

UFRRJ

INSTITUTO DE AGRONOMIA

INSTITUTO MULTIDISCIPLINAR

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

DISSERTAÇÃO

**A CHUVA COMO EVENTO DEFLAGRADOR DE UM PERIGO À POPULAÇÃO
DE ANGRA DOS REIS - RJ: CARACTERIZAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DA
PRECIPITAÇÃO NO PERÍODO DE 2001 A 2016**

Gabriela Fernandes Santos Alves

2019



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
INSTITUTO MULTIDISCIPLINAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



GABRIELA FERNANDES SANTOS ALVES

Sob a Orientação do (a) Professor (a)
Heitor Soares de Farias

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Geografia**, no Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRRJ, Área de Concentração em Espaço, Questões Ambientais e Formação em Geografia.

Seropédica, RJ
Julho de 2019

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A474c Alves, Gabriela Fernandes Santos, 1988-
 A Chuva como Evento Deflagrador de um Perigo à
 População de Angra dos Reis - RJ: Caracterização
 Temporal e Espacial da Precipitação no Período de 2001
 a 2016 / Gabriela Fernandes Santos Alves. - Rio de
 Janeiro, 2019.
 119 f.: il.

 Orientador: Heitor Soares de Farias.
 Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal Rural
 do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em
 Geografia, 2019.

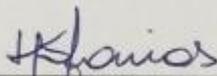
 1. Eventos Extremos. 2. Desastres Ambientais. 3.
 Angra dos Reis. I. Farias, Heitor Soares de , 1979-
 , orient. II Universidade Federal Rural do Rio de
 Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Geografia III.
 Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA / INSTITUTO MULTIDISCIPLINAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

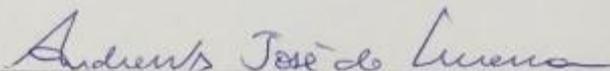
GABRIELA FERNANDES SANTOS ALVES

Dissertação/Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre ou Mestra em Geografia**, no Programa de Pós-Graduação em Geografia, área de concentração em Espaço, Questões Ambientais e Formação em Geografia.

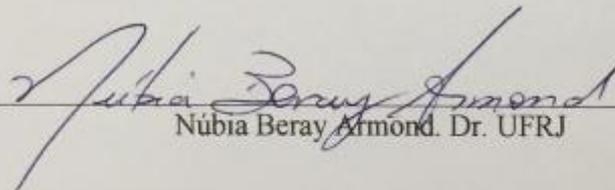
DISSERTAÇÃO OU TESE APROVADA EM 03 / 07 / 2019



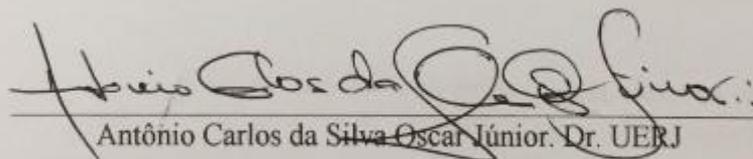
Heitor Soares de Farias. Dr. UFRRJ
(Orientador)



Andrews José de Lucena. Dr. UFRRJ



Núbia Beray Armond. Dr. UFRJ



Antônio Carlos da Silva Oscar Júnior. Dr. UERJ

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho às pessoas mais presentes em minha vida:
Minha mãe, pelo exemplo de vida que é.
Meu pai, o mais generoso de todos os pais.
Meu irmão, Ronaldo Fernandes, pelo incentivo direto e indireto.
Minha cunhada, Dibe Ayoub, por nossa sororidade.
AMO MUITO VOCÊS!!

AGRADECIMENTOS

Início meus agradecimentos por DEUS, já que Ele colocou pessoas tão especiais ao meu lado, sem as quais certamente não teria dado conta!

Aos meus pais, Humberto e Sonia, meu infinito agradecimento. Sempre acreditaram em minha capacidade e me acharam A MELHOR de todas, mesmo não sendo. Isso só me fortaleceu e me fez tentar, não ser A MELHOR, mas a fazer o melhor de mim. Obrigada pelo amor incondicional!

Ao meu irmão, Ronaldo, por ser tão importante na minha vida. Sempre ao meu lado, me pondo para cima e me fazendo acreditar que posso mais que imagino. Devido a seu companheirismo, amizade, paciência, compreensão, apoio, alegria e amor, este trabalho pôde ser concretizado. Obrigada por ter feito do meu sonho o nosso sonho!

A minha cunhada, Dibe, pelo incentivo e apoio. Obrigada pelo carinho!

Ao meu orientador, Heitor, o meu reconhecimento pela oportunidade de realizar este trabalho ao lado de alguém que transfira sabedoria; meu respeito e admiração pela sua serenidade, capacidade de análise do perfil de seus alunos, e pelo seu dom no ensino, inibindo sempre a vaidade em prol da simplicidade e eficiência. Obrigada por acreditar em meu potencial de uma forma que eu não acreditava ser capaz de corresponder. Sempre disponível e disposto a ajudar, querendo que eu aproveitasse cada segundo dentro do mestrado para absorver algum tipo de conhecimento. Me fez enxergar que existe mais que pesquisadores e resultados por trás de uma dissertação, mas vidas humanas... Você não foi somente orientador, mas, em alguns momentos, conselheiro, confidente e amigo. Você foi e é referência profissional e pessoal para meu crescimento. Obrigada por estar ao meu lado e acreditar tanto em mim!

Ao Professor Andrews Lucena, que, foi tão presente no desenvolvimento deste trabalho e que, agora, me inspira a querer ser mais que fui até hoje!

Aos meus amigos de sempre, Prímola Lopes, Marcelle Guedes, Géssica Laura, Raquel Brasilino, por só quererem o meu bem e me valorizar tanto como pessoa. Obrigada pela amizade!

Aos meus amigos de mestrado, pelos momentos divididos juntos, especialmente à Kahoma, à Andreia e Ivan, que se tornaram verdadeiros amigos e tornaram mais leve meu trabalho. Aos poucos nos tornamos mais que amigos, nos tornamos irmãos... Obrigada por dividir comigo as angústias e alegrias e ouvirem minhas bobagens. Foi maravilhoso poder contar com vocês!

A todos os alunos, professores e funcionários do Departamento de Geografia, especialmente aos professores Mônica Richter, Gustavo Mota e Tiago Marino, que, com ensinamentos,

orientações e amizade, me ajudaram ativa ou passivamente neste projeto. Vocês também foram referências para mim!

Finalmente, gostaria de agradecer ao Departamento de Geografia e a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro por abrirem as portas para que eu pudesse realizar este trabalho. Proporcionaram-me mais que a busca de conhecimento técnico-científico, mas uma LIÇÃO DE VIDA.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001.

Ninguém vence sozinho... Gratidão!

.

*"Todas as vitórias ocultam uma abdicação."
(Simone de Beauvoir)*

RESUMO

ALVES, Gabriela Fernandes Santos. **A Chuva como Evento Deflagrador de um Perigo à População de Angra dos Reis - RJ: Caracterização Temporal e Espacial da Precipitação no Período de 2001 a 2016.** 2019. 119p Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Agronomia/Instituto Multidisciplinar, Departamento de Geografia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

As características pluviométricas e suas variações provocam impactos, principalmente em áreas com fragilidade ambiental. Esta pesquisa tem por objetivo definir a partir de qual total pluviométrico a chuva se constituirá enquanto ameaça ou efetivamente em perigo à população do município de Angra dos Reis. O intuito é responder se os desastres ocorridos nessa última década são frutos da maior frequência e intensidade dos eventos extremos e/ou das situações de risco criadas a partir da vulnerabilidade social da população e suas formas de ocupação. Assim colaborar-se-á com a redução das ocorrências de desastres na região, possibilitando a minimização de danos materiais e perdas de vidas. Inicialmente foram analisadas cartas sinóticas para observar o desempenho da atmosfera nos dias dos eventos severos com grande destaque na mídia, e que realmente apresentaram os maiores registros de precipitação em 24 horas; modelagem de dados diários de precipitação obtidos de estações meteorológicas convencionais e pontos TRMM distribuídos ao longo da região da Costa Verde Fluminense através do *Software* Estatístico R; e o mapeamento da distribuição e intensidade das chuvas através do *Software* ArcGis® 10.1. A distribuição espacial da precipitação é fortemente influenciada pela topografia e pela distância do litoral, fazendo com que os máximos de precipitação, ocorram a barlavento da Serra do Mar. No tratante aos três eventos catastróficos nos anos de 2002, 2010 e 2013, observa-se que os totais de pluviosidade registrados: foram maiores que a média histórica nos meses de dezembro e janeiro; foram maiores no município de Angra dos Reis; estiveram associados à passagem de sistemas frontais; foram maiores a cada evento; apenas os eventos de 2010 e 2013 se consolidaram como um evento extremo a partir do cálculo percentil 95. As consequências causadas pelos eventos extremos tornaram-se mais graves devido à condição de vida da população, ruim/regular, nessas localidades. Assim, percebe-se que os problemas enfrentados em Angra dos Reis são uma conjunção de processos naturais e sociais ocasionados pela proximidade da vertente da Serra do Mar com o oceano atlântico, fazendo com que episódios eventuais se tornem catastróficos para uma parcela da população, normalmente aquelas que por não possuírem condições financeiras, acabam por ocupar as encostas, as mais afetadas por fenômenos naturais mais intensos.

Palavras-chave: Eventos Extremos, Desastres Ambientais, Angra dos Reis.

ABSTRACT

ALVES, Gabriela Fernandes Santos. **Rain as na event triggers a danger to the population of Angra dos Reis - RJ: Temporal and Spatial Characterization of Precipitation from 2001 to 2016.** 2019. 119p Dissertation (Master in Geography). Instituto de Agronomia/Instituto Multidisciplinar, Departamento de Geografia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

Rainfall characteristics and variations cause impacts, especially in areas with environmental fragility. This research aims to define from which total rainfall the rain will constitute as threat or effectively endanger the population of the municipality of Angra dos Reis. The aim is to answer if the disasters that occurred in the last decade are the result of the greater frequency and intensity of extreme events and / or risk situations created from the social vulnerability of the population and their forms of occupation. This will help to reduce the occurrence of disasters in the region, enabling the minimization of material damage and loss of life. Initially, synoptic charts were analyzed to observe the atmospheric performance on the days of severe events with great media prominence, which actually showed the highest 24-hour precipitation records; modeling of daily rainfall data obtained from conventional weather stations and TRMM points distributed along the Fluminense Costa Verde region through the R Statistical Software; and the mapping of rainfall distribution and intensity using ArcGis® 10.1 software. The spatial distribution of precipitation is strongly influenced by topography and distance from the coast, causing the maximum precipitation to occur in the windward of Serra do Mar. Regarding the three catastrophic events in the years 2002, 2010 and 2013, we observed that the total rainfall recorded was higher than the historical average in December and January; were larger in the municipality of Angra dos Reis; were associated with the passage of frontal systems; were larger with each event; Only the events of 2010 and 2013 were consolidated as an extreme event from the 95th percentile calculation. The consequences caused by the extreme events became more severe due to the poor / regular population's living conditions in these locations. Thus, it is clear that the problems faced in Angra dos Reis are a conjunction of natural and social processes caused by the proximity of the Serra do Mar slope with the Atlantic Ocean, making eventual episodes catastrophic for a portion of the population, usually those that, because they do not have the financial conditions, eventually occupy the slopes, the ones most affected by the most intense natural phenomena.

Keywords: Extreme Events, Environmental Disasters, Angra dos Reis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Macrorregião da Costa Verde Fluminense.....	18
Figura 2 - Mapa da área de estudo sobre MDT	20
Figura 3 - Mapa de Angra dos Reis sobre MDT com Toponímia.....	21
Figura 4 - Localização dos Distritos do município de Angra dos Reis	23
Figura 5- Hidrografia do município de Angra dos Reis/RJ, representativo do Sul-Fluminense	25
Figura 6 - Gráfico Comparativo de Temperatura de Angra dos Reis (Normais Climatológicas)	26
Figura 7 - Gráfico Comparativo de Precipitação de Angra dos Reis (Normais Climatológicas)	27
Figura 8 - Mapa Geomorfológico do município de Angra dos Reis	28
Figura 9 - Mapa Pedológico do município de Angra dos Reis.....	30
Figura 10 - Mapa de Uso e Cobertura da Terra do município de Angra dos Reis	32
Figura 11 - Esquema sintético para determinação do risco natural	38
Figura 12 - Relação entre Risco e vulnerabilidade.....	40
Figura 13 - Relação entre fenômeno natural, perigo natural e vulnerabilidade	40
Figura 14 - Diferenças conceituais entre riscos e desastres naturais	44
Figura 15 - Gênese dos desastres naturais.....	44
Figura 16 - Gráfico do Padrão dos dados faltantes (NAs). Legenda: Estação (1) - Angra dos Reis; Estação (2) - Bracuhy; Estação (3) - TRMM.951; Estação (4) - Vila Mambucaba.	61
Figura 17 - Espacialização da Precipitação Acumulada no período de 2001 a 2016.....	80
Figura 18 - Espacialização da Precipitação Média no período de 2001 a 2016	81

Figura 19 - Mapa Hipsométrico da região da Costa Verde Fluminense	83
Figura 20 - Carta Sinótica dos dias 9 e 10 de dezembro de 2002.....	86
Figura 21 - Espacialização da Precipitação Acumulada nos dias 09 e 10 de dezembro de 2002	87
Figura 22 - Carta sinótica do dia 28 de dezembro de 2009	89
Figura 23 - Carta Sinótica do dia 31/12/2009.....	90
Figura 24 - Espacialização da Precipitação Acumulada nos dias 31 de dezembro de 2009 e 01 de janeiro de 2010.....	91
Figura 25 - Carta Sinótica do dia 03/01/2013.....	92
Figura 26 - Espacialização da Precipitação Acumulada nos dias 03 e 04 de Janeiro de 2013.	93
Figura 27 - Mapa de Localização das estações de Lyra e Alves	96
Figura 28 - Mapa de Vulnerabilidade Social da área de estudo (ICVS)	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Dados municipais sobre População, Área Territorial e Densidade Demográfica	21
Tabela 2 - Rios mais expressivos do município de Angra dos Reis	24
Tabela 3 - Dados municipais sobre População, Área Territorial e Densidade Demográfica ...	34
Tabela 4 - Número de ocorrências de desastres naturais na região da Costa Verde - total do período de 2000 a 2012	45
Tabela 5 - Número de ocorrências e danos humanos na região da Costa Verde por grupo de desastres - total do período de 2000 a 2012	45
Tabela 6 - Estações Meteorológicas Convencionais e TRMM Utilizados.....	56
Tabela 7- Sinopse dos dados faltantes (%).....	60
Tabela 8 - Descrição dos dados de precipitação da estação Angra dos Reis (OMM: 83788)*, Estado do Rio de Janeiro, município de Angra dos Reis (2002-2013; N=4383 dias).....	64
Tabela 9 - Descrição dos dados de precipitação da estação Bracuhy (OMM: 2244149)*, Estado do Rio de Janeiro, município de Angra dos Reis (2002-2013; N=4383 dias).....	64
Tabela 10- Total anual de chuvas, Média e Desvio Padrão, com destaque para anos mais chuvosos e mais secos na região da Costa Verde, no período de 2001 a 2016.	78
Tabela 11 - Registros máximos de chuva em 24 horas, em cada ano, com destaque para os registros mais elevados da série, no período de 2001 a 2016.....	84
Tabela 12 - Registro de Chuva nas Estações Meteorológicas - Evento de 2002.....	85
Tabela 13 - Registro de Chuva nas Estações Meteorológicas - Evento de 2009/10	88
Tabela 14 - Registro de Chuva nas Estações Meteorológicas - Evento de 2013.....	92
Tabela 15 - Valores Extremos de Precipitação área de estudo comparado com Lyra (2006), por estação e município	97

SUMÁRIO

Introdução.....	14
1 Caracterização da área de estudo	18
1.1 Descrição geográfica do município de Angra dos Reis.....	18
1.2 Quadro Natural do município de Angra dos Reis	22
1.3 Angra dos Reis no contexto da Costa Verde	32
2 Fundamentação Teórica.....	35
2.1 Risco e Vulnerabilidade em Angra dos Reis	35
2.2 Ritmo Climático	46
2.3 Eventos Extremos de Tempo e Eventos Extremos de Clima	50
3 Materiais e Métodos	54
3.1 Dados Pluviométricos.....	54
3.2 Modelagem Espacial: A consistência do banco de dados e o preenchimento das falhas ..	56
3.3 Modelagem Espacial: A consistência do banco de dados e a espacialização da precipitação.....	65
3.4 Modelo Digital de Elevação: Influência do relevo sobre a distribuição espacial da precipitação.....	67
3.5 Análise Sinótica: a gênese das chuvas.....	68
3.6 Definição dos extremos: distribuição de probabilidades	69
3.7 Espacialização da Vulnerabilidade Social.....	73
3.7.1 Índice de Condição de Vida e Saúde (ICVS)	74
4 Resultados	66
5 Considerações Finais	82
Referência Bibliográfica.....	109

Introdução

O tempo e o clima influenciam a vida das pessoas visto que, direta ou indiretamente, perpassam várias esferas da sociedade. A chuva, importante elemento climático de referência de uma área, pode facilitar ou limitar as atividades humanas, sendo fundamental à produção de alimentos, ao consumo direto da água, produção de energia elétrica, dentre outros.

Qualquer irregularidade no regime das precipitações pode afetar a vida da sociedade, segundo o modo como os indivíduos lidam com suas habitualidades e excepcionalidades. A ocorrência de eventos como as enchentes e os deslizamentos de terra, por exemplo, se vinculam à forma como o espaço foi construído e organizado, e podem trazer transtornos graves à vida social, caso as pessoas não estejam preparadas a lidar com a ocorrência de eventos extremos.

O Sudeste do Brasil é uma região com grandes contrastes pluviométricos devido à sua localização geográfica, topografia e aspectos dinâmicos da atmosfera (MINUZZI et.al., 2007). O estado do Rio de Janeiro possui um alto total pluviométrico anual, cerca de 1.500 mm (REBOITA et.al., 2010), com distribuição espacial de precipitação heterogênea (NIMER, 1979; DEREZYNSKI et.al., 2009). No sul do estado, onde se localiza a região da Costa Verde, o total pluviométrico anual passa dos 2.500 mm em alguns locais (MONTEIRO, 1969; DAVIS E NAGHETTINI, 2000).

A região turística da Costa Verde estende-se desde Santos por todo o litoral norte no estado de São Paulo até o litoral sul do estado do Rio de Janeiro, incluindo os municípios de Paraty, Angra dos Reis, Mangaratiba, Itaguaí e Rio Claro, segundo o Ministério do Turismo (2015) e Secretaria de Estado de Turismo do Rio de Janeiro (2018). Caracteriza-se pela presença da Serra do Mar muito próxima ao litoral, onde ambos se confundem em um belo cenário.

