosto (100,0%), janeiro (57,3%), fevereiro (52,9%), julho (56,6%) e junho (54,5%) (Figura 19). Essa uniformidade durante os meses de janeiro e fevereiro pode estar associada à ação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZACS), provocando chuvas estacionárias e pela elevação da temperatura da superfície do mar (TSM), que principalmente durante o dia (brisa marítima) acentua o efeito orográfico (BLANCO, 1999).

Porém, para os meses de agosto, julho e junho, onde ocorre uma relativa diminuição nos índices pluviométricos, o padrão de uniformidade está relacionado à entrada dos sistemas frontais vindos do sul (frentes frias) sobre a região, onde a posição do relevo da Serra do Mar funciona como uma barreira natural, devido à posição a sotavento de parte do município e nesse período a temperatura da



superfície do mar (TSM) sofre um resfriamento, diminuindo a evaporação e consequentemente o efeito orográfico. (MILANESI, 2007).

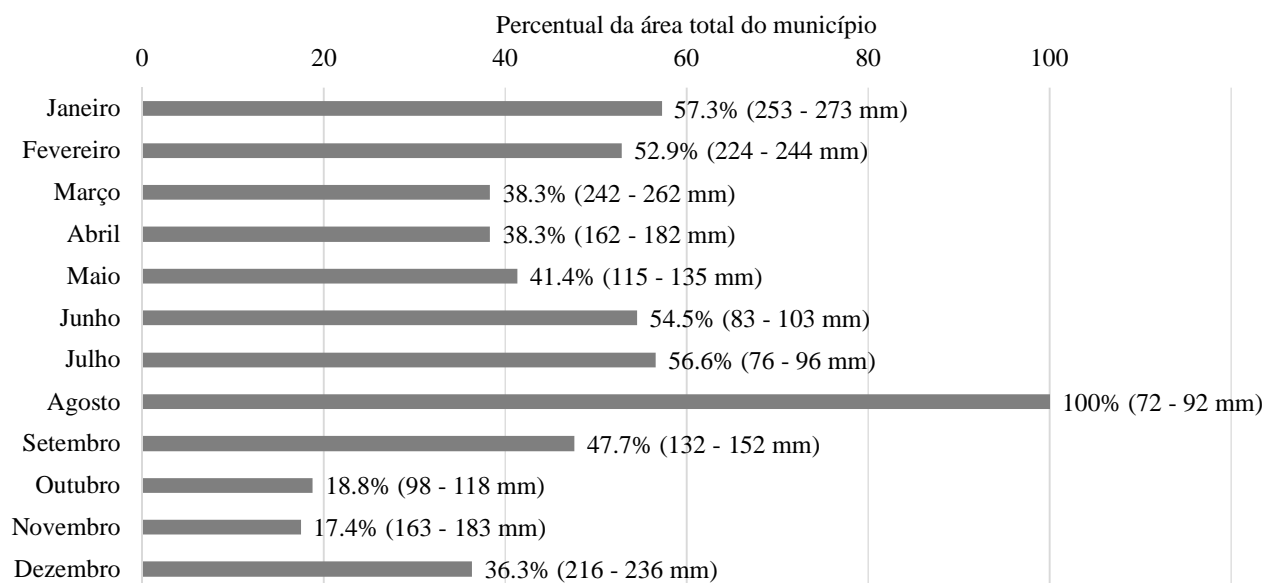


Figura 19: Percentual de área total do município com precipitação média dentro da amplitude de 10 mm em torno da média mensal histórica no município de Caraguatatuba - SP.

Os meses que apresentaram menor uniformidade na distribuição das precipitações médias mensais foram setembro (17,4%), outubro (18,8%), dezembro (36,3%), março e abril (38,2%). Os meses de setembro e outubro foram aqueles que apresentaram o menor padrão de uniformidade, o que pode estar associado ao período de transição entre as estações do ano (inverno - primavera) onde ocorre diminuição da ação dos sistemas frontais e o oceano volta a elevar a sua temperatura da superfície do mar (TSM), mas mesmo assim percebe-se que os índices pluviométricos se elevam quando se aproximam das encostas da Serra do Mar.