Tal paisagem, por um lado, exhibe um dos destinos mais bonitos da costa brasileira, mas por outro, o relevo escarpado com orientação paralela à costa se contrapõe ao deslocamento dos sistemas frontais, formando uma barreira orográfica às chuvas, contribuindo para a elevada precipitação nesta região, as maiores do estado do Rio de Janeiro (NIMER, 1979). Os eventos pluviométricos mais intensos podem acarretar desastres naturais de grandes proporções, como aqueles verificados nos anos de 2002, 2009/2010 e 2013 no município de Angra dos Reis.

Em 2002, choveu no dia 9 de dezembro o que era esperado para um período de três meses. A força da água provocou o deslizamento de uma encosta no bairro do Areal que

destruiu 70 casas deixando 40 mortos, 100 feridos e mais de 500 pessoas desabrigadas. O governo federal liberou R\$ 10 milhões para a reconstrução das moradias das famílias vítimas da tragédia (VIEIRA, 2010).

Em 2009, em Angra dos Reis, a chuva forte que começou na noite de 31 de dezembro provocou um deslizamento de terra na Ilha Grande atingindo a Pousada Sankay e outras sete casas na Enseada do Bananal, onde morreram 31 pessoas. No continente, a chuva ocasionou maiores danos ao centro de Angra dos Reis. Parte do Morro da Carioca deslizou, matando 22 pessoas e desalojando outras 250 famílias. O governo federal liberou R\$ 80 milhões para a reconstrução das moradias das famílias vítimas da tragédia (O GLOBO, 2010).

Em 2013, desde as primeiras horas do ano, Angra dos Reis registrou chuvas fortes que a deixaram em situação de emergência. A região mais atingida foi à zona oeste da cidade, principalmente nos bairros Bracuhy, Santa Rita do Bracuhy, Frade e Parque Mambucaba. Pelo menos oito casas desabaram ferindo 15 pessoas e outras 40 pessoas haviam sido retiradas de suas casas (SEPPI, 2013).

Diante desses tristes episódios ocorridos na Costa Verde Fluminense, tão intensos sobre Angra dos Reis, surgem alguns questionamentos: seriam esses desastres consequências das formas indevidas de ocupação por pessoas em situação de grande vulnerabilidade social, no processo de expansão urbana em áreas suscetíveis a deslizamentos? Ou realmente estamos vivenciando um período de maior frequência e intensidade dos eventos extremos? Também pode haver uma associação de ambos.

Para a primeira pergunta, muito provavelmente, a resposta é sim. Angra dos Reis é o município de maior população na região, onde grande parte dos moradores, sem condições financeiras para morar nas poucas e estreitas planícies, acabam por ocupar as encostas, que são suscetíveis a deslizamentos. Atualmente, em municípios com maior densidade populacional, a expansão da área urbana tem sido sinônimo de expansão dos riscos também, pois, como essas áreas são as mais intensamente transformadas, as populações criam uma vulnerabilidade e assim, muitas vezes, as chuvas já não precisam ser de grande magnitude para provocarem sérios desastres (GONÇALVES, 2003). Entretanto entende-se que o problema não é o aumento populacional em si, mas sim o padrão de produção do espaço.

Esta pesquisa destinar-se-á a responder à segunda pergunta, para isso, se faz necessário definir o que é evento extremo em cada município da área de estudo. É de grande importância uma minuciosa investigação da climatologia de uma determinada região, para assim conhecer suas características atmosféricas médias e compreender suas flutuações no decorrer do tempo. Assim é possível se planejar diante das variações climáticas, apoiando

atividades das mais diversas, desde a agricultura, saúde, até planejamento urbano, defesa civil e gerenciamento de recursos hídricos (LUIZ SILVA & DEREZYNSKI, 2014).

Este planejamento é mais do que necessário, pois o sumário executivo do primeiro Relatório de Avaliação Nacional, o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC), feito nos mesmos moldes do relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*), divulgou que no Brasil o aumento de temperatura será entre 1°C e 6°C até 2100, em comparação à registrada no fim do século XX. Como consequência, deverá diminuir significativamente a ocorrência de chuvas em grande parte das regiões central, norte e nordeste do país. Nas regiões sul e sudeste, por outro lado, haverá um aumento do número de precipitações (PBMC, 2013).

Corroborando com essas projeções, Dereczynski et.al. (2013) e Luiz Silva et.al. (2014) mostraram que dias frios e noites frias têm se tornado menos frequentes na cidade do Rio de Janeiro, enquanto que a frequência de ocorrência de chuvas fortes, dias quentes e noites quentes deverão aumentar. Esses resultados também foram observados para outras áreas do estado do Rio de Janeiro (LUIZ SILVA E DEREZYNSKI, 2014).

Diante desse quadro, ficam questões a serem respondidas: como tem sido o comportamento das chuvas ao longo dos anos? Tem sido mais intensas? Chove mais em Angra dos Reis do que nos municípios vizinhos? O que se pode chamar de evento extremo em Angra dos Reis e demais municípios da região? Para responder a estas questões, o objetivo geral desta pesquisa é definir a partir de qual total pluviométrico a chuva se constituirá enquanto ameaça ou efetivamente em perigo à população do município de Angra dos Reis.

Como objetivos específicos, caracterizar a vulnerabilidade da população; analisar a distribuição espacial e temporal da pluviosidade na região da Costa Verde Fluminense; analisar os mais recentes eventos de pluviosidade com maior repercussão na mídia pelos seus efeitos sobre a desorganização do espaço de Angra dos Reis nos anos de 2002, 2009/2010 e 2013.

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos. O primeiro capítulo aborda a área de estudo com a caracterização dos elementos naturais e sociais que compõe Angra dos Reis no contexto da região da Costa Verde Fluminense. Para compreender o atual arranjo espacial desta região, fez-se um resgate histórico das modificações ocorridas na paisagem, decorrentes da expansão da cidade de Angra dos Reis.

No segundo capítulo encontra-se uma breve revisão bibliográfica sobre os conceitos de vulnerabilidade e risco, pois, como já mencionado, a população mais vulnerável, muitas vezes, reside em áreas suscetíveis a deslizamentos ou inundações, e já não precisa chover tanto para

que os desastres ocorram. No entanto, é preciso definir com qual intensidade um evento de precipitação pode ser considerado extremo em Angra dos Reis, e qual sua frequência de ocorrência. Assim, neste capítulo também é fundamental a compreensão do conceito de ritmo climático, proposto por Monteiro (1971).

No terceiro capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados no trabalho. Esse capítulo trouxe, basicamente, as formas pelas quais a dissertação foi construída, tanto em relação às técnicas quanto à estruturação dos referenciais teóricos. Técnicas estatísticas, como estatística descritiva, *software* estatístico e programas de geoprocessamento foram usadas para a construção das representações visuais. Notícias veiculadas a mídia foram utilizadas como suporte qualitativo à análise dos locais afetados.

No capítulo quatro está a discussão dos resultados, onde são apresentados gráficos, mapas e tabelas. Essa discussão dividiu-se na análise dos dados das estações, na análise da frequência e distribuição da precipitação na região da Costa Verde Fluminense, com ênfase aos eventos extremos ocorridos no município de Angra dos Reis e na análise das diferentes situações sinóticas que deflagraram os eventos extremos.

No capítulo cinco, as considerações finais apresentam uma discussão à cerca dos objetivos alcançados, da confirmação, ou não, da hipótese. Ao final são tecidas considerações sobre como o fenômeno climático é considerado na análise da organização territorial da sociedade.

1. Caracterização da área de estudo

1.1 Descrições geográficas do município de Angra dos Reis

Segundo a divisão territorial instituída pelo IBGE em 2005, Angra dos Reis e Paraty integram a microrregião conhecida como Baía da Ilha Grande no Sul Fluminense, enquanto os municípios de Itaguaí e Mangaratiba se inserem na microrregião de Itaguaí, parte da mesorregião Metropolitana do Rio de Janeiro. Entretanto, optou-se por inserir o município de Rio Claro, que mesmo não se encontrando na área litorânea, se tornou relevante para compreender como os fatores geográficos atuam de forma diferenciada nas variações espaciais da precipitação, adotando, portanto, a delimitação sugerida pelo Ministério do Turismo (2015) e Secretaria de Estado do Turismo (2018) cujos municípios de Paraty, Angra dos Reis, Mangaratiba, Itaguaí e Rio Claro passaram a integrar uma nova Região de Governo, a chamada Costa Verde (Figura 1).



Figura 1 – Macrorregião da Costa Verde Fluminense

O município de Angra dos Reis está localizado no litoral sul do estado do Rio de Janeiro, com coordenadas geográficas na latitude 23°00'24''S e longitude 44°19'05''W, oeste de Greenwich. Sua área total é de 825,08 km², dos quais 620 km² corresponde à parte continental e 205 km² a parte insular. Faz limite ao norte com os municípios de Bananal (SP) e São José do Barreiro (SP), a nordeste com o município de Rio Claro (RJ), ao sul com o Oceano Atlântico, a leste com o município de Mangaratiba (RJ) e a oeste com os municípios de Paraty (RJ) e Cunha (SP) conforme Figura 1.

A cidade de Angra dos Reis fica a cerca de 150 km da cidade do Rio de Janeiro e a 396 km da cidade de São Paulo. A parte insular do território conta com muitas ilhas e ilhotas, com destaque para a Ilha Grande, com um território de 187 km². Com um relevo bastante acidentado, destacam-se dois pontos culminantes, um na Ilha Grande, o pico da Pedra d'Água, com 1.035 m de altitude e o pico do Frade, na parte continental, entre os bairros de Mambucaba e Vila do Frade, com 1.640 m de altitude.

Compondo parte do relevo da região de Angra dos Reis, a Serra do Mar apresenta uma descontinuidade na direção NE da Baía da Ribeira para o continente, formando uma grande calha entre as Serras da Carioca e a Serra das Araras (nomes locais da Serra do Mar)¹, cujo nível elevado possui altitudes de cerca de 600 m, onde estão as vertentes da bacia do Paraíba do Sul e do riacho da Areia, que deságua na Baía da Ribeira (Figura 2).

¹ Serra das Araras é trecho da Serra do Mar localizado no município de Rio Claro e a Serra da Carioca é trecho da Serra do Mar localizado no município de Bananal – nomes locais -, respectivamente números 3 e 4 da Figura 2.

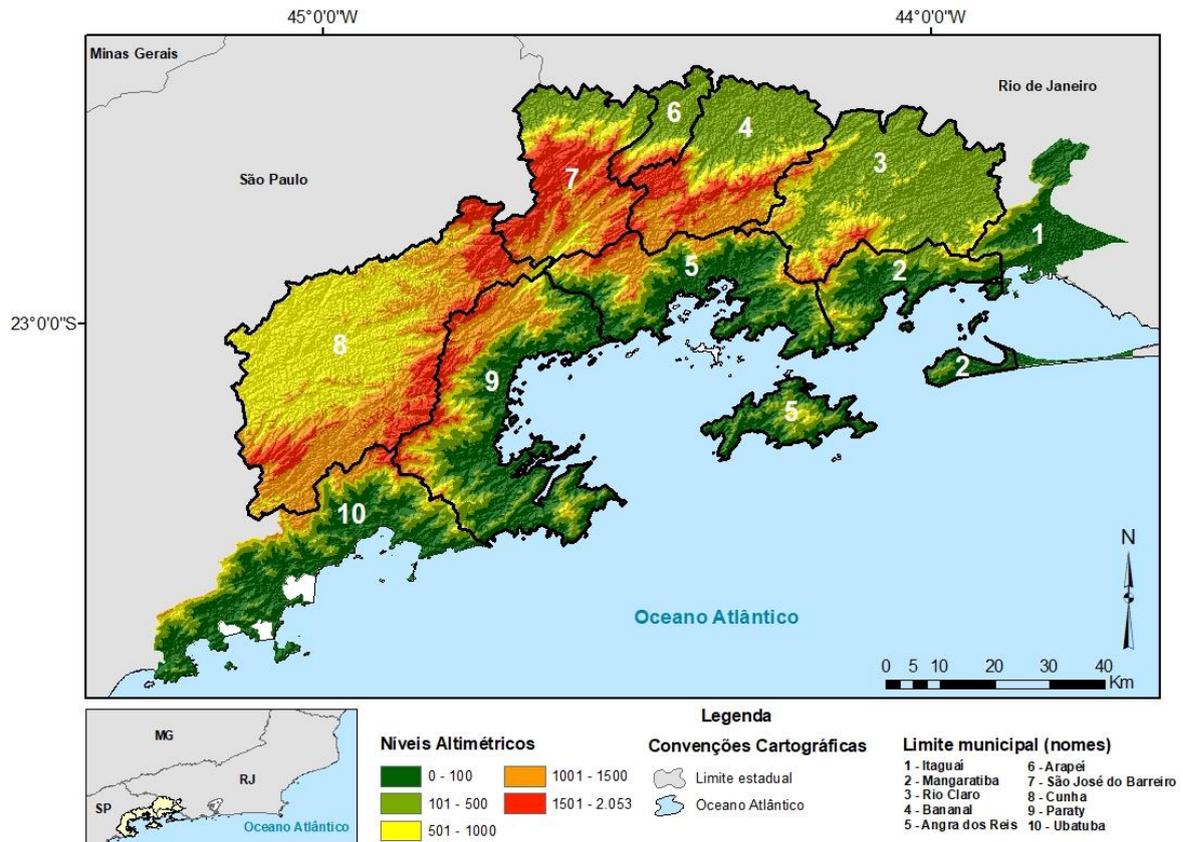


Figura 2 - Mapa da área de estudo sobre MDT

Esse falhamento da cadeia montanhosa torna bastante específico o regime de ventos² na região, bem como vem contribuir para o desenvolvimento econômico, pois ali foi possível a passagem de uma estrada interligando Angra dos Reis a Volta Redonda, que, por sua vez, faz a conexão da rodovia Rio – Santos (BR-101) com a Via Dutra (Vale do Paraíba). Seguindo quase o mesmo traçado, o ramal ferroviário faz conexão do porto de Angra dos Reis com as vias férreas do Vale do Paraíba.

O núcleo urbano está condicionado à topografia acidentada das encostas e os recortes litorâneos, tendo sua concentração restrita à faixa entre a serra e o mar, no intervalo dos morros do Abel e do Tatu. Após o morro do Abel, na direção sul, encontra-se o Colégio Naval e estende-se a área residencial de veraneio em Bonfim, Praia Grande, Tanguá, Ribeira e Enseada (Figura 3).

² Além da influência dos ventos sinóticos, a rugosidade do relevo dada a elevada variação da altitude altera a velocidades dos ventos e diversifica os quadrantes de direção predominantes, ao passo que nas áreas planas observa-se a diminuição da intensidade do vento e de direções predominantes.

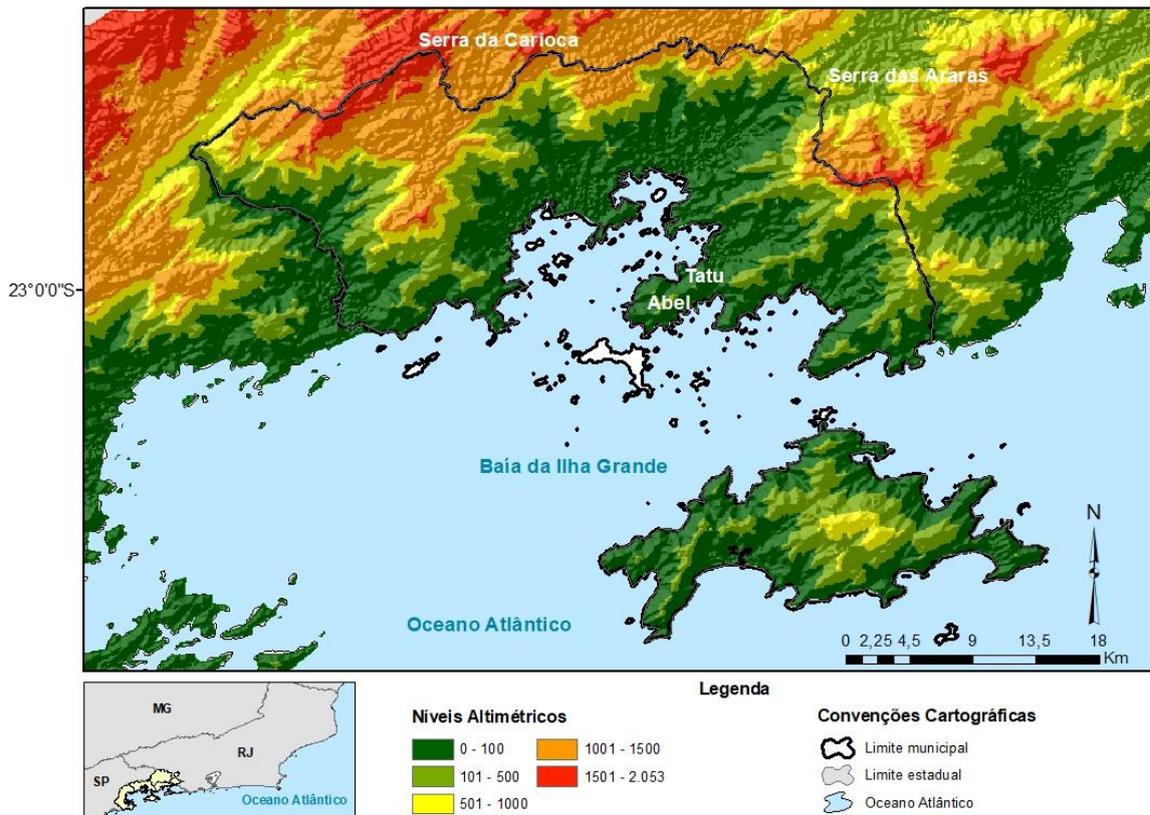


Figura 3 - Mapa de Angra dos Reis sobre MDT com Toponímia

De acordo com o censo de 2010, Angra dos Reis tem uma população de 169.511 habitantes, sendo destes 84.666 homens e 84.845 mulheres, correspondentes a 45,8% do total de população da região da Costa Verde Fluminense. A densidade demográfica é de 205,45 habitantes por km², mas se considerarmos apenas as planícies e as poucas áreas de encosta passíveis de ocupação, essa densidade será muitíssima maior. Sua população estimada para 2018 é de 200.407 habitantes (Tabela 1).

Tabela 1- Dados municipais sobre População, Área Territorial e Densidade Demográfica

Estado	Município	População	Área (km ²)	Densidade Demográfica
RJ	Angra dos Reis	169.511	825,082	205,45
	Itaguaí	109.091	274,401	395,45
	Mangaratiba	36.456	358,982	102,29
	Paraty	37.533	925,392	40,57
	Rio Claro	17.425	834,691	20,81

Fonte: Censo Demográfico do IBGE (2010)

O município apresentou uma taxa geométrica média de crescimento, no período de 1991 a 2000, de 3,54% ao ano, contra 3,47% na região e 1,30% no estado, segundo a Fundação CIDE. Atualmente sua taxa de urbanização corresponde a 96,3% da população em Angra dos Reis, enquanto que na região da Costa Verde corresponde a 88,6%.

Observa-se que a população é predominantemente urbana e apresenta uma participação masculina equivalente à feminina em uma proporção de 99,66 homens para cada 100 mulheres. A maioria da população encontra-se na faixa etária entre 30 e 49 anos, seguida pela faixa de 50 anos ou mais. Esse predomínio urbano da população se justifica tanto pela organização territorial quanto pela organização econômica do município.

Segundo a lei orgânica do município N°270³, de 15 de abril de 1993, Angra dos Reis divide-se em quatro distritos com a seguinte denominação: 1° distrito - Angra dos Reis, com sede no centro da cidade; 2° distrito - Cunhambebe, com sede no Frade; 3° distrito - Ilha Grande, com sede no Abraão e 4° distrito - Mambucaba, com sede na Vila Mambucaba (Figura 4).

³ De acordo com a divisão territorial datada de 18 de dezembro de 1988, tendo assim permanecido na divisão de 2007, os dados do IBGE indicam seis distritos: Angra dos Reis (1° distrito); Abraão (2° distrito); Cunhambebe (3° distrito); Jacuecanga (4° distrito); Mambucaba (5° distrito); e Praia de Araçatiba (6° distrito). Entretanto segundo a lei orgânica do município supracitada, Angra dos Reis se divide em apenas quatro distritos.



Figura 4 - Localização dos Distritos do município de Angra dos Reis

1.2 Quadro Natural do município de Angra dos Reis

A região de Angra dos Reis classificada como unidade hidrográfica IX do estado do Rio de Janeiro é composta de rios de regime torrencial⁴, congregando os rios que nascem nas encostas da Serra do Mar ou no topo do planalto e seus afluentes, desaguando na Baía da Ilha Grande próximo a esse município. Estes rios são compostos de sedimentos de partículas finas, característica de rios de área tropical úmida (Fonte: DRM-RJ/ CPRM Serviço Geológico do Brasil, 2001; IBGE, 2006).

Destaca-se como os principais rios da região: o rio Mambucaba que delimita os municípios de Angra dos Reis e Paraty, nascendo no topo do planalto da Serra da Bocaina (nome dado a Serra do Mar na localidade); o rio Bracuhy; rio Ariró; rio do Frade; rio Japuiba; rio da Areia; rio da Água Branca; rio dos Meros; rio Perequê-Açu; rio Pequeno; rio São Roque; rio Taquari; rio Grataú e rio Jurumirim (Tabela 2). A região é bastante rica em cursos

⁴ Grande diferença entre vazões máximas e mínimas - Fonte: DRM-RJ/ CPRM Serviço Geológico do Brasil, 2001.

d'água provenientes dos talvegues ocorrentes nas encostas da Serra do Mar (DEPARTAMENTO DE SOLOS, 1992).

Tabela 2 - Rios mais expressivos do município de Angra dos Reis

Rio	Extensão (km)	Cota das nascentes (m)	Declividade média (m/km)
Jacuecanga	10,3	1.400	136
Japuiba	12,5	1.400	112
Ariró	17,5	1.100	63
Paca Grande/Bracuhy	31,5	1.500	48
Grataú	10,3	1.200	116
Frade	6,0	600	100
Mambucaba	58,0	2.000	34
Barra Grande	15,0	1.500	100
Pequeno	15,1	1.500	100
Pequeno Açú	21,0	1.500	71
Mateus Nunes	15,0	1.200	80
Paraty Mirim	22,0	800	36

Fonte: EIA/RIMA – Angra 2

O contato direto da Serra do Mar com o oceano, sendo as planícies costeiras pouco desenvolvidas ou mesmo inexistentes, resulta em um relevo íngreme, com uma rede de drenagem perene formada por inúmeras bacias. Estas possuem seu corpo d'água principal desaguando diretamente no mar e, por possuírem pequena área de drenagem, os rios da região apresentam pequena vazão média. Enquadra-se na categoria dos rios de regime tropical austral, apresentando no verão picos acentuados de vazão e no inverno, pequenas vazões, tendo sua densidade dimensionada pelo clima da região (Figura 5).

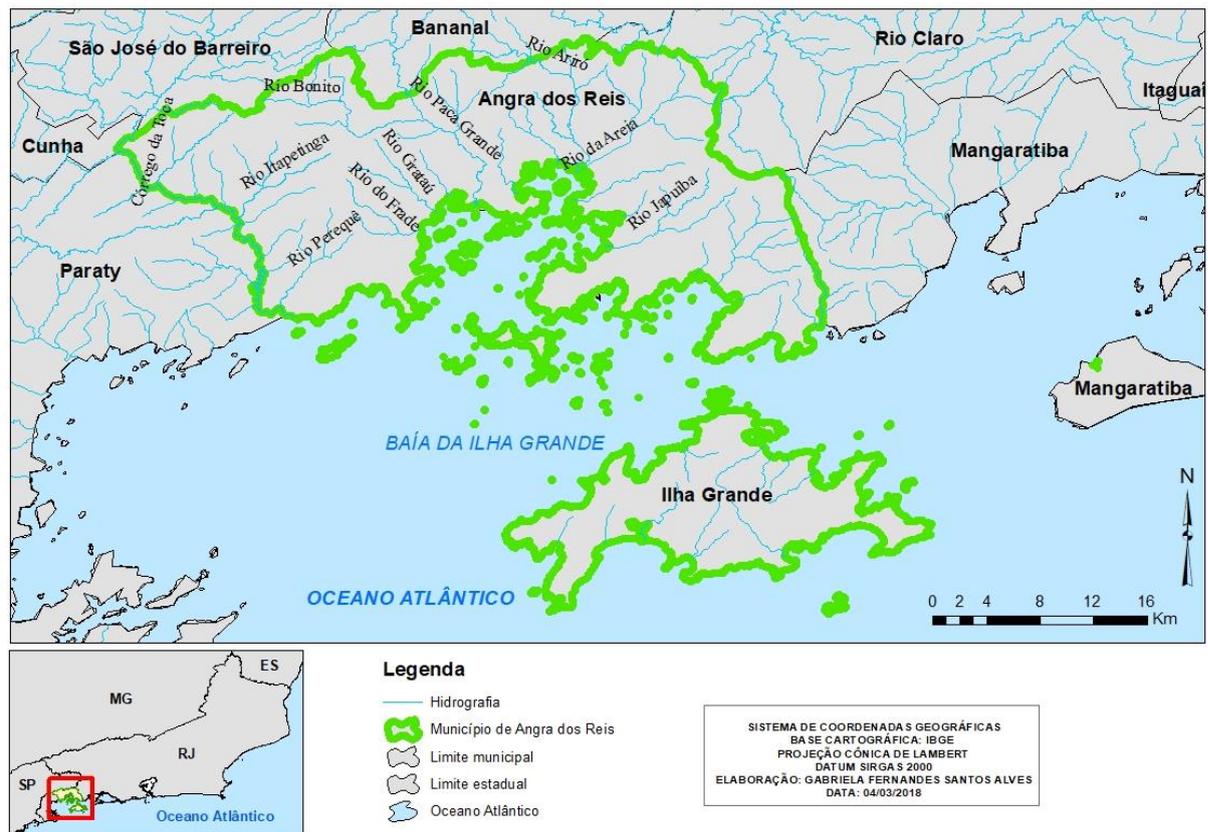


Figura 5- Hidrografia do município de Angra dos Reis/RJ, representativo do Sul-Fluminense

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é classificado como “Af” (tropical úmido ou ainda ombrófilo sem déficit hídrico). A temperatura média anual é de 23,2° C, sendo janeiro o mês mais quente, com média mensal de 26,5°C, e junho o mais frio, com 20,5° C (Figura 6). Os ventos predominantes nesta região sofrem pequenas variações sazonais ao longo do ano. O período entre 13 de julho e 1° de dezembro é a época de mais ventos no ano, com velocidades médias acima de 8,4 km/h. A época mais calma ocorre no período entre 1° de dezembro e 13 de julho. O vento mais frequente vem de norte e atua entre os dias 3 de junho e 29 de julho sendo os ventos de leste os mais predominantes e atuantes no restante do ano.

A região apresenta elevada precipitação no decorrer do ano, principalmente na estação verão. Essa alta concentração pode sofrer variações segundo interferências da própria dinâmica do clima quanto à conformação socioespacial do recorte, que tem como limite a Serra do Mar, composta de vales e regiões montanhosas.

As normais climatológicas de precipitação anual calculada pelo INMET evidenciam os elevados valores de precipitação da região. Através do gráfico verifica-se que a normal de

precipitação anual do período de 1931 a 1960 alcançou os maiores valores nos meses de janeiro, fevereiro, março e dezembro. Esses foram também os meses que registraram os maiores totais pluviométricos, sempre superiores a 270 mm mensais. Já a normal climatológica de precipitação anual do período entre 1961 e 1990 foi menor, mas os meses mais chuvosos continuaram a ter valores de precipitação mensal bem elevado – acima de 230 mm. Após o período mais chuvoso, os totais mensais de pluviosidade apresentam uma significativa queda, com o mês de julho possuindo valores três vezes menores do que os totais verificados no mês de janeiro. Após julho, a precipitação volta a crescer, alcançando valores muito altos, superiores a 260 mm (Figura 7).

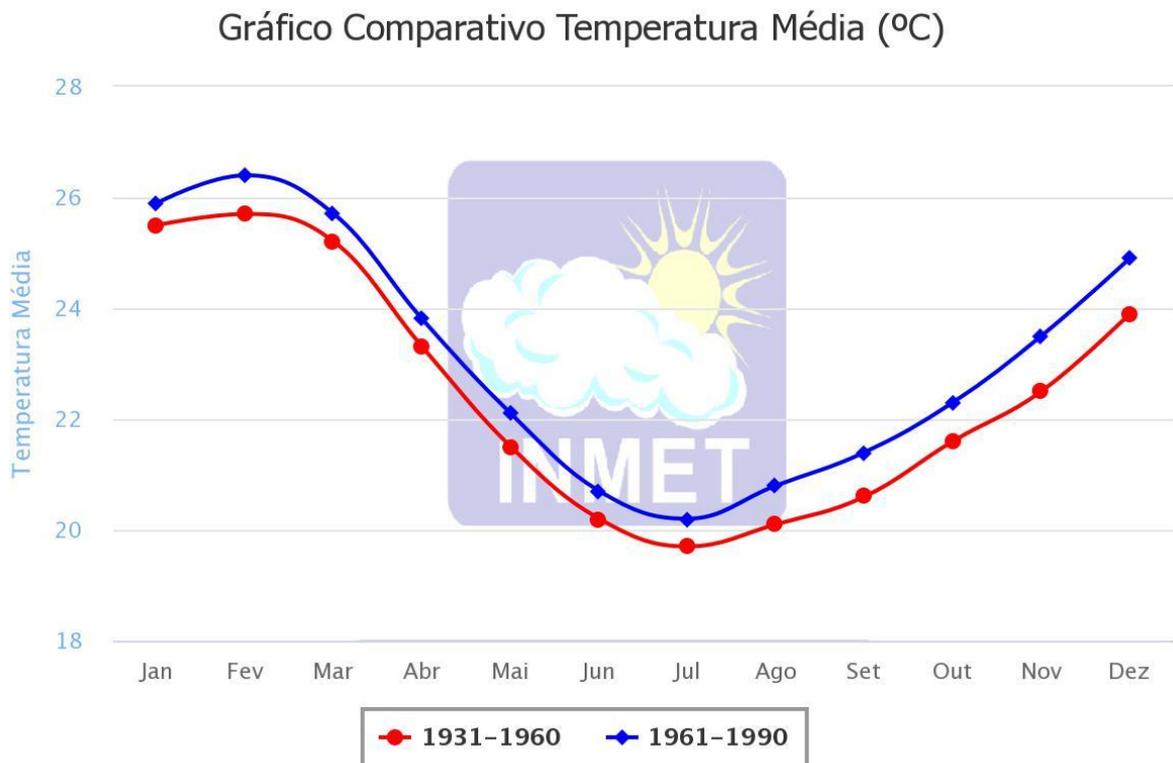


Figura 6 - Gráfico Comparativo de Temperatura de Angra dos Reis (Normais Climatológicas)
Fonte: INMET

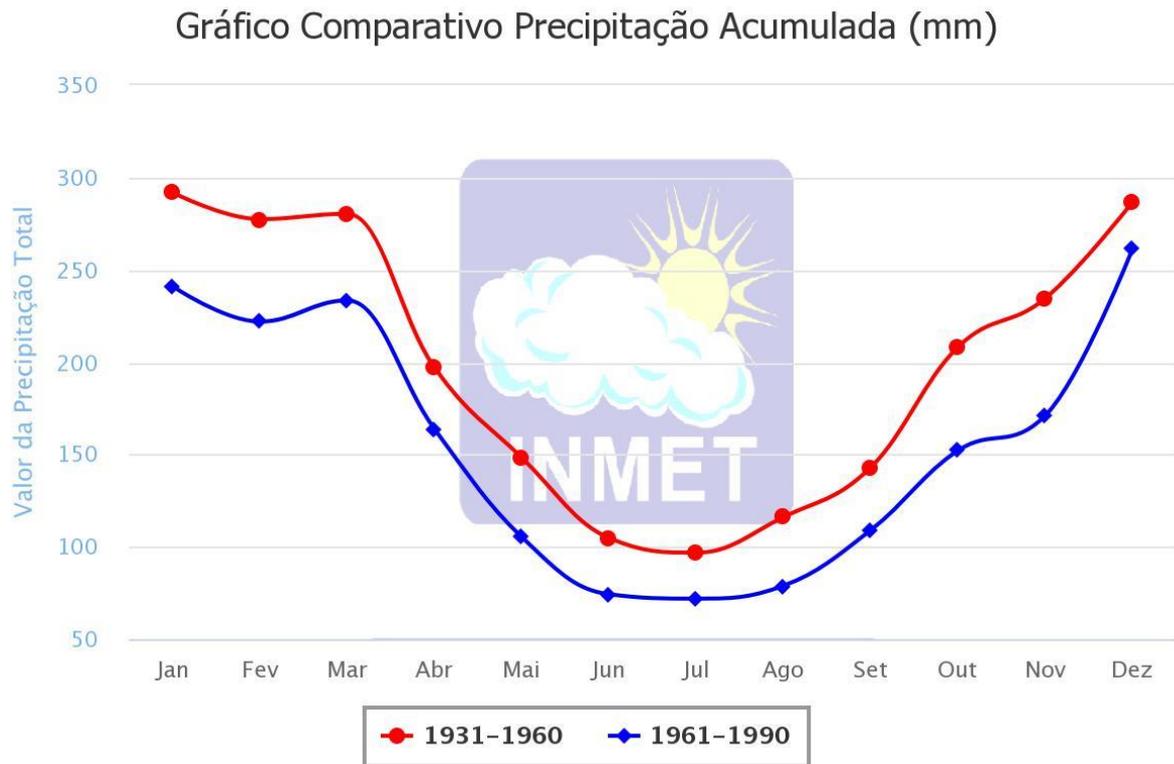


Figura 7 - Gráfico Comparativo de Precipitação de Angra dos Reis (Normais Climatológicas)
Fonte: INMET

Nas regiões tropicais úmidas do Brasil, caso de Angra dos Reis, a combinação de forte calor e alta umidade propicia condições ideais para a decomposição química profunda das rochas. A formação e dinâmica do relevo relacionam-se tanto à interação de variáveis endógenas, como o tipo e estrutura das rochas e as atividades tectônicas, quanto exógenas, como às variáveis climáticas, atuação de fauna e flora, dentre outros elementos.

Como parte dessa dinâmica ocorre os processos de vertente, entre os quais, os movimentos de massa, que envolvem o desprendimento e transporte de solo e/ou material rochoso vertente abaixo. A mobilização de material deve-se à sua condição de instabilidade, devido à atuação da gravidade, podendo ser acelerada pela ação de outros agentes, como a água.

O deslocamento de material ocorre em diferentes escalas e velocidades, variando de rastejamentos a movimentos muito rápidos. Quando essa dinâmica do solo se associa a construções irregulares em encostas, temos a caracterização da ameaça e da vulnerabilidade, configurando assim a situação de risco. O mesmo acontece em ocupações irregulares em planícies de alagamento ou próximas às calhas de rios, que com a ocorrência de eventos de

alto total pluviométrico, associados à alta de maré, tem-se a ocorrência de alagamentos e inundações, atingindo os imóveis ali edificadas.

O atual cenário morfológico da região, delineado através da interação entre aspectos tectônicos e climáticos, registra escarpamentos bastante elevados, superior a 1.640 m (Pico do Frade) alternados com bacias sedimentares tafrogênicas e depressões (DRM-RJ/ CPRM Serviço Geológico do Brasil, 2001; IBGE, 2006) (Figura 8).

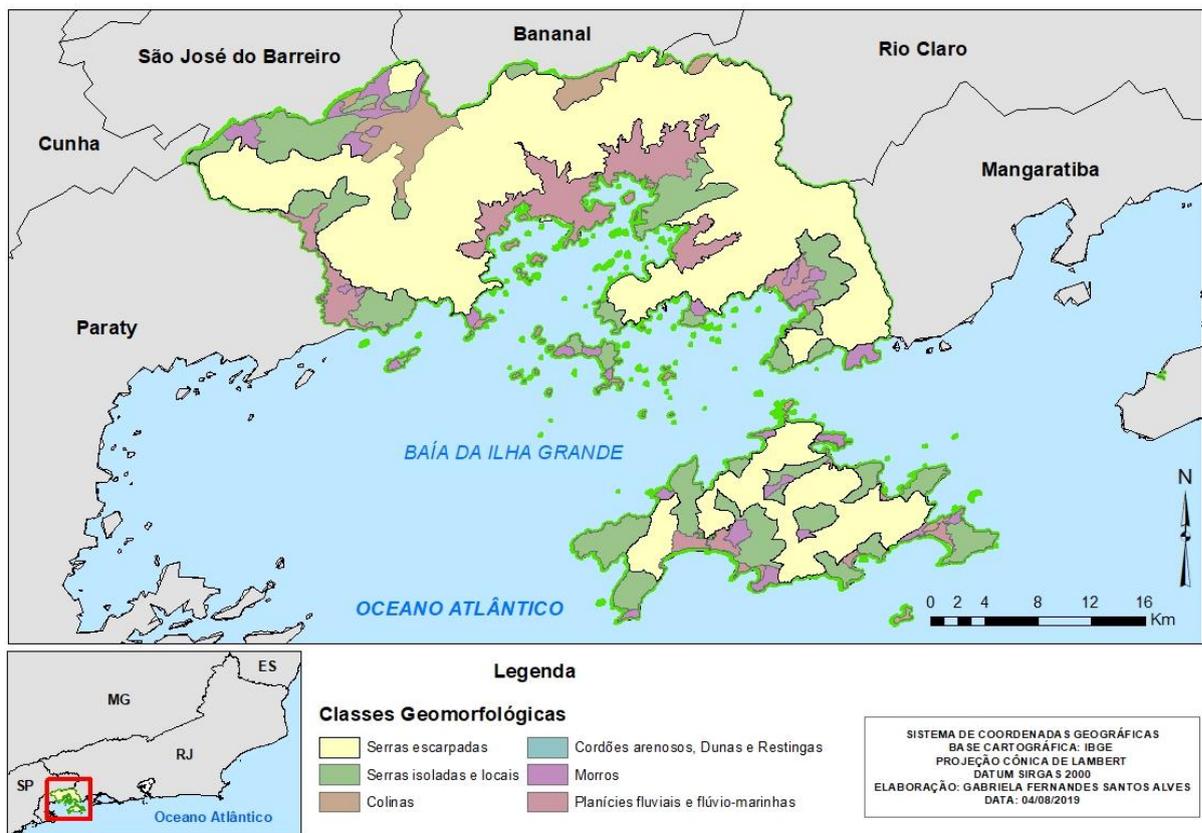


Figura 8 - Mapa Geomorfológico do município de Angra dos Reis

O planalto da Serra do Mar se caracteriza como uma superfície de erosão anterior ao soerguimento das escarpas serranas, denominado “Superfície dos Campos”. De acordo com o levantamento geológico do estado do Rio de Janeiro, revisão de 2003, o estado do Rio de Janeiro pode ser compartimentado em duas unidades morfoestruturais: o Cinturão Orogênico do Atlântico e as Bacias Sedimentares Cenozóicas.