## 5. CONCLUSÕES

Os eventos pluviais ocorridos no Litoral Norte Paulista são, em sua maioria, controlados pelos sistemas tropicais (Massa Tropical Atlântica) e pela Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), auxiliados por sistemas frontais e pela orografia da região, decisiva na distribuição das chuvas em maior quantidade nas áreas elevadas da vertente Atlântica da Serra do Mar, e em menor quantidade nas áreas onde ocorre o fenômeno da “sombras de chuva” localizadas a noroeste (NO) – sudoeste (SO) do município de Caraguatatuba - SP.

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que o relevo exerce influência significativa sobre a distribuição espacial das precipitações médias anuais e mensais no município de Caraguatatuba - SP, onde somente para o mês de outubro não houve influência significativa. Na precipitação média anual houve incremento médio de 1 mm para cada 1,30 m de incremento na altitude. Nos meses de outubro a maio houve incremento médio de 1 mm nas precipitações médias mensais para cada 5 a 13 m no incremento da altitude média. Já para os meses de junho a setembro este incremento foi obtido para cada 68 a 96 m de altitude.

Com relação à distribuição das precipitações médias mensais, elas ocorrem de maneira mais uniforme sobre o perímetro municipal nos meses de agosto (100%), janeiro (57,3%) e julho (56,6%). As menores uniformidades na distribuição espacial de chuvas ocorreram nos meses de novembro (17,4%), outubro (18,8%) e dezembro (36,6%).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, R. C. F.; RIBEIRO, A.; LEITE, C. C.; LEAL, B. G.; SILVA, J. B. G. **Avaliação do desempenho de dois métodos de espacialização da precipitação pluvial para o Estado de Alagoas.** Acta Scientiarum. Technology, v. 30, n. 1, p. 87-91, 2008.

ArcGIS Desktop 10.0: Sistema de informação geográfica. ESRI. 2010. Software. Disponível em: <http://www.esri.com/>.

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

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

BRIGATTI, N. **Variação do nível do mar associada às situações sinóticas na gênese dos episódios extremos no município de Ubatuba/SP.** Dissertação (mestrado). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2008.

CARAGUATATUBA. Prefeitura Municipal. Lei Complementar nº 42, de 24 de novembro de 2011. Institui o Plano Diretor do Município de Caraguatatuba. Disponível em: [http://www.portal.caraguatatuba.sp.gov.br/cidadao\\_conteudo](http://www.portal.caraguatatuba.sp.gov.br/cidadao_conteudo). Acesso em: 17 mai. 2015.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C.; LIEBMANN, B. **Extreme Precipitation Events in Southeastern South America and Large-Scale Convective Patterns in the South Atlantic Convergence Zone.** Journal of Climate, v. 15, p. 2377-2394, 2002a.

CAVALCANTI, I. F. A et al. **Tempo e climas no Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009, 463 p.

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> Disponível em <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2012.06.012>. Acesso em 17 mai. 2015.

CEPAGRI - CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA. **Clima dos municípios paulistas.** Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/climadosmunicipiospaulistas.html/>. Acesso em: 27 abr. 2015.

CONTI, J. B. **Circulação secundária e efeito orográfico na gênese das chuvas na região leste paulista.** São Paulo, IGEOG/USP, 1975. (Série teses e monografias, 18).

CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE. **Previsão Climática: Monitoramento Brasil**. Disponível em <[http://clima1.cptec.inpe.br/~rclima1/monitoramento\\_brasil.shtml](http://clima1.cptec.inpe.br/~rclima1/monitoramento_brasil.shtml)>. Acessado em: 10 jul. 2015.

CRUZ, O. **A Serra do Mar e o litoral na área de Caraguatatuba**: contribuição à geomorfologia tropical litorânea. (Série Teses e Monografias) nº. 11 p. 181 – São Paulo: IGEOG/USP, 1974.

DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Sistema de Informações para o gerenciamento de Recursos Hídricos Do Estado de São Paulo**. Disponível em: <http://www.dae.sp.gov.br/>. Acesso em 10 Abr. 2015.

Google Earth. **Coordenadas geográficas de Caraguatatuba/ SP**. Acesso em: 26 mai. 2015.