O Cinturão Orogênico do Atlântico compreende um conjunto de rochas metamórficas e ígneas de idade pré-cambriana à eopaleozóica. Estas rochas passaram por diversos ciclos orogênicos, culminando no final do Proterozóico, com o evento Brasileiro.

Na região em estudo esse cinturão abrange os maciços costeiros e interiores, as superfícies aplainadas nas baixadas litorâneas, as escarpas serranas, os planaltos residuais e as depressões interplanáticas. Os maciços costeiros e interiores apresentam uma densidade de drenagem bastante alta, enquanto as superfícies aplainadas nas baixadas litorâneas apresentam uma densidade de drenagem baixa (RELATÓRIO CPRM, 2001).

As Bacias Sedimentares Cenozóicas compreendem um conjunto de rochas sedimentares, pouco litificadas, de idade eocenozóica, e sedimentos inconsolidados, neocenozóicos. Em Angra dos Reis ela é representada pelas planícies flúvio-marinhas e costeiras, caracterizadas pelas condições de drenagem ruim. Ainda que muito basculadas e fragmentadas pela tectônica mesocenozóica, as superfícies de erosão são destaques na região estudada.

A litologia do município de Angra dos Reis tem como embasamento rochoso o predomínio de gnaisses diversos, migmatitos, sedimentos holocênicos e granitos pré-cambrianos com características intrusivas, que recebem os nomes de granitos Mambucaba, Angra e Mangaratiba. As rochas pré-cambrianas são recobertas por sedimentos quartenários/holoceno dos tipos depósitos aluviários, flúvio-marinhos e marinhos de natureza arenosa e areno-argilosa, depósitos coluviais e alúvio-coluviais. As rochas na região, como decorrência do tectonismo, apresentam expressiva quantidade de fraturas (diga-se falhas e juntas) e dobramentos (mais de uma fase).

Com base na mineralogia, na composição química das rochas e relacionando com o clima, classificam-se os tipos de solos da região em: Neossolos Litólicos; Cambissolos; Esponssolos; Latossolos; Hidromórficos e Argissolos (Figura 9).

Os Neossolos Litólicos são solos minerais, pouco desenvolvidos e rasos, o que os tornam menos resistentes ao intemperismo. Estes solos são bastante comuns nas escarpas das serras, associados ao cambissolo sob vegetação de floresta perenifólia, podendo também ser associados com afloramentos rochosos e Esponssolos, sob floresta subcaducifólia.

Já os Cambissolos são solos minerais, não hidromórficos, pouco evoluídos, de características bastante variáveis, mas em geral, pouco profundos, com teores de silte relativamente elevados. Estes solos são dominantes nas regiões serranas, geralmente vindos associados à Latossolos Vermelho - Amarelo, se diferenciando na espessura sob floresta perenifólia, em relevo montanhoso.

Na base da escarpa, onde o relevo torna-se mais suave e a vegetação de floresta já foi removida em parte ou totalmente, predominam solos das classes dos Latossolos e dos Argissolos. Os Latossolos são solos que independem das condições climáticas da região,

sendo encontrados tanto em áreas secas quanto em áreas chuvosas e de temperatura amena; de baixa fertilidade, essas áreas são usadas para pastos.

Nas baixadas litorâneas, formadas basicamente por sedimentos de origem fluvial e marinha, onde o relevo é praticamente plano e o lençol freático encontra-se próximo à superfície, predominam solos hidromórficos das classes Neossolos Flúvicos, Neossolos Quartzarênicos, Gleissolos e Espodosolos.

Nas encostas íngremes das porções mais elevadas da escarpa da Serra do Mar, onde a vegetação de floresta ainda se encontra preservada, predominam solos das classes de Neossolos Litólicos e dos Cambissolos (DRM-RJ/ CPRM Serviço Geológico do Brasil, 2001; IBGE, 2006).

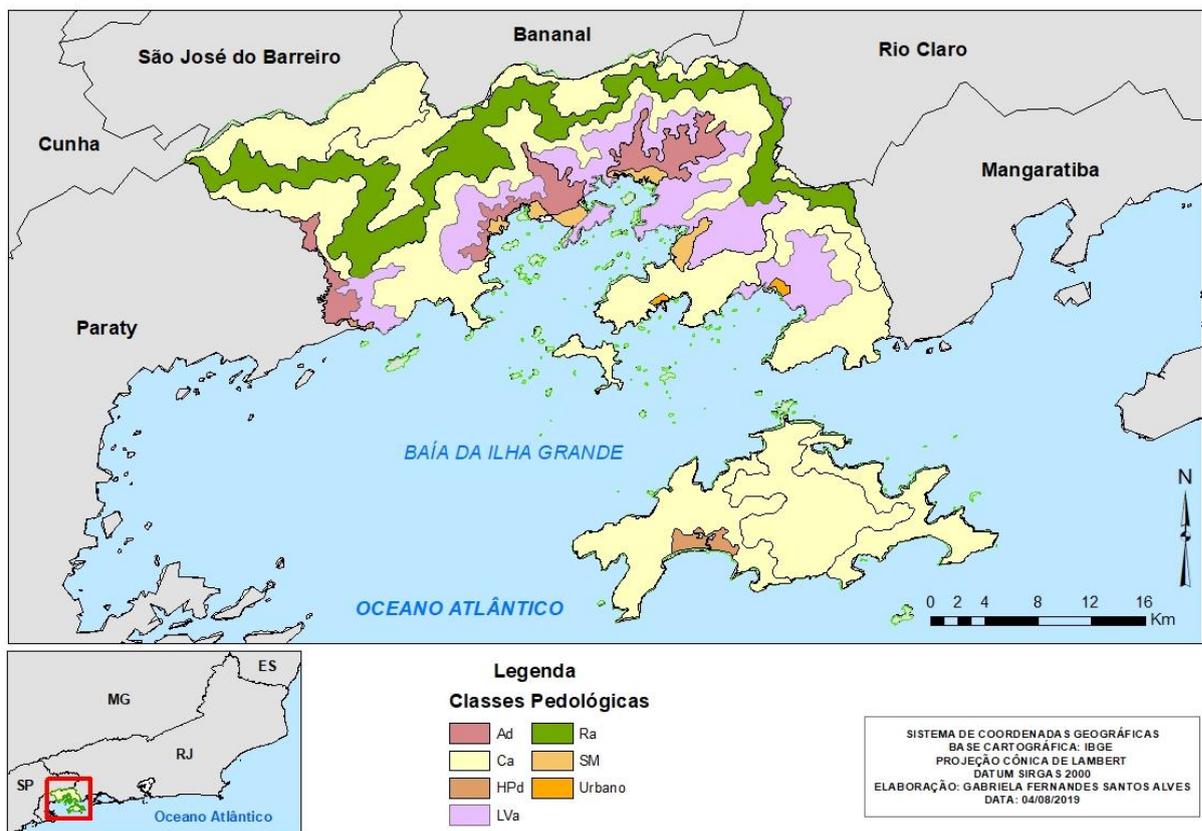


Figura 9 - Mapa Pedológico do município de Angra dos Reis

Os solos variam principalmente em função do material de origem, das condições bioclimáticas e da idade, ocasionando diferenças na composição mineralógica, textura, profundidade, fertilidade, etc. Essas variações vão determinar a fitofisionomia da região de estudo que está inserida no bioma da Mata Atlântica, que tem como vegetação dominante a floresta ombrófila densa, característica das regiões altas da Serra do Mar, e as formações

florísticas associadas (manguezais, vegetação oceânica da Serra do Mar e das ilhas litorâneas). Mais abaixo é encontrado este tipo de floresta já bastante alterada pela devastação humana, dando lugar a campos de pastagem ou de pequenos cultivos como o de bananeiras (DRM-RJ/ CPRM Serviço Geológico do Brasil, 2001; IBGE, 2006) (Figura 10).

As florestas e restingas da região representam os últimos refúgios de espécies de fauna e flora que já desapareceram em outras regiões. Quando associadas, as matas, praias e ilhas do município constituem um recurso turístico.

Trata-se do maior remanescente de Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro, o que dá o nome de Costa Verde a região, sendo um essencial centro de endemismos apresentando alta biodiversidade.

O Brasil, do ponto de vista legal, considera os manguezais, como áreas de preservação permanente, exercendo importantes funções ambientais; podem ser descritos como: terras planas, baixas e lamacentas, localizadas nas costas litorâneas das regiões tropicais, junto aos desaguadouros dos rios, no fundo de baías e nas enseadas, com sua dinâmica influenciada pelo regime de marés.

Em terrenos baixos ou de médio teor de salinidade, fixados sobre terreno lamacento, aos manguezais pode-se atribuir diversas funções, tais como: controlador de inundações, estabilizador de costas e controlador anti-erosivo, retentor de sedimentos e elementos tóxicos, retentor de nutrientes, exportador de biomassa, via de transporte, área de recreação e turismo, fonte de recursos florestais e animais, sustentáculo da diversidade biológica.

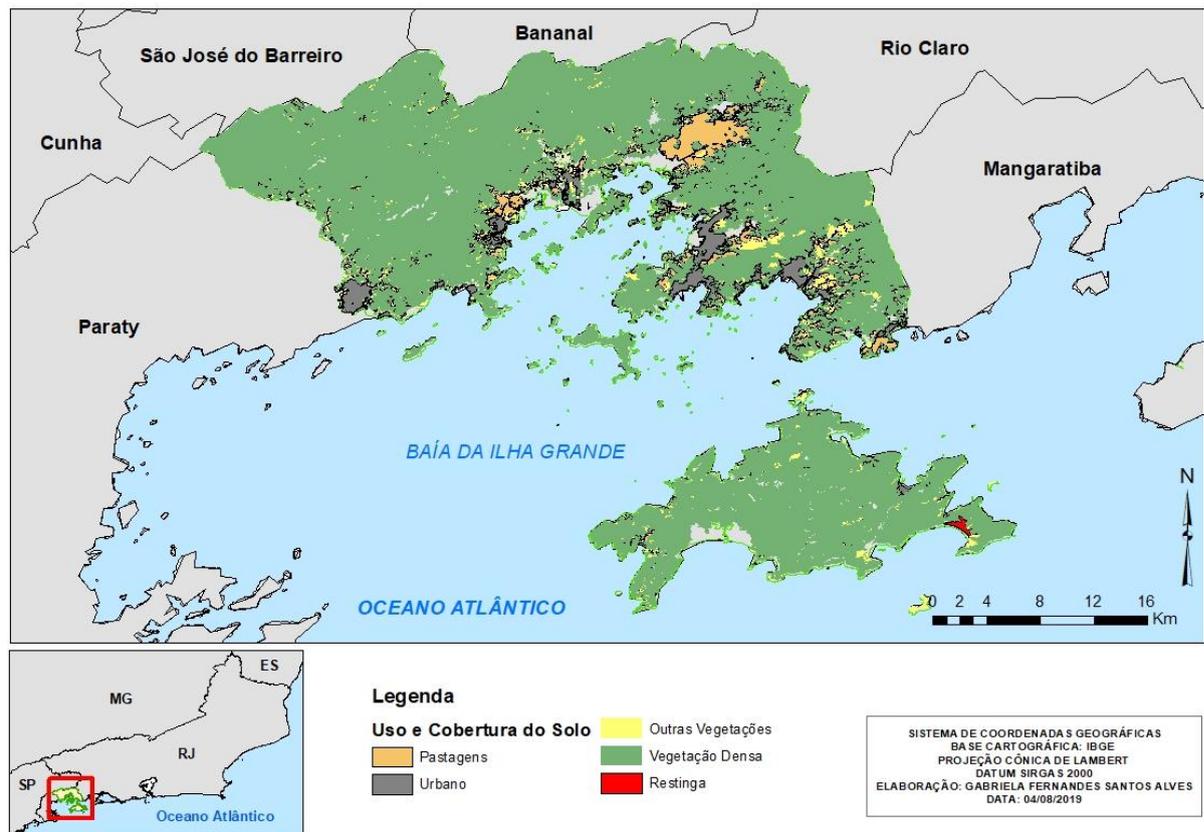


Figura 10 - Mapa de Uso e Cobertura da Terra do município de Angra dos Reis

A análise detalhada dos aspectos naturais do município de Angra dos Reis, dentre os principais fatores envolvidos nos desastres ambientais, verifica-se a sobreposição de uma área com características físicas que apresentam alta fragilidade e o modelo de ocupação que vem sendo feito, urbanização acelerada e densa.

1.3 Angra dos Reis no contexto da Costa Verde

A região da Costa Verde Fluminense - Paraty, Angra dos Reis, Mangaratiba, Itaguaí e Rio Claro -, encontra-se voltada para a Baía de Sepetiba dividindo-se entre a atividade turística e portuária/industrial como principais atividades econômicas. Com exceção do município de Rio Claro que não é litorâneo, embora esteja na Serra do Mar. É justamente esse contato da Serra do Mar com o Oceano Atlântico que define esta região turística.

Rio Claro, com uma população de pouco mais de 17.000 habitantes (IBGE, 2010), destaca-se pela presença de pequenas e médias indústrias, com ênfase para a indústria de fabricação de calçados e produtos alimentícios, mas a base da economia local é proveniente do comércio e de serviços (RIO CLARO, 2014).

Itaguaí, município que nos últimos anos tem apresentado grande crescimento, desde 2009 passou a integrar a Região Metropolitana do Rio de Janeiro. A chegada da Companhia Siderúrgica do Atlântico (CSA) nas proximidades da cidade, além dos investimentos no Porto de Itaguaí e novos portos privados, passaram a dinamizar a economia da cidade, hoje com mais de 100.000 habitantes (IBGE, 2010).

Mangaratiba, com pouco mais de 35.000 habitantes (IBGE, 2010), e com 73,9% de sua vegetação preservada, tem o turismo como potencial principal, onde estão localizados grandes condomínios, hotéis e resorts (MANGARATIBA, 2015), embora ainda sofra com a concorrência dos municípios vizinhos mais famosos, como Angra dos Reis e Paraty. Sua economia está baseada principalmente no setor terciário.

Paraty, famosa pela arquitetura colonial e ruas de pedra, tem se destacado por eventos culturais como a Festa Literária Internacional de Paraty - Flip. Com apenas 37.000 habitantes (IBGE, 2010) e milhares de turistas, o município celebra seus avanços como destino turístico importante no estado do Rio de Janeiro, dividindo com Angra dos Reis, Rio de Janeiro, Cabo Frio e Búzios esse destaque no cenário fluminense.

Angra dos Reis mantém a pesca e o turismo como atividades econômicas de destaque em suas praias e ilhas. Possui também grandes investimentos em indústrias de atividades portuárias, de geração de energia (usinas Angra I e Angra II) e na indústria naval. Estas movimentaram grandes contingentes migratórios durante suas construções e levaram à expansão desenfreada da cidade, fazendo com que muitos dos atuais 169.000 habitantes ocupassem irregularmente as encostas íngremes e planícies de inundação (FARIAS e LOUSADA, 2014).

A Costa Verde fluminense encontra-se na divisa com o estado de São Paulo, fazendo limite com Bananal, Cunha, São José do Barreiro e Ubatuba que são municípios com pequena população e classificados como estâncias pelo governo estadual (Tabela 3). Bananal e São José do Barreiro são estâncias turísticas, Cunha é uma estância climática e Ubatuba é uma estância balneária.

Estância é um título concedido pelo governo do estado de São Paulo a municípios que apresentem determinados requisitos como: condições de lazer, recreação, recursos naturais e culturais específicos, dispo de infraestrutura e serviços dimensionados à atividade turística. Os municípios com este status recebem aportes financeiros específicos para o incentivo ao turismo. Atualmente dos 645 municípios de São Paulo 70 possuem essa classificação. São 32 estâncias turísticas, 15 estâncias turísticas balneárias, 12 estâncias turísticas climáticas e 11 estâncias turísticas hidrominerais (SÃO PAULO, 2018).

Tabela 3 - Dados municipais sobre População, Área Territorial e Densidade Demográfica

Estado	Município	População	Área (km ²)	Densidade Demográfica
RJ	Angra dos Reis	169.511	825,082	205,45
	Itaguaí	109.091	274,401	395,45
	Mangaratiba	36.456	358,982	102,29
	Paraty	37.533	925,392	40,57
	Rio Claro	17.425	834,691	20,81
SP	Bananal	10.223	616,427	16,58
	Cunha	21.866	1.407,250	15,54
	São José do Barreiro	4.077	570,685	7,14
	Ubatuba	10.223	616,417	16,58

Fonte: Censo Demográfico do IBGE (2010)

Assim, observa-se na região “estágios diferenciados e particularmente aprofundados de degradação do ambiente e das condições e qualidade de vida dos cidadãos” (MENDONÇA, 2004, p.16), principalmente nos municípios de Itaguaí e Angra dos Reis, consequência do intenso processo de transformação a que têm passado, ou seja, o modelo de planejamento/organização urbano/territorial adotado. Angra dos Reis, apesar de possuir uma área territorial maior, tem grande parte de seu território acima da cota de 100 metros, restando poucas planícies espremidas entre o mar e a montanha, que são ocupadas por uma população de maior poder aquisitivo. Quem não pode pagar o preço para morar na planície acaba por ocupar as encostas, áreas mais suscetíveis, o que torna essa população mais vulnerável a desastres naturais (FARIAS, 2012).

2. Fundamentação Teórica

2.1 Risco e Vulnerabilidade em Angra dos Reis

O homem sempre conviveu com os riscos, porém nos dias de hoje eles estão ainda mais presentes. Exemplo disto é a popularização de expressões como “estar em risco”, “reduzir a vulnerabilidade” e “estar inseguro”. Esta difusão é reflexo do estilo de vida da sociedade atual que busca uma vida de melhor qualidade, acompanhada do domínio da insegurança (ALMEIRA, 2011; MARANDOLA JR., 2014).

Este diagnóstico tem sido feito por inúmeros pensadores que identificam em nosso atual estágio da modernidade marcas distintivas nos sistemas de produção do risco e nos mecanismos de proteção e segurança. Tanto em relação aos riscos conhecidos quanto aos não conhecidos, nos tornamos incapazes de lidar com eles, tanto por nos proteger quanto por minimizar seus danos. É neste contexto que o risco tornou-se central para a compreensão da percepção social acerca das crises que se impõem no tempo contemporâneo.

Na sociedade pós-moderna, o risco está em todas as atividades humanas, mesmo as mais simples como fazer um passeio, dirigir ou trabalhar. Por outro lado, aquilo que é natural se converteu em risco, a exemplo do envelhecimento e da morte (VEYRET; RICHEMOND, 2007). Beck (2006) denomina esta sociedade como a “sociedade do risco”, etapa posterior à modernidade, no qual os riscos são cada vez mais comuns e temidos.

Para o autor, a noção de risco foi essencial na estruturação da sociedade do século XX e está ligada às condições de incerteza e de desproteção. Assim, prevalece a todo instante um sentimento de insegurança sustentado pelo próprio desenvolvimento das ciências e das tecnologias, pois à medida que se elaboram ações para a redução das incertezas, garante-se a perpetuação dos riscos a quem não pode obtê-las. Isto proporciona uma distribuição heterogênea dos riscos no espaço, tornando determinados grupos mais vulneráveis (VEYRET; RICHEMOND, 2007).

Embora o termo risco seja corriqueiro na literatura científica, ele apresenta sérias incongruências conceituais, em virtude do seu emprego em vários ramos do conhecimento, os quais, normalmente, produzem reflexões e métodos próprios (MARANDOLA JR., HOGAN, 2004). Tal fato promove demasiado desentendimento nos estudos e instrumentos legais.

Por razão desta diversidade, o termo risco recebe um adjetivo que indica a origem do fenômeno perigoso, como natural, tecnológico, econômico, político. Todavia, ressalta-se que independente da origem, o risco sempre será humano, pois a noção apenas existe se alguém pode perder alguma coisa (CASTRO; PEIXOTO; DO RIO, 2005).

Entende-se risco a partir da definição de Yvette Veyret (2007):

“O risco, objeto social, define-se como a percepção do perigo, da catástrofe possível. Ele existe apenas em relação a um indivíduo e a um grupo social ou profissional, uma comunidade, uma sociedade de que o apreende por meio de representações mentais e com ele convive por meio de práticas específicas. (...) O risco é a tradução de uma ameaça, de um perigo para aquele que está sujeito a ele e o percebe como tal.”

Nota-se que na definição, risco é entendido a partir de sua percepção pelos indivíduos que, por meio de sua convivência com um determinado ambiente, constroem suas ligações afetivas ou de medo com ele. Logo, essa abordagem subjetiva do risco deve ser valorizada nas políticas de gestão do risco e zoneamento, pois a população submetida a um perigo em potencial pode contribuir com suas experiências e conhecimento da dinâmica da região para embasar esses programas e tornar suas políticas de mitigação mais eficazes e democráticas, uma vez que levam em consideração as relações estabelecidas entre a comunidade e o seu ambiente.

Dentre as facetas dos estudos de riscos, sobressaem-se os naturais, cuja origem é o resultado de uma possível interação entre uma força natural deflagradora de um perigo, com uma porção da superfície terrestre sobre um sistema potencialmente vulnerável a esta força, ou seja, refere-se a uma situação em que se sobrepõe no espaço e no tempo um perigo natural, uma superfície terrestre com características particulares e um sistema social vulnerável. Consequentemente, existe a probabilidade de perdas quando todos estes processos sobrepõem-se no espaço e no tempo e, frequentemente, dão origem aos desastres naturais. À vista disto, a noção de risco natural associa as ciências da natureza às ciências sociais, conduzindo a uma abordagem dual e de interface entre o homem e seu ambiente (MENDONÇA, 2004; SOUZA e ZANELLA, 2009).

Na literatura científica, os desastres naturais atuais possuem frequência e intensidade maior. Tal fato vem sendo corroborado pelas estatísticas que expõem a mesma tendência. Desta situação, discursos diferenciados são produzidos para justificar

as suas causas, como os castigos de Deus, ciclos glaciais e mudanças climáticas. Porém, atribuir somente à natureza os danos provocados pelos desastres é um grande equívoco. Esta responsabilidade cabe, sobretudo, as ações humanas, modificando a dinâmica natural e elevando a vulnerabilidade (VEYRET; RICHEMOND, 2007). Diante dessas diferentes abordagens é necessário aprofundar as discussões sobre os conceitos de risco, ameaça, perigo, vulnerabilidade, suscetibilidade e desastre.

Nas geociências a relação entre vulnerabilidade e perigo foi, e ainda é para alguns pesquisadores, tratada como o produto da ocorrência de um fenômeno natural severo pelos prováveis danos que podem ser gerados, sendo expressa pela equação **R (risco) = P (probabilidade) x C (consequências)** (CERRI e AMARAL, 1998).

Sobretudo, essa expressão demonstra demasiada simplicidade no trato da temática, podendo ocasionar distorções no entendimento desta realidade, que, na verdade mostra-se bem mais complexa (SOUZA e ZANELLA, 2009).

Neste contexto, Dauphiné (2001) propõe que o risco seja analisado em função do perigo e da vulnerabilidade, mas em uma relação que depende do problema considerado, onde cada um detém uma importância diferente. A equação **R(f) = P (perigo) x V (vulnerabilidade)** sistematiza esta proposta. Todavia, a busca de uma equação fundamental que represente matematicamente o risco deve ser encarada como um meio de simplificação da realidade e sistematização do conhecimento. A complexidade da questão é imensurável e emerge de um conjunto de fatores em interação.

Para O’Riordan (2002), a vulnerabilidade a desastres é a incapacidade de uma pessoa, sociedade ou grupo populacional de evitar o perigo e os danos relacionados aos mesmos ou ao fato de ser forçado a viver em tais condições de perigo (Braga, et.al., 2006).

Cardona (2004), por sua vez, propõe analisar a vulnerabilidade a desastres por meio de componentes principais: fragilidade ou exposição; suscetibilidade; e a falta de resiliência. Fragilidade, ou exposição, é o componente físico e ambiental, e é associado à estimativa do nível de exposição de um grupo a um desastre em função de sua localização e a ausência de resistência física a propagação do evento perigoso.

Por sua vez, suscetibilidade é a componente socioeconômica e demográfica, associada a predisposição de uma população sofrer danos, decorrente do nível de marginalidade, segregação social e fragilidade econômica. A falta de resiliência é uma componente comportamental, comunitária e política, associada à capacidade de um

grupo populacional absorver o choque de um desastre e se adaptar para voltar a um estado aceitável (Braga, et.al., 2006).

É evidente que não é possível conceber um único indicador que seja capaz de estimar riscos e vulnerabilidades em níveis locais, regionais, nacionais ou globais. Assim é notório que para cada tipo de desastres natural, existe um conjunto de variáveis sociais e econômicas que podem ser ou não associadas às consequências dos desastres.

Posto isto, as investigações sobre os riscos naturais devem avaliar três etapas, a saber: análise do fenômeno perigoso, diagnóstico da vulnerabilidade e determinação da suscetibilidade (Figura 11).

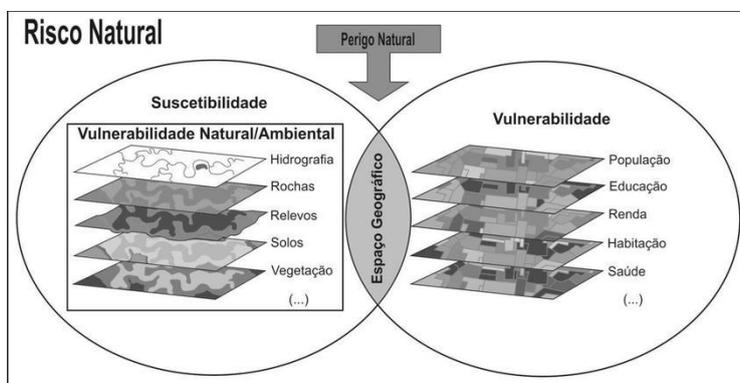


Figura 11 - Esquema sintético para determinação do risco natural
Fonte: ROMERO; MARKREY, 1993.

A ocorrência de um fenômeno natural não necessariamente produz um desastre natural, pois nem todo fenômeno é perigoso ao homem. Eles apenas os são quando podem afetar a sua integridade ou seu modo de vida (ROMERO e MARKEY, 1993). Porém, é difícil imaginar algum fenômeno que não afete direta ou indiretamente o ser humano, especialmente diante do nível de globalização atual, onde o homem está presente ou tem algum interesse nas regiões mais remotas da Terra.

Um desastre natural resulta da combinação de quatro fatores importantes, que são: 1) a ocorrência de uma ameaça natural; 2) uma população exposta; 3) as condições de vulnerabilidade social e suscetibilidade ambiental desta população; 4) insuficientes capacidades ou medidas para reduzir os potenciais riscos e danos. Esses eventos envolvem simultaneamente processos naturais e sociais, que impactam a sociedade a partir do padrão de interação entre os eventos de origem natural e organização social.

As ameaças se relacionam à qualidade dos eventos físicos que podem ser gerados pela dinâmica da natureza. Esses eventos possuem qualidades específicas por

sua localização geográfica, magnitude, intensidade, frequência e probabilidade. As ameaças podem ser individuais, combinadas ou sequenciais em suas origens e consequências.

Dissemelhante, um perigo é a probabilidade de ocorrência de um fenômeno, processo ou ação/omissão humana, cuja existência é potencialmente danosa à vida, aos bens ou ao meio ambiente e, por consequência, é deflagrador de rupturas sociais, econômicas, políticas e ambientais (ALMEIDA, 2011; TOMINAGA, 2009). No tratante aos perigos naturais, eles se referem a uma situação onde um evento danoso ou um conjunto de eventos associados podem ocorrer em regiões e períodos mais ou menos conhecidos (CASTRO, 2000). Neste sentido, observa-se que há a percepção da possibilidade de ocorrência deste evento, baseado, por exemplo, no registro histórico, na experiência, no conhecimento científico ou mesmo na crença ao metafísico.

Ademais, não se devem confundir as noções de perigo e risco, pois o primeiro remete a fonte ou situação com potencial para provocar danos conhecidos de um determinado espaço, enquanto o segundo refere-se à combinação da probabilidade de ocorrência e da (s) consequência (s) de um determinado evento perigoso, ambos sobre um sistema social vulnerável.

Vale ressaltar que o perigo não é definido unicamente pela magnitude do evento. De fato, um evento natural apenas será uma fonte de perigo caso ocorra sobre um espaço importante ao homem e cuja magnitude seja suficiente para estabelecer crises, mesmo que aquele não seja considerado extremo.

Um evento de proporção extraordinária não será um perigo caso ocorra em área desabitada, sendo apenas um fenômeno natural. Por outro lado, se o mesmo fenômeno com uma magnitude considerada habitual ocorrer em um espaço não preparado para recebê-lo, certamente, danos serão ocasionados (Figura 12 e 13). É o caso dos impactos hidrometeorológicos do meio urbano, onde os eventos pluviais habituais às normais climatológicas provocam estragos significativos. Com base nisso Monteiro (1991) afirma que a existência de um natural *hazard* parte da iniciativa humana da adoção ou não de formas de ajustamento à dinâmica ambiental.

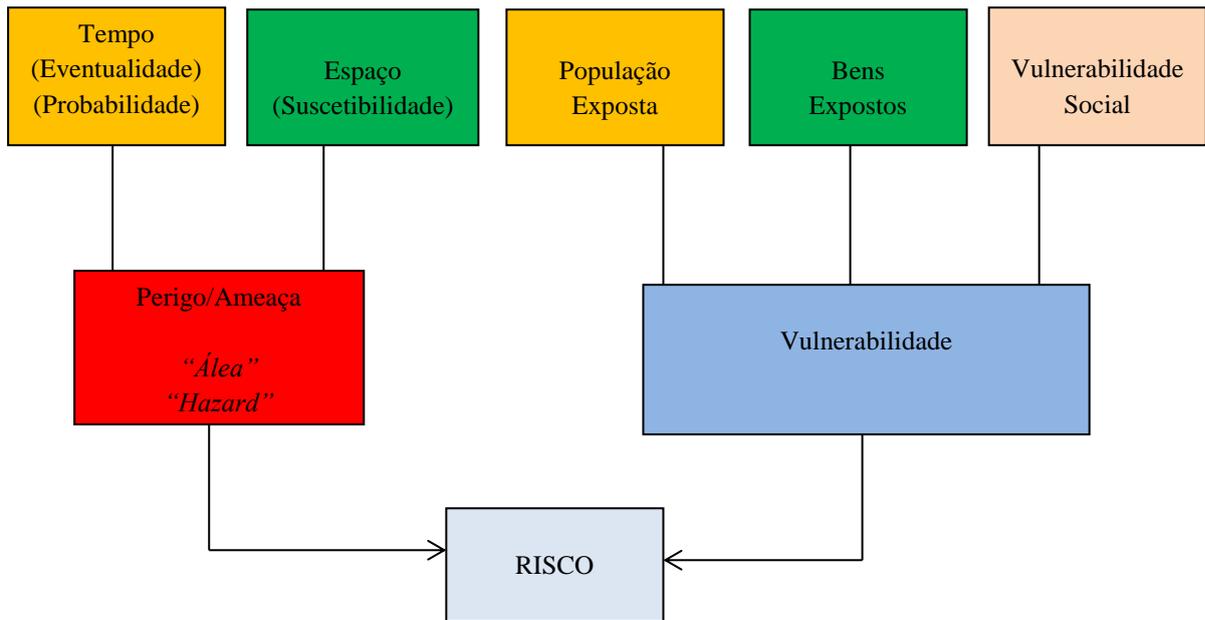


Figura 12 - Relação entre Risco e vulnerabilidade

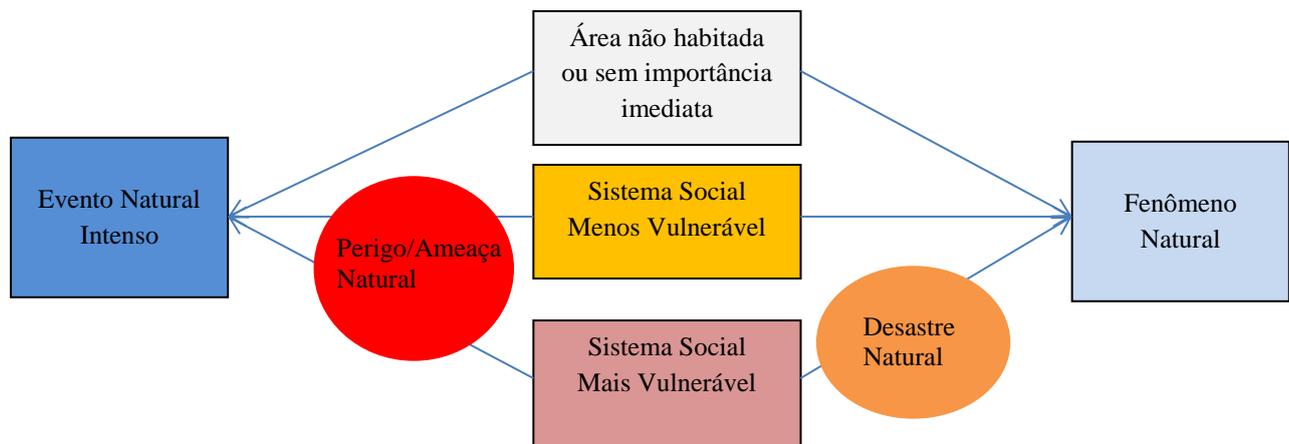


Figura 13 - Relação entre fenômeno natural, perigo natural e vulnerabilidade

Além disso, deve-se considerar que embora os perigos naturais tenham sua origem nos processos da natureza, em determinadas situações a ação, consciente ou não, da sociedade na produção do espaço pode interferir na dinâmica de meio, acelerando processos e conferindo uma maior intensidade a estes eventos (KOBAYAMA et.al., 2006), a exemplo das inundações urbanas e da desertificação. Por fim, as investigações sobre os eventos naturais adversos devem avaliar a gênese e a evolução de tais fenômenos, com intuito de promover o entendimento de onde, quando e como ocorrem e, assim, auxiliar a elaboração de mecanismos de prevenção e respostas mais eficientes.

Nas ciências sociais, a vulnerabilidade decorre de fenômenos diversos, que afetam de forma diferenciada as pessoas e os grupos sociais. Fatores como renda, escolaridade, idade, gênero, acesso aos serviços públicos, habitação e participação política podem aumentar a predisposição à ocorrência de danos de diversas ordens, incluindo a própria morte, bem como expressam a capacidade de lidar com as crises e de aproveitar as oportunidades para melhorar sua situação de bem-estar.

Kowarick (2002) enfatiza a relação entre desigualdade urbana e vulnerabilidade, apontando para a situação de desproteção em que estão submetidas às camadas populacionais. Nesta mesma perspectiva, Cardoso (2011) destaca as dificuldades enfrentadas pelos grupos vulneráveis para o acesso aos bens de caráter social e as condições básicas de sobrevivência.

Kaztman e Filgueira (1999) consideram que a vulnerabilidade se refere à capacidade de controlar as forças que os afetam e sua intensidade depende da posse ou controle de ativos, isto é, dos recursos requeridos para o aproveitamento das oportunidades fornecidas pelo meio. Neste sentido, observa-se que a vulnerabilidade e os riscos associados estão relacionados à exclusão de parcela da população ao padrão de vida atual, formado pelas diferentes formas de apropriação, produção e reprodução do espaço (RODRIGUES, 2006).

O conceito de vulnerabilidade é indissociável do conceito de risco. Entende-se vulnerabilidade como sendo a condição ou característica que expõe o elemento/sujeito ao risco de ocorrência do evento indesejado (desastre, catástrofe, acidente, doença, degradação, etc.), tornando-o vulnerável. Em outras palavras, alguém está em condição de vulnerabilidade enquanto algo é/está suficientemente exposto à onipresença do risco. É uma condição.