Guerra, A. T.; Guerra, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. 652 p.

HERZ, R. **Distribuição dos padrões espectrais associados à estrutura física dos manguezais de um sistema costeiro subtropical**. Tese (Livre Docência). Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.

IBM Corp. SPSS Statistics for Windows, versão 20.0. 2011. Armonk, NY: IBM Corp.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos da Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Litoral Norte: relatório final**. São Paulo: IPT, 2000. (Relatório n.46.172).

LANDIM, P. M. B. **Introdução à análise variográfica com o variowin: lab. geomatemática**. Rio Claro: DGA, IGCE, UNESP, 2004. 25 p. Texto didático. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/DIDATICOS/LANDIM/Variowin.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2015.

MARCELINO, E. V. **Mapeamento de áreas susceptíveis a escorregamentos no município de Caraguatatuba (SP) usando técnicas de sensoriamento remoto**. Dissertação (mestrado). INPE, São José dos Campos, 2003.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. 6ª. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MILANESI, M.A. **Avaliação do Efeito Orográfico na Pluviometria de Vertentes Opostas na Ilha de São Sebastião (Ilhabela – SP)**. Dissertação (mestrado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MILANESI, M.A.; GALVANI, E. **Efeito Orográfico na Ilha de São Sebastião (Ilhabela – SP)**. Revista Brasileira de Climatologia, Presidente Prudente, n. 9, p. 68-79, 2011.

MONTEIRO, C. A. F. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo**. São Paulo: IG/USP, 1973. 130 p.

MORAES, A. **CONTRIBUIÇÕES PARA A GESTÃO DA ZONA COSTEIRA NO BRASIL: ELEMENTOS PARA UMA GEOGRAFIA DO LITORAL BRASILEIRO**. São Paulo: Annablume, 2007.

NERY, J. T.; CARFAN, A. **Glossário de termos técnicos em Meteorologia e Climatologia**. Jundiaí: Paco Editorial, 2013. 416 p.

NUNES, L. H.; MODESTO, P. **Comportamento pluviométrico nos municípios atendidos pelo Plano Preventivo de Defesa Civil – PPDC**. Revista IG. São Paulo n. 13(1), p. 47-57, 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.

ROSEGHINI, W.F.F; **Ocorrência de Eventos Climáticos Extremos e sua Repercussão Socioambiental no Litoral Norte Paulista**. Dissertação (mestrado). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2007, 135 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.

\_\_\_\_\_. **Dinâmica Atmosférica e o Caráter Transicional do Clima na Zona Costeira Paulista**. Revista do Departamento de Geografia (USP), São Paulo, v. 8, p. 35-49, 1994.

\_\_\_\_\_. **As chuvas no Estado de São Paulo: contribuição ao estudo da variabilidade e tendências da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica**. Tese (Doutorado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

\_\_\_\_\_. **A climatologia geográfica no Brasil: origem e contexto histórico**. In: Amorim, Sant'anna Neto & Monteiro (orgs.). Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso. São Paulo: Outras Expressões, 2013, p. 11-73.

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.

SEAD - Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. **IMP - Informações dos Municípios Paulistas / Caraguatatuba.** Disponível em:<http://www.imp.seade.gov.br/frontend/>. Acesso em 10 jun. 2015.

SMA - Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Planos de manejo das unidades de conservação: Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Caraguatatuba/São Sebastião.** São Paulo: SMA, 1998. 151 p.

\_\_\_\_\_. **Zoneamento Ecológico-Econômico - Litoral Norte de São Paulo.** São Paulo: SMA/CPLEA, 2005.

SOUSA JUNIOR, S. B. de; SATYAMURTY, P.; SOUSA, A.J.S.; NUNES, L. H.; **Chuva intensa no setor sul do sudeste brasileiro: o caso de 1967 em Caraguatatuba,** 01/2007, *XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, Vol. 1, pp.1-5, Aracajú, SE, Brasil, 2007.

TAVARES, R.; SANT'ANNA NETO, J. L. e SANTORO, J. **Chuvas e escorregamentos no Litoral Norte Paulista entre 1988 e 2001.** In: Anais do Encontro de Geógrafos Brasileiros. João Pessoa: AGB-DER, 2002.