Zanella et.al. (2009, p. 192) afirma que vulnerabilidade é uma noção multidimensional, que pode surgir em virtude de fenômenos múltiplos, partir de causas distintas, gerando consequências diversas, afetando diferenciadamente os variados grupos sociais e/ou elementos naturais. A dimensão da interferência (efeito, que por sua vez, entendemos ser o evento socioeconômico, sinistro, desastroso ou catastrófico) vai depender da estrutura socionatural do afetado, bem como da intensidade e características do perigo.

Mendonça (2001, 2002, 2004, 2010) buscou a integração dos estudos dos fenômenos naturais e sociais sob a perspectiva geográfica ao sistematizar o pensamento de diversos autores alicerçados sobre os princípios sistêmicos. Neste âmbito, fundou

uma concepção científica que incorpora a fragilidade dos espaços naturais com a vulnerabilidade social, congregando-as em uma vulnerabilidade socioambiental.

A vulnerabilidade socioambiental é definida pela situação em que espaços naturais frágeis são ocupados por populações que não tem meios próprios ou auxílio externo efetivo para resistir e superar as adversidades dos ambientes dos quais se apropriaram, de modo que as mesmas coexistem com os riscos constantemente (DESCHAMPS, 2004). Nestes casos, a vulnerabilidade carrega consigo uma noção de espacialidade, pois através de um conjunto de agentes e objetos geográficos há a construção de espaços em diferentes níveis de risco. Desta forma, ela não apresenta uma homogeneidade espacial, mas é mais intensa em porções específicas onde se associam fatores que a ampliam, resultando em uma distribuição espacial dos riscos naturais que revela a segregação socioespacial e socioambiental de uma sociedade.

Nas cidades esta afirmativa é mais evidente, pois são notórios que as desigualdades produzem espaços geográficos mais e menos vulneráveis, expondo as formas de privação em que vivem parte da sociedade urbana. Cardoso (2011) aponta que a desigualdade de acesso às condições de vida também se manifesta como desigualdade ambiental, tendo em vista que as populações com menor poder aquisitivo tendem a se localizar nos ambientes frágeis. Tais áreas, geralmente, são ocupadas por famílias que não possuem recursos de qualquer natureza para responderem adequadamente à ocorrência de um evento natural adverso (DESCHAMPS, 2004).

Thouret (2007) afirma que a pobreza constitui um triplo fator de risco. Ela favorece que as pessoas habitem áreas economicamente mais acessíveis, por serem áreas de risco, por outro lado ela domina as preocupações do cotidiano dos indivíduos que não tem meios econômicos e nem tempo para preservar o meio ambiente.

Outro aspecto importante é que a vulnerabilidade é específica a um determinado perigo. Em outras palavras, os fatores que constroem a vulnerabilidade a um fenômeno podem ter outra importância em relação a outro. Exemplifica-se com o fator qualidade da habitação. Ela pode ser um elemento importante para análise da vulnerabilidade às epidemias, contudo tem destaque menor em relação à seca.

Diante do exposto, a avaliação das múltiplas dimensões da vulnerabilidade é parte integral dos processos de gestão dos riscos naturais, ao ser uma das bases fundamentais para elaboração de estratégias de prevenção. Com efeito, a sua compreensão envolve a análise de quatro componentes, são eles: exposição, resistência, resiliência e capacidade de adaptação.

A exposição está relacionada à sobreposição espacial de um sistema social vulnerável e de um perigo natural. Deste modo, ocorre quando um potencial evento tem uma localização e abrangência geográfica conhecida e sobre a qual existem indivíduos vulneráveis. Já a resistência consiste em um estado determinado por uma série de fatores, os quais tornam os indivíduos e os grupos sociais mais ou menos propensos para resistir às adversidades.

Cada sistema social tem o seu próprio limite de resistência, dado pela combinação destes fatores e sua relação com a magnitude e evolução do evento adverso. Quando os impactos produzidos rompem esse limite há a instalação da crise. Após a constituição da situação de crise, as ações empreendidas com intuito de superar este estado irão expressar o nível de resiliência e a capacidade de adaptação ao risco do grupo social impactado.

Na atualidade, a noção de resiliência, normalmente, é entendida como a capacidade que um sistema tem de absorver alterações e retornar às condições anteriores, de maneira a restabelecer a normalidade. Mendonça (2010) argumenta que em parte considerável dos países subdesenvolvidos não se deve adotar medidas que retornem ao estado anterior à ocorrência de um desastre, uma vez que:

[...] as condições pré-existentes de grande parte das populações e cidades dos países não desenvolvidos já são extremamente excludentes, injustas e degradadas antes mesmo da ocorrência de qualquer evento adverso ou extremo – *hazards*. Muitas das situações pré-existentes constituem realidades compostas, em si mesmas, de total risco e vulnerabilidades diversas a eles, não sendo recomendado o retorno às mesmas (MENDONÇA, 2010, p. 158).

Com isso, não se deve restringir a resiliência a capacidade de restabelecimento de um sistema, mas deve-se buscar uma situação de melhor bem-estar em relação ao estado pré-existente. Posto isto, afirma-se que a redução da vulnerabilidade é o caminho mais eficaz para a minimização dos riscos de desastres, haja vista que muitos dos fenômenos naturais têm intensidades que escapam a capacidade de intervenção humana.

Além disso, mudanças na cadeia estrutural da vulnerabilidade não afetam apenas ao estado de fragilidade aos processos naturais a que está submetida uma população, mas atingem, sobretudo, as condições de vida ao garantir a melhoria das condições de bem-estar (Figura 14 e 15).

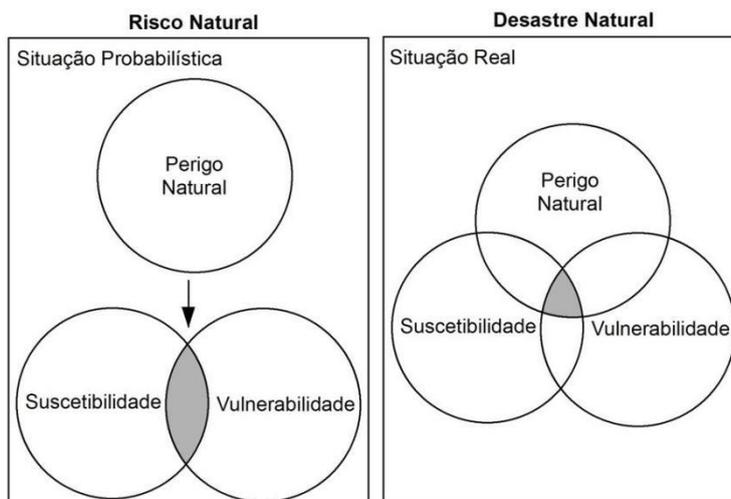


Figura 14 - Diferenças conceituais entre riscos e desastres naturais.
Fonte: ROMERO; MARKREY, 1993.

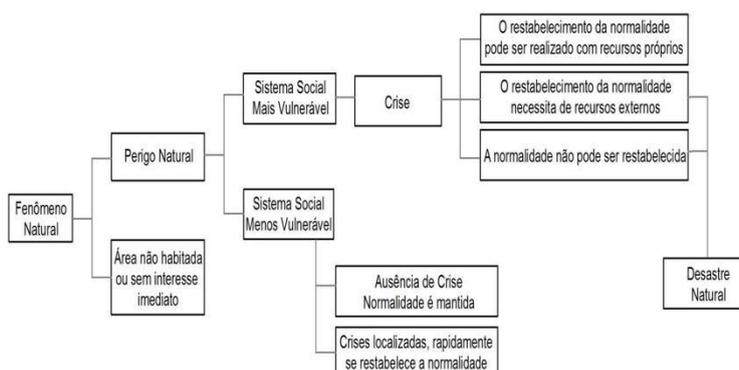


Figura 15 - Gênese dos desastres naturais.
Fonte: ROMERO; MARKREY, 1993.

No cenário municipal de Angra dos Reis é de suma importância analisar a historicidade das ameaças dada sua complexidade aos perigos naturais como: inundação, ventos fortes e deslizamentos de terra; perigos tecnológicos como o risco nuclear pela existência das Usinas, risco de plantas industriais como Estaleiro Verolme e Petrobrás/Transpetro; e das consequências do aumento da vulnerabilidade diante do crescimento populacional ocorrido nas últimas décadas (Tabela 4 e 5). Segundo Bankoff et.al. (2004) perguntar por que os desastres acontecem é uma questão política, mas entender porque eles ocorrem é uma questão social e histórica. Assim, a condição presente nada mais é do que os resultados dos fatores do passado que podem determinar se uma ameaça se transformará em um desastre.

Tabela 4 - Número de ocorrências de desastres naturais na região da Costa Verde - total do período de 2000 a 2012

Município	Inund	Desl	Inund+Desl	Vend	Gran	Est	Ress	IncF	Total	SE	ECP
Angra dos Reis	12	10	1	1	-	-	-	-	24	1	2
Paraty	2	-	2	-	-	-	-	-	4	2	-
Itaguaí	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mangaratiba	8	4	4	7	-	-	1	-	24	1	-
Rio Claro	-	4	2	-	-	-	-	-	6	4	-

Fonte: Dados da Defesa Civil organizados e analisados neste estudo. Inund = Inundações; Desl = Deslizamentos; Inund+Desl = Inundações e Deslizamentos; Vend = Vendavais; Gran = Granizos; Est = Estiagens; Ress = Ressacas; IncF = Incêndios florestais. SE - situação de emergência e ECP - estado de calamidade pública, reconhecidos em decretos estaduais e/ou portarias federais. Obs.: O traço (-) significa ausência de ocorrência do tipo de desastre.

Tabela 5 - Número de ocorrências e danos humanos na região da Costa Verde por grupo de desastres - total do período de 2000 a 2012

Município	Grupo/tipo de desastre	Ocorrências	Fora de casa	Mortas	Afetadas	SE	ECP
Angra dos Reis	Inund	12	2.008	0	33.740	1	0
	Desl	10	3.275	52	158.886	0	1
	Inund-Desl	1	2.244	35	2.485	0	1
	Vend	1	0	0	3.000	0	0
	Subtotal	24	7.527	87	198.111	1	2
Paraty	Inund	2	1.979	0	27.300	0	0
	Inud-Desl	2	1.186	0	35.606	2	0
	Subtotal	4	3.165	0	62.906	2	0
Mangaratiba	Inund	8	5.285	0	27.215	0	0
	Desl	4	19	0	1.819	0	0
	Inund-Desl	4	452	0	4.261	1	0
	Vend	7	76	0	36.550	0	0
	Ress	1	2	0	40	0	0
	Subtotal	24	5.834	0	69.885	1	0
Rio Claro	Desl	4	158	0	657	2	0
	Inund-Desl	2	196	0	4.017	2	0
	Subtotal	6	354	0	11.113	1	0

Fonte: Dados da Defesa Civil, organizados e analisados neste estudo. Inund = Inundações; Desl = Deslizamentos; Inund+Desl = Inundações e Deslizamentos; Vend = Vendavais; SE - situação de emergência e ECP - estado de calamidade pública, reconhecidos em decretos estaduais e/ou portarias federais. Fora de casa = desalojadas, desabrigadas e/ou deslocadas.

Angra dos Reis situa-se em uma região de alta suscetibilidade a deslizamentos e inundações, decorrentes dos elevados acumulados de chuva (acima de 2.000 mm/ano)

em relevo montanhoso muito próximo a planícies flúvio-marinhas naturalmente alagáveis. Assim, pode-se supor que o maior número de ocorrências de desastres em Angra dos Reis tem uma relação mais estreita com o grau de exposição e vulnerabilidade da população do município, tendo-se em conta que, conforme o último Censo (IBGE, 2010), a população de Angra dos Reis (cerca de 170 mil habitantes) está concentrada no perímetro urbano (86%).

Como fator agravante para a vulnerabilidade da população de Angra dos Reis, o IBGE identificou, no Censo de 2010, que 37% da população urbana do município residem em áreas denominadas como “aglomerados subnormais”, que são bairros sem infraestrutura urbana mínima e, portanto, mais vulneráveis aos impactos das chuvas intensas.

2.2 Ritmo Climático

Os riscos naturais têm como elemento motivador as chuvas, por isso é fundamental o conhecimento da distribuição espacial e temporal da precipitação, de modo a entender os diferentes ritmos associados à população e aos eventos de grande concentração pluviométrica.

Segundo Nimer (1979), existem diversos fatores que atuam na magnitude e distribuição da precipitação na região da Costa Verde, os quais podem ser classificados em estáticos e dinâmicos. Dentre os fatores estáticos, relacionados às condições geográficas da área destacam-se: 1) a posição latitudinal, que propicia melhores condições à evaporação, pois a zona tropical recebe forte radiação solar; 2) a posição na borda ocidental do oceano, pois a existência de superfícies líquidas é outra pré-condição do processo de evaporação. Além disso, a proximidade marítima facilita a existência de núcleos de condensação formados por sais higroscópicos, favorecendo a formação de nuvens; 3) a topografia bem acidentada – orientada no sentido WSW-ENE- aumenta a turbulência do ar, pela ascendência orográfica, principalmente durante a passagem de perturbações atmosféricas.

Os fatores dinâmicos são mecanismos atmosféricos que interferem nos fatores estáticos. Na região, os principais são: 1) atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), que durante o inverno alcança o sudeste do Brasil (REBOITA et.al., 2010), inibindo movimentos ascendentes de ar, e, portanto, a formação de nuvens e precipitação; 2) os eventos causadores de precipitação como a Zona de Convergência do

Atlântico Sul (ZCAS), os Sistemas Frontais (SF), as Linhas de Instabilidade (LI), os complexos convectivos de mesoescala (CCM) e as brisas.

A conjugação destes fatores dinâmicos alia-se às características físicas da escarpa da Serra do Mar, com suas grandes altitudes, que ultrapassam 1.000 m, quase perpendiculares ao escoamento médio da baixa troposfera, criando microclimas locais, e produzindo na região da Costa Verde um dos maiores totais pluviométricos anuais do território fluminense.

Embasado nas teorias, conceitos e abordagens descritas no subitem 2.1, o estudo proposto busca verificar em quais condições e escalas temporais pode haver igualdade ou diversidade, harmonia e perturbações entre os ritmos da natureza e da sociedade na formação de riscos socioambientais e na ocorrência de desastres naturais do tipo deslizamento de terra e inundações.

Na perspectiva em que os ritmos são tratados como flutuações físicas e/ou biológicas, as interações com os ritmos das organizações sociais e econômicas contidas no ambiente encontram-se dialeticamente contido no espaço. Portanto, os conceitos de ritmo, produção e apropriação da natureza, é uma possibilidade de melhorar a compreensão da totalidade das interações entre os fenômenos físicos, biológicos, sociais e econômicos.

O holorritmo interage na paisagem, gerando diversificações em função da variação quantitativa dos atributos locais. Cada paisagem tem um ritmo próprio de acordo com a sua forma natural e a derivação antrópica (natureza do espaço), mas está sempre conectada ao conjunto de relações e entre estas, o clima em seu ritmo.

Esse conceito aborda a totalidade dos ritmos a partir da interação dos ritmos climáticos com outras esferas, conforme sugere Denise Sette (2000), ou seja, o holorritmo refere-se a uma concepção holística do espaço geográfico, que procura compreender as interações entre os fenômenos físicos, biológicos e sociais que estão indissolúvelmente ligados, do menor ao maior táxon.

Parte do pressuposto de que ritmo, nos variados sentidos é movimento, e, quando se trata de clima, se traduz como dinâmica climática, que se repete a intervalos regulares (estação do ano) ou não, numa sucessão de eventos habituais ou anômalos (disritmias), no conjunto fluente (atmosfera) e sua interação com os ritmos de outras esferas (biosfera, hidrosfera, antroposfera). A totalidade dos ritmos, nos espaços sensíveis quanto à duração e a acentuação (espaço/lugar e espaço/tempo), agrupamento de valores, as medidas, conferido a cada trecho (lugar ou período), a marcação de tempo

própria a cada tipo de tempo (pulsção). O conjunto de atributos e controles climáticos que caracteriza o clima em cada lugar marca o ritmo e compõe a paisagem.

Apesar do conceito de holorritmo ser extremamente amplo e aparentemente intangível, vem sendo desenvolvido e aplicado, principalmente a partir da tese de livre docência de Tarifa (2001), sobretudo para este estudo, o embasamento teórico parte de teorias elaboradas por Monteiro (1991), sobre a análise rítmica em climatologia, e Lefebvre (1992), sobre *rythmanalyse*, consonante a ideia de ritmo enquanto forma de análise e entendimento de processos tão dinâmicos quanto o clima e as práticas sociais.

Monteiro (1991) elabora a Análise Rítmica em Climatologia a partir da crítica e do desenvolvimento do conceito de clima desenvolvido por Max Sorre na metade do século passado, lançando um novo paradigma para o estudo do clima a partir do ritmo. Considerando-se o clima como um fenômeno geográfico, a análise rítmica climatológica contrapõe-se a concepção abstrata e irreal do clima como um estado médio da atmosfera e busca investigar o mecanismo sequencial dos diferentes tipos de tempo permitindo a historicidade e espacialidade do clima.

Nessa investigação destacam-se as peculiares irregularidades, e os extremos do clima que, longe de serem exceções, se constituem em eventos de imensa importância aos processos de interação geográfica, uma vez que repercutem mais sensivelmente nas atividades humanas (MONTEIRO, 1971; 1991).

Consideram-se extremos climáticos todos aqueles eventos que a partir da definição de “anos-padrão”⁵, representam os diferentes graus de proximidade do ritmo habitual, ao lado daqueles afetados por irregularidades na circulação atmosférica decorrente dos diferentes graus de distorções, gerados pelas variações e desvios do ritmo climático, promovendo desastres e impactos no território.

Monteiro (1991) considera que uma primeira definição válida para o conceito de ritmo climático parte da análise das variações anuais percebidas através das variações mensais dos elementos climáticos. Por sua vez, Lefebvre (1992) considera a análise dos ritmos como um novo domínio do saber, muito mais do que uma teoria. O autor sugere que o estudo do ritmo (dos ritmos) pode ser realizado com a adoção de conceitos e categorias definidas, partindo conscientemente do abstrato para entender o concreto. No entendimento do ritmo, certos conceitos muito amplos têm, contudo, uma especificidade: citam imediatamente a repetição.

⁵ Entende-se “anos-padrão” como uma estratégia metodológica para identificar anos representativos de fenômenos que eventualmente desencadearam extremos.

Não existe ritmo sem repetição no tempo e no espaço, sem reprises, sem retornos, resumidamente, sem cadências. Mas não há repetição absoluta que a identifique indefinidamente. Há sempre o imprevisto, do novo que se introduz no repetitivo: a diferença. A repetição não exclui as diferenças, porém ela as gera, ela as produz. Em algum momento o fenômeno que vem ou veio ocorrer em relação à sequência ou série produzida repetitivamente, ocorrerá de modo diferente.

Enquanto método, a análise compreende um tripé de abordagens: melodia, harmonia e ritmo, que não conduz a uma síntese. A ritmanálise consiste, portanto, essencialmente, na aplicação dos seguintes conceitos: isorritmia (igualdade de ritmos) e polirritmia (diversidade de ritmos); eurritmia (harmonia de ritmos) e arritmia (perturbação dos ritmos).

Dialogando com Monteiro (1971) e Lefebvre (1992), os princípios da geografia socioambiental apresentados por Mendonça (2002) ressaltam a análise da imbricada relação entre a dinâmica da natureza e a dinâmica dos processos sociais envolvidos em sua apropriação, alteração e, conseqüentemente, na formação e identificação dos riscos.

Mendonça (2002) levanta a discussão sobre os diferentes ritmos: o ritmo dos processos da natureza e o ritmo da sociedade para melhor compreender os problemas ambientais urbanos. Prontamente somos levados a assumirmos o tempo da natureza como lento e o tempo da sociedade como o rápido, principalmente nessa fase tecnológica em que vivemos. Sobretudo nem todo fenômeno natural é lento e nem toda dinâmica social se dá de forma rápida.

Ritmos lentos e ritmos velozes são, sobretudo, condições relativas do estado momentâneo de cada fato ou fenômeno. Um evento catastrófico, por exemplo, se apresenta em um ritmo veloz ao mesmo tempo em que a sociedade desprovida de tecnologia vive a mercê do tempo lento. Essa sociedade que vive no tempo lento torna-se mais vulnerável aos impactos e riscos dos fenômenos ligados ao tempo rápido da natureza. Em contrapartida a classe alta da sociedade, pelo seu poder econômico e tecnológico, vive a impressão de controlar o tempo e a natureza (MENDONÇA, 2002).

Qualquer irregularidade no regime das precipitações pode afetar a vida da sociedade, segundo o modo como os indivíduos lidam com suas habitualidades e excepcionalidades. No caso de ocorrência de eventos como enchente e os deslizamentos de terra, por exemplo, se vinculam à forma como o espaço foi construído e planejado, e podem promover transtornos graves à vida social, caso as pessoas não estejam

preparadas a lidar com a ocorrência de eventos extremos. Mas afinal, o que pode ser considerado extremo?

Uma ocorrência extrema de tempo atmosférico, segundo o IPCC (2001), refere-se a um evento que é raro dentro de sua distribuição de referência estatística em um lugar particular. Por definição, as características do que é chamado clima extremo pode variar de lugar para lugar. Portanto um evento climático extremo pode ser entendido como o “ponto fora da curva”, que, no entanto se repete em certa temporalidade, o que enfatiza o paradigma de ritmo mesmo para as excepcionalidades.

Essa definição ressalta o caráter estatístico de um evento excepcional, e reforça uma dimensão geográfica quando sugere que as características do que é chamado extremo de tempo podem variar de lugar para lugar, ou seja, de acordo com as características da dinâmica do arranjo espacial de cada área. A temporalidade do evento climático extremo é outro ponto fundamental de ser entendido, uma vez que, a relação existente entre a magnitude e a duração do fenômeno é um fator determinante para caracterizá-lo ou não como excepcionalidade.

Uma anomalia climática extrema se caracteriza ainda como perturbações de curto prazo, ou seja, variações que ocorrem por um período determinado, voltando posteriormente ao seu estado habitual, do contrário haveria uma mudança climática, e não um evento.

2.3 Eventos Extremos de Tempo e Eventos Extremos de Clima

Os eventos climáticos extremos caracterizam-se por serem altamente dinâmicos e são causados por um rompimento na variabilidade natural do ritmo. Esses eventos geram graves consequências para a população. Segundo Monteiro (1991), a sociedade tem se organizado desconsiderando o ritmo e a variabilidade natural dos sistemas atmosféricos, tomando como parâmetro apenas os seus estados médios.

O Relatório Espacial sobre Gestão dos Riscos de Extremos Climáticos e Desastres – SREX analisa como os sistemas climáticos, fatores humanos e o meio ambiente interagem para influenciar os impactos dos desastres e gerenciamento de risco, e as opções de adaptações. Para isso considera os efeitos da mudança do clima sobre os eventos extremos, desastres e o gerenciamento de risco de desastres (IPCC, 2012).

Segundo o Relatório Especial (IPCC, 2012), um evento é definido como a ocorrência de um valor de uma variável de condição meteorológica ou clima acima ou

abaixo de um valor limite, perto das extremidades “caudas” superiores ou inferiores da faixa de valores da variável observada. Consolidando essa definição, Cameron et.al. (2012) afirmam que um clima em mudança provoca alterações na frequência, intensidade, extensão espacial e duração de extremos das condições meteorológicas e climáticas, podendo resultar em eventos sem precedentes. Os eventos climáticos podem ainda ser classificados em usuais e extremos.

Barbosa (2008) define eventos usuais como os episódios registrados com maior frequência (média) possibilitando uma melhor absorção pelas sociedades e um planejamento de adaptação ao seu ritmo natural. Tais eventos, também são definidos como aqueles que não se afastam significativamente do desvio-padrão, com uma frequência alta em qualquer escala temporal de ocorrência (GONÇALVES, 2003).

Há evidências de que eventos extremos tais como seca, enchentes, onda de calor e de frio, furacões e tempestades têm sido mais frequentes ou mais intensos, e têm impactado tanto os sistemas humanos quanto os ecossistemas, além de provocar perdas em diversos setores econômicos e vidas em várias partes do planeta.

Com base nos números registrados pelo *Emergency Events Database* (EM-DAT) do *International Disaster Database*, nos últimos anos ocorreu um aumento exponencial da frequência e intensidade de desastres causados por eventos extremos (EM-DAT, 2012). E os resultados do SREX, para o Brasil, confirmam esse aumento com as observações dos dados de temperatura e precipitação referentes ao período de 1961 a 1990, revelando também as mudanças projetadas para o período de 2071 – 2100.

Avalia-se que os desastres naturais mais comuns que ocorrem no Brasil são os relacionados com os eventos hidrológicos, as enchentes, seca, erosão e escorregamentos ou deslizamentos de terra (MARENGO, 2007; BRASIL, 2007). Barbosa (2008) destaca a possibilidade de ocorrência de uma aceleração do ciclo hidrológico, gerando intensificação de eventos extremos climáticos. Com isso, eventos como deslizamentos de terra, inundações e vendavais podem tornar-se mais frequentes e intensos, principalmente nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, enquanto o quadro de desertificação pode agravar-se na região Nordeste.

Eventos extremos como secas ou enchentes severas alteram consideravelmente as características habituais de uma dada região, desde a física, movimentando massas e redistribuindo algumas características da paisagem, como a social, por exemplo, causando grandes transtornos sociais, como no caso dos longos períodos de estiagem no sertão.

As relações entre os eventos extremos positivos e negativos das chuvas resultam em impactos que provocam muitos problemas para a zona rural e urbana. Tais impactos revelam tamanha vulnerabilidade da sociedade frente aos fenômenos climáticos. Monteiro et.al. (2012) afirmam que as populações urbanas geralmente são mais atingidas quando as chuvas são intensas, apresentando anomalias positivas, enquanto que as rurais quando as chuvas são escassas, as anomalias negativas.

Numa abordagem conceitual sobre os eventos extremos de precipitação, Sarewitz et.al. (2000) tratam estes fenômenos como sendo ocorrências que apresentam uma incidência rara, distanciando-se da média, variando em sua magnitude. Porém, essa perturbação ocorre por um período determinado, voltando posteriormente ao seu estado habitual.

Em termos meteorológicos ou climatológicos, grandes desvios de um estado climático moderado, definidos como eventos extremos, ocorrem em escalas que podem variar desde dias até milênios. Porém, o mais importante para as atividades humanas, entretanto, talvez sejam os eventos extremos a curto prazo (relacionados ao clima), devido ao seu potencial de impactos significativos.

Os eventos climáticos e meteorológicos extremos também são um aspecto integrante da variabilidade climática, e sua frequência e intensidade podem variar de acordo com a mudança climática. Diferenciando-se de evento extremos, um desastre natural, pode ser decorrente de atividades humanas, como o desmatamento de encostas próximas a áreas urbanas ou construções em áreas de risco, que pode intensificar as consequências de chuvas fortes. As chuvas dificilmente causam a morte de pessoas por si só, mas os deslizamentos deflagrados por elas em áreas próximas a leitos de rios ou abaixo de inclinações desmatadas podem causar danos às populações.

Do ponto de vista social, eventos extremos são aqueles que provocam impactos extremos, ou seja, são aqueles que envolvem risco (mortes, desabrigados, danos materiais). Tem relação direta com a vulnerabilidade e a resiliência. Uma das mais importantes questões relacionadas a eventos extremos a curto prazo é se sua ocorrência está aumentando ou diminuindo com o tempo, isto é, se há uma tendência a cenários propícios à ocorrência desses eventos.

A variabilidade e as mudanças na intensidade e frequência de eventos extremos dependem não apenas da taxa de mudança no meio de uma determinada variável, mas também da ocorrência de mudanças nos parâmetros estatísticos que determinam a distribuição daquela variável. A análise de tendências mais complexa é a da

precipitação extrema, devido ao baixo grau de correlação entre os eventos de precipitação. Assim, estimativas confiáveis de tendências em eventos de precipitação extrema são possíveis somente para regiões com redes densas, que permaneçam estáveis ao longo do tempo.

A falta de observações climática a longo prazo de alta qualidade e homogêneas, ou a dificuldade de acesso a bases de dados, muitas das quais nas mãos de instituições governamentais em várias partes da América do Sul é o maior obstáculo para a quantificação das mudanças extremas durante o século passado (HAYLOCK et.al., 2006).

Outro aspecto abordado por Monteiro et.al. (2012) é que a chuva é uma variável aleatória e o valor de sua altura acumulada (em milímetros) não poderá ser previsto com uma exatidão determinística. Na verdade, ele será de natureza probabilística, ou seja, pode-se atribuir uma probabilidade para que a altura da chuva fique compreendida entre dois limites arbitrariamente escolhidos.

Diversos são os parâmetros e aspectos relacionados à classificação desses eventos, dentre eles, mencionam-se os atributos de quantidade de chuva em um intervalo de tempo e abrangência espacial desta chuva. Porém, há uma grande dificuldade entre os pesquisadores em determinar limiares para os eventos extremos, afirma Monteiro et.al. (2012). Isso se deve à dificuldade de estabelecer valores (em milímetros) confiáveis para regiões com características pluviométricas e climáticas diferenciadas em todo o país e a partir de que montante pode ser considerado um evento extremo.

3. Materiais e Métodos

3.1 Dados Pluviométricos

Os dados pluviométricos diários foram extraídos do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), por meio do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP); da Agência Nacional de Águas (ANA), por meio do portal HIDROWEB; da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), por meio do portal AGRITEMPO; e do *National Oceanic and Atmospheric* (NOAA). Esses dados são referentes ao período de janeiro de 2001 a dezembro de 2016. Trata-se de cinco estações meteorológicas convencionais e sete pontos TRMM distribuídos ao longo dos municípios de Paraty, Angra dos Reis, Mangaratiba, Rio Claro, Bananal e Cunha (Tabela 6). Este período justifica-se por ser uma série coincidente entre as estações selecionadas na área de estudo, incluindo a ocorrência dos três eventos com grande destaque na mídia pela intensidade e danos causados, em Angra dos Reis e adjacências.

O procedimento metodológico foi dividido em cinco etapas que serão descritas separadamente a seguir, no entanto, a pesquisa se apoiou na união das respostas de cada uma para construir os resultados:

- 1) **Consistência do banco de dados e preenchimentos das falhas:** dentre as doze estações/pontos selecionados para o estudo (Tabela 6), dados faltantes foram encontrados apenas nas estações Angra dos Reis e Bracuhy ao longo do período de 2002 e 2013. Para a aplicação e validação da técnica de preenchimento de falhas utilizaram-se os dados diários de precipitação das estações/pontos Vila Mambucaba e TRMM. 951.
- 2) **Consistência do banco de dados e a espacialização da precipitação:** esta etapa se encarregou do uso de técnicas de geoestatísticas para identificação da distribuição espacial da precipitação. Foi realizada a partir de dados diários da série histórica de 2001 a 2016 com todas as doze estações/pontos selecionados para o estudo, sendo essa fase diretamente dependente da execução bem sucedida da primeira etapa, ou seja, do preenchimento das falhas.
- 3) **Análise Sinótica:** baseou-se na análise das Cartas Sinóticas da Marinha para observar o desempenho da atmosfera nos dias dos eventos severos com grande destaque na mídia (10/12/2002, 01/01/2010 e 04/01/2013).

- 4) **Definição dos Eventos Extremos de Precipitação:** esta etapa fez uso dos dados diários da série histórica 2001 a 2016 com todas as doze estações/pontos selecionados para o estudo e baseou-se na metodologia de Lyra e Garcia (2006) – distribuição de probabilidade, percentil 95.
- 5) **Espacialização da Vulnerabilidade Social:** trata-se de uma análise qualitativa da vulnerabilidade a partir do Índice de Condição de Vida e Saúde – ICVS proposto por (FARIAS, H.S, 2012).

Os dados de precipitação pluvial do satélite TRMM produto 3B43 fornece dados com resolução espacial de aproximadamente 30 km e resolução temporal mensal (TRMM, 2014), sobretudo os dados coletados encontram-se convertidos em valores diários pelo banco de dados do qual foram extraídos. Sua utilização se justifica a partir de outros estudos.

Alguns trabalhos, que serão mencionados a seguir, que utilizam dados do TRMM vêm se destacando pela validação dessas estimativas comparando-as com dados observados, além da sua aplicabilidade nas mais variadas atividades humanas, incluindo agricultura e uso e ocupação do solo.

Amparando-se nessas aplicabilidades, Costa e Souza (2012) avaliaram a qualidade das estimativas do TRMM para subsidiar na avaliação da mudança no uso do solo em Ourém, no Pará. A partir da confirmação da boa qualidade estatística das estimativas, os autores conseguiram identificar as variações espaciais no uso do solo, a partir dos dados de precipitação.

No que tange a utilização das estimativas para avaliação agrometeorológica, Fuzzoo et.al. (2015) avaliaram a qualidade dos dados do satélite e verificaram que a sua acurácia e resolução espacial permitem o seu uso como dados de entrada para modelagem de produtividade de soja no estado de São Paulo.

Esses trabalhos corroboram com outros autores que analisaram os dados do TRMM para outros locais, como Conti (2002), Araújo e Guetter (2005), que compararam estimativas de satélites de órbita baixa com medições de solo em pequenas bacias do estado do Paraná, concluindo que há boa aderência das estimativas.

Recentemente, Collischonn et.al. (2006) mostraram que a estimativa de precipitação do satélite TRMM é bastante precisa quando comparada com dados de solo na bacia do alto São Francisco. Além de dar bons resultados, a estimativa de satélite

pode ajudar a identificar pluviômetros com problemas na leitura ou mal localizados, constituindo-se em ferramenta para consistência de dados.

Tabela 6 - Estações Meteorológicas Convencionais e TRMM Utilizados

UF	Município	Nome	Código	Latitude	Longitude	Altitude	Operador
RJ	Angra dos Reis	TRMM. 951	90022401	- 23.0	- 44.25°	1172	EMBRAPA
		Bracuhy	2244149	- 22.94	- 44.4°	70	NOAA
		V. Mambucaba	2344016	- 23.03	- 44.52°	0	NOAA
	Mangaratiba	Marambaia	9000396	- 23°03'	-43°36'	7	NOAA
	Paraty	Paraty	9000542	- 23°13'23.88"	- 44°43'36'12"	3	INMET
		TRMM.906	9002133	-23°15'	-44°45'	395	NOAA
		TRMM.950	9007247	- 23°00'	-44°45'	1275	NOAA
		Trindade	9000221	-23°18'	-44°36'	835	NOAA
	Rio Claro	TRMM.997	9002440	-22°45'	-44°15'	1219	NOAA
		TRMM.998	9002441	-22°45'	-44°00'	8	NOAA
SP	Bananal	TRMM.996	9002439	- 22°45'	- 44°30'	1332	NOAA
	Cunha	TRMM.949	9002400	-23°00'	- 45°00'	1175	NOAA

Fonte: ¹NOAA, ²INMET, ³EMBRAPA

Utilizando-se do *software* Excel, os dados pluviométricos das estações foram organizados em tabelas: a primeira com o total anual de chuvas, extraindo-se a média e o desvio padrão, destacando os anos mais chuvosos em azul e mais secos em vermelho; e a segunda com os registros máximos de chuva em 24 horas, em cada ano, destacando os registros mais elevados da série, aqueles que ficaram além do desvio padrão foram destacados em azul, no período de 2001 a 2016.

A análise das tabelas foi dificultada, pois os dados são disponibilizados segundo o total acumulado a cada dia, impedindo concluir em termos de intensidade de chuva horária, como também, muitas vezes, segmentando em dois dias eventos chuvosos de grande intensidade que iniciam a noite e prolongam-se pela madrugada.

3.2 Modelagem Espacial: A consistência do banco de dados e o preenchimento das falhas

A maioria das séries temporais instrumentais é afetada por certa proporção de dados faltantes. As razões dessa falta de dados são diversas, como por exemplo, interrupções ocasionais de estações automáticas, mau funcionamento dos instrumentos de

medição, reorganização das redes de estações, entre outros. Uma forma de evitar lidar com esse tipo de dificuldade é excluir os períodos com dados faltantes das análises ou ignorar o problema, se a informação que pode ser relevante para a análise dos dados não for comprometida no resultado final.

Várias técnicas têm sido desenvolvidas nas últimas décadas para tratar do problema de dados faltantes em séries temporais meteorológicas mensais ou anuais. No entanto, o uso destas técnicas em banco de dados com uma resolução temporal maior, por exemplo, na escala diária, costuma ter erros de imputação grandes. Técnicas para manipular dados faltantes na escala diária são, de fato, escassos na literatura, além de pouco conhecidos pela maioria dos pesquisadores de áreas mais aplicadas.

Além das técnicas advindas da estatística, nas últimas décadas tem-se verificado um avanço em suplementar as falhas existentes no banco de dados climatológicos por diferentes meios como o sensoriamento remoto, inteligência artificial, lógicas computacionais e redes neurais. Os resultados gerados têm apresentado soluções interessantes e quando avaliados atestam a eficácia e confiabilidade de diferentes técnicas para o preenchimento de falhas.

Chibana et.al. (2005) demonstrou que é possível realizar o preenchimento de falhas utilizando-se de dados de uma estação meteorológica próxima, com o auxílio do software CLIMA (2005). O autor comprovou, com este estudo, que com o auxílio computacional é possível simular estimativas aceitáveis do ponto de vista estatístico (regressão linear e coeficiente de determinação), especialmente para as temperaturas com o input dos dados médios do dia anterior e posterior à falha.

Ventura (2012) também utilizou rotinas computacionais para inferir simulações em seu conjunto de dados. O autor definiu e aplicou metodologias de algoritmos genéticos, próprias da inteligência artificial e redes neurais, para a estimação de dados climatológicos. De acordo com os dados coletados em estações micrometeorológicas o pesquisador selecionou alguns atributos para o cálculo do preenchimento de falhas e, seguidamente, começou a treinar a rede neural, executando-a a fim de estimar os valores pretendidos para o preenchimento.

As pesquisas realizadas por Nascimento et.al. (2010), aplicadas para o estado do Amazonas, e de Silva et.al. (2012), desenvolvidas para o estado da Paraíba, também trazem outras formas de preenchimento de falhas. Em ambos os trabalhos os autores utilizaram valores obtidos por teledetectação e reanálise para preencherem as ausências de dados em

locais, que por falhas na compilação e/ou escassez meteorológicas, não puderam ser obtidos.

Com um viés quantitativo e comprovando a eficiência de técnicas estatísticas para a estimativa de dados meteorológicos e climáticos, alguns autores publicaram trabalhos de comparação e testes de simulação de falhas em diversas pesquisas no Brasil e no mundo.

No Rio Grande do Sul, Fernandez (2007), comparou diferentes técnicas estatísticas de preenchimento de falhas de dados climatológicos (temperatura máxima, mínima, médias, umidade relativa e precipitação). Foram simuladas falhas e comparados os métodos de regressão múltipla, média simples, steurer, média de três estações, proporção normal e análise harmônica. Segundo o autor, os melhores resultados de preenchimento pelo viés estatístico foram obtidos a partir das técnicas de regressão múltipla, Steurer e média de três estações.

Para o estado de Goiás a pesquisa comparativa realizada por Oliveira et.al. (2010) também testou a eficiência de algumas técnicas estatísticas de preenchimento de falhas, como ponderação regional, regressão linear, regressão potencial, ponderação regional com base em regressões lineares e vetor regional. Para o método de vetor regional foram admitidas mais cinco combinações de testes com os resultados dos outros testes supracitados. Estas aplicações foram utilizadas para seis estações pluviométricas com séries históricas de 22 anos.

Com os resultados os autores concluíram que os melhores testes que demonstraram as maiores similaridades com os dados reais foram obtidos pela técnica de regressão linear, seguido pelas técnicas que combinavam vetor regional e regressão potencial e em terceiro lugar a ponderação regional.

Eischeid et.al. (1995 e 2000) realizaram testes para preenchimento de falhas utilizando seis técnicas de interpolação de dados com estações meteorológicas próximas (relação normal, inverso da distância, interpolação ideal, de regressão múltipla, melhor estimador único, mediana). Nesta pesquisa o método de maior eficiência foi à regressão múltipla ao qual, posteriormente, foi constatado como o que teve os maiores coeficientes de correlação para as temperaturas e para as precipitações.

Ainda seguindo este viés estatístico outros trabalhos de aplicação e comparações de testes podem ser indicados. Destaca-se a pesquisa desenvolvida por Moscatti et.al. (2000), o qual utilizou a metodologia do Valero et.al. (1996) para estimação de dados climatológicos da costa-sul-sudeste do Brasil; Fante e Sant'Anna Neto (2013) que

testaram e compararam as técnicas de regressão linear e ponderação regional para falhas simuladas da estação meteorológica de Piracicaba/SP; e, Alexandre (2009), para a região metropolitana de Belo Horizonte/MG, ao qual embasado em Tucci (2001) pôde preencher o período de falhas de dados de chuvas com as técnicas de ponderação regional com base em regressões lineares.

Nestes casos supracitados a grande maioria dos métodos estatísticos de simulação de dados para preenchimento de falhas considera apenas a similaridade temporal dos dados e proximidade geográfica dos postos meteorológicos.

No entanto, autores como Pinto, Ortolani e Alfonsi (1972); Alfonsi, Pinto e Pedro Junior (1974); e Pinto e Alfonsi (1974), formularam outras técnicas que levam em consideração não apenas os fatores temporais, mas também fatores espaciais como a altitude, latitude e longitude.

Pinto, Ortolani e Alfonsi (1972), por exemplo, comprovaram melhores resultados para a estimativa das temperaturas médias mensais do estado de São Paulo quando consideraram fatores como a altitude e latitude.

Alfonsi, Pinto e Pedro Junior (1974), com a mesma metodologia também consideraram nas funções e equações matemáticas as informações de altitude e latitude para o trabalho de estimativa das normais mensais e anuais para o estado de Goiás.

Pinto e Alfonsi (1974), seguindo os mesmos procedimentos de estimar valores a partir de altitude e latitude, estimaram as temperaturas, desta vez, para o estado do Paraná e demonstram a importância de considerar esses elementos para a aquisição de dados simulados, mas, com grande semelhança ao dado real faltante. Nesta pesquisa além dos dados médios, os autores também calcularam equações específicas para valores de temperatura máxima, mínima, mensais e anuais.

A consistência do banco de dados se torna fundamental para o desenvolvimento de qualquer pesquisa. No presente estudo, a inconsistência no banco de dados foi verificada ao longo do período de 2002 a 2013, em duas estações meteorológicas convencionais (Angra dos Reis e Bracuhy) do município de Angra dos Reis representando 27,7%, tendo esse preenchimento sido aplicado na escala temporal diária (Tabela 7).

Tabela 7- Sinopse dos dados faltantes (%)

Estação	Precipitação
Angra dos Reis	26,42%
Bracuhy	0,75%
TRMM. 951	0%
Vila Mambucaba	0%

De acordo com os autores citados podemos perceber que existem diversas técnicas para o preenchimento dessas falhas, sendo o mais citado o método de regressão linear, regressão múltipla e média simples. Para o preenchimento das falhas utilizou-se o *software* livre R, para computação estatística e construção dos gráficos.

No ambiente R o processo para o preenchimento das falhas ocorreu em escala diária, para a série histórica de 2002 a 2013, para as estações meteorológicas convencionais, Angra dos Reis e Bracuhy, tendo sido dividido em cinco etapas sequenciais de desenvolvimento: pré-processamento dos dados; preenchimentos das falhas; validação da técnica de preenchimento das falhas; construção do banco de dados completo e análises estatísticas. A estação meteorológica Mambucaba e o ponto TRMM. 951 serviram como insumo de validação das técnicas utilizadas para o preenchimento.

I. Pré-Processamento dos Dados:

- Limpeza: eliminação de caracteres espúrios, padronização de formatos, redução de inconsistências, quantificação/visualização dos dados faltantes;
- Integração: compilação das informações a partir de bases de dados heterogêneas;
- Transformação: conversão de tipo (numérico → categórico ou vice-versa), suavização (remoção de ruídos), agrupamentos de valores em faixas, normalização de variáveis, criação de novos atributos, etc.
- Redução de dimensionalidade, discretização.

Na figura 16 podemos ver o resultado dessa primeira etapa: gráficos da série temporal (01/01/2002 a 31/12/2013) para as duas estações meteorológica selecionadas para o estudo e que apresentaram dados faltantes, junto com a estação Mambucaba e o

TRMM. 951 que serviram de apoio para a validação da técnica de preenchimento aplicada.

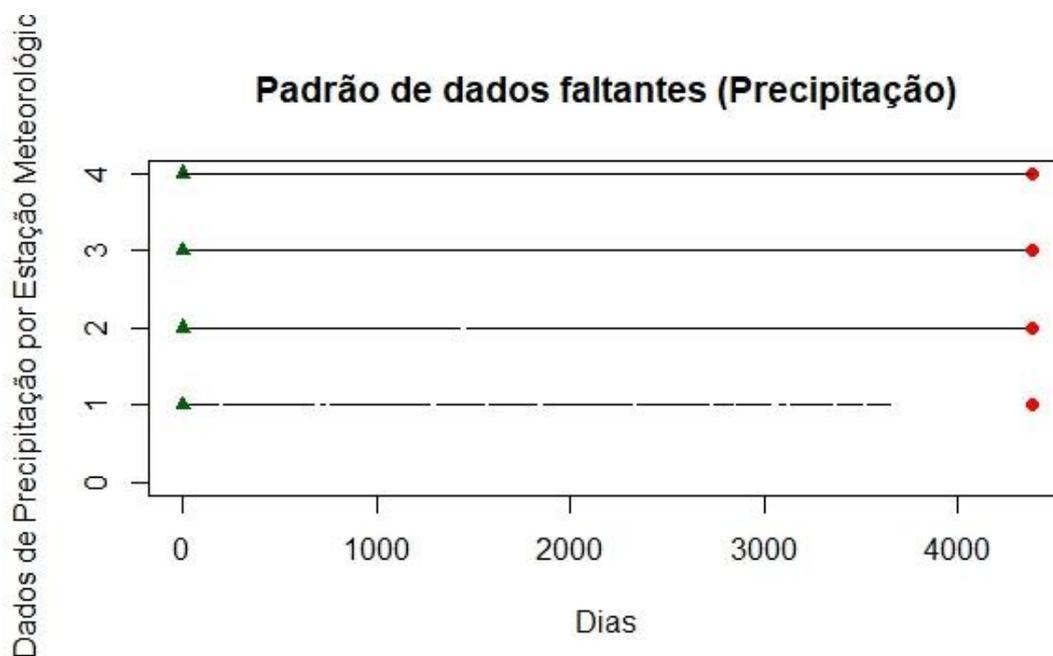


Figura 16 - Gráfico do Padrão dos dados faltantes (NAs). Legenda: Estação (1) - Angra dos Reis; Estação (2) - Bracuhy; Estação (3) - TRMM.951; Estação (4) - Vila Mambucaba.

O gráfico do Padrão de dados faltantes (NAs) mostra que das quatro estações analisadas, duas apresentam falhas nos dados ao longo do recorte temporal estudado (2001 -2016): são elas Angra dos Reis (1) e Bracuhy (2). Sendo assim se fez necessário o preenchimento dessas falhas observadas com o intuito de se construir uma série temporal com dados completos.

II. Preenchimento das falhas:

Foram avaliadas as seguintes abordagens estatísticas para o preenchimento de falhas diárias em banco de dados:

- *mtsdi (Multivariate time series data imputation)*: algoritmo para preenchimento de falhas em séries temporais normais multivariadas baseado no algoritmo EM, proposto por JUNGER, et.al. (2003). Além da estrutura de inter-relação entre estações levadas em consideração na matriz de covariâncias dos dados, o método

considera também a correlação temporal, através da modelagem independente das séries temporais em cada estação.

- *ppca (Probabilistic Principal components analysis)*: Proposto inicialmente por TIPPING & BISHOP (1999), é uma reformulação em termos de um modelo probabilístico da análise de componentes principais convencionais. A inferência é feita via máxima verossimilhança.
- *mice (Multivariate Imputation by Chained Equations)*: é um algoritmo de imputação múltipla proposto por VAN BUUREN et.al. (2006) em que o preenchimento dos dados faltantes é feito de forma iterativa considerando as densidades condicionais dos dados em cada estação.
- *Amelia II (HONAKER, 2010)*: é outro algoritmo de imputação múltipla de dados multivariados baseado em técnicas de *bootstrapping*.
- *RegEM (Regularized EM algoritm)*: também baseado no algoritmo EM, este método, proposto por SCHNEIDER (2001), realiza análises de regressão linear entre estações com dados faltantes e estações com dados disponíveis, em que os coeficientes de regressão são estimados via regressão penalizada (*ridge regression*).
- *CIDW (Modified correlation coefficient with inverse distance weighting method)*: é uma modificação ao método da distância inversa, amplamente usado para preenchimento de falhas em banco de dados meteorológicos, em que a ponderação é feita com base na correlação da estação “*target*” com os seus vizinhos mais próximos (TEEGAVARAPU et.al.2005). Por ser um dos métodos mais usados em dados meteorológicos este foi considerado como o método de referência para comparar com as cinco abordagens descritas anteriormente.

III. Validação da Técnica de Preenchimento das Falhas:

A avaliação de desempenho destas abordagens no preenchimento de dados faltantes diários foi realizada mediante um estudo de simulação que consistiu na criação de diferentes cenários, a partir da remoção de dados observados no banco de dados original, e na posterior medição do erro de imputação desses dados removidos obtido com cada um dos métodos utilizados.

Para a criação desses cenários foi considerado apenas o período cujas quatro estações apresentavam dados observacionais completos (01/01/2006 a 31/12/2011). A

partir desse conjunto de dados, foram gerados três cenários de imputação para a variável meteorológica – precipitação, removendo em cada um deles 5%, 10% e 20% de dados observados consecutivos, escolhidos aleatoriamente. O comprimento de cada um desses períodos de dados observados removidos foi de 200, 220 e 439 dias consecutivos para os cenários 1, 2 e 3, respectivamente.

Em todos os casos o preenchimento de falhas foi feito para todos os dados faltantes no período de interesse (01/01/2002 a 31/12/2013) e não apenas para aqueles removidos artificialmente. As medidas de erro usadas para comparar os resultados obtidos foram a raiz de erro quadrático (REQM), o erro absoluto médio (EAM) e o índice de correlação de Pearson. As análises foram feitas usando a linguagem de programação R e seus pacotes “*mtsdi*”, “*Amelia*”, “*mice*” e “*pcaMethods*”.

O desempenho das seis abordagens de imputação quando aplicadas à variável precipitação diária, apresenta bom desempenho em cinco técnicas estatísticas, com erros absolutos médios praticamente nulos e índices de Pearson perto de um ou um, indicando uma concordância muito boa entre dados observados (removidos) e preenchidos.

Sendo assim o método estatístico que melhor respondeu aos resultados e, portanto, o selecionado para o estudo foi a *mtsdi* (*Multivariate time series data imputation*) junto ao algoritmo EM⁶ que apresentou erros absolutos médios de 0,2 e índice de Pearson igual a 1. Já o método da distância inversa modificado apresentou o pior resultado, com erros maiores que das outras metodologias (Tabelas 8 e 9).

⁶ “*mtsdi*”: Imputação de dados multivariados de séries temporais – este é um método baseado em algoritmo EM para imputação de valores faltantes em séries temporais normais multivariadas. O algoritmo de imputação é responsável pelas estruturas de correlação espacial e temporal. Padrões temporais podem ser modelados usando um ARIMA (p,d,q), opcionalmente com componentes sazonais, uma spline cúbica não paramétrica ou modelos aditivos generalizados com covariáveis exógenas. Esse algoritmo é especialmente adaptado para dados climáticos com medições ausentes de vários monitores ao longo de uma determinada região.

Tabela 8 - Descrição dos dados de precipitação da estação Angra dos Reis (OMM: 83788)*, Estado do Rio de Janeiro, município de Angra dos Reis (2002-2013; N=4383 dias).

Estação	Valor mínimo	Mediana	Valor máximo	Média	Desvio-padrão	NA (n)	NA (%)
Dados originais							
Precipitação (mm)	0.0	0.0	142.90	4.92	12.59	1158	26,42%
Dados imputados							
Precipitação (mm)	0.0	0.39	176.48	4.89	12.16	0	0%

NA: dados faltantes.

(*) A estação meteorológica Angra dos Reis (OMM:83788) se encontra operante na latitude 23°01'00'' S, longitude 44 32' 00'' W e altitude de 3 metros acima do nível do mar. Referência: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>

(**) Na imputação, foi usado o pacote “mtsdi” e, também, dados de quatro estações diferentes, para cada variável de interesse.

Tabela 9 - Descrição dos dados de precipitação da estação Bracuhy (OMM: 2244149)*, Estado do Rio de Janeiro, município de Angra dos Reis (2002-2013; N=4383 dias).

Estação	Valor mínimo	Mediana	Valor máximo	Média	Desvio-padrão	NA (n)	NA (%)
Dados originais							
Precipitação (mm)	0.0	0.0	224.30	6.49	17.14	33	0,75%
Dados imputados							
Precipitação (mm)	0.0	0.0	224.30	6.51	17.13	0	0%

NA: dados faltantes.

(*) A estação meteorológica Bracuí (OMM: 2244149) se encontra operante na latitude 22,94° 00'00'' S, longitude 44,4° 00' 00'' W e altitude de 70 metros acima do nível do mar. Referência: <http://www.noaa.gov>

(**) Na imputação, foi usado o pacote “mtsdi” e, também, dados de quatro estações diferentes, para cada variável de interesse.

IV. Construção do banco de dados completo:

Ainda no *software* estatístico R após o preenchimento das falhas com os dados devidamente imputados e validados, construiu-se um novo banco de dados geográfico, agora contendo uma série temporal completa para o período de 2001 a 2016. Seguindo a linguagem de programação do *software* R, esse novo banco de dados foi construído no formato de dados - `data.frame` () - e salvo no formato de arquivo - `.csv` – podendo ser manipulado em diferentes tipos de *software* conforme necessidade.

V. Análise estatística:

Com os dados devidamente compilados foi possível desenvolver as análises estatísticas dos dados no próprio *software* R. Foram calculadas as estatísticas sumárias (valor mínimo, valor máximo, mediana, média, desvio-padrão, número de dados faltantes, percentual de dados faltantes), definiram-se as categorias de chuvas (ano – padrão, ano – seco e ano – úmido), calcularam-se os totais pluviométricos acumulados por período e traçou-se a linha de tendência para o comportamento climático da variável precipitação.

3.3 Modelagem Espacial: A consistência do banco de dados e a espacialização da precipitação

A fim de um melhor entendimento dos eventos de chuva e sua variabilidade utilizaram-se técnicas de geoestatísticas para identificação da sua distribuição espacial. Comparou-se os métodos de interpolação por IDW, RBF e KRG através de tratamentos estatísticos dos resíduos gerados pelos métodos de validação cruzada.

Os dados observados e calculados foram comparados a partir da média, desvio padrão, erro médio quadrático (REMQ), correlação (r), de concordância (d) e o índice de confiança (c), gerando uma qualificação do desempenho de ótimo a péssimo para os diferentes interpoladores. A correlação entre os valores indica o grau de dispersão dos valores estimados em relação aos observados. Seus valores variam de zero, para nenhuma concordância, a um, para a concordância perfeita.

Os resultados obtidos mostram que o método IDW foi o interpolador com os melhores parâmetros estatísticos para chuva e eventos diários de maior intensidade, além de apontar melhor suavização das isoietas em uma análise visual. Mediante os testes comparativos de interpoladores, para a elaboração da distribuição espacial da precipitação foi utilizado o algoritmo interpolador IDW (*Inverse Distance Weighting*) a 4º potência, disponível na extensão *Spatial Analyst* do Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGis® 10.1., com o objetivo de avaliar a variabilidade espacial de um determinado fenômeno por meio de dados de um determinado local (JIMENEZ; DOMEQ, 2008).

De acordo com Gardiman Junior et.al. (2012) a utilização de um número maior de estações permite uma melhor representação da situação pluviométrica, uma vez que

os mapas gerados com a presença de todas as estações apresentam maior homogeneidade na representação espacial da chuva média e/ou acumulada anual. Esta superioridade na homogeneidade dos mapas que contém um maior número de estações deve-se ao fato do interpolador possuir um maior conjunto de dados para espacializar.

Sobre esta temática Akkala et.al. (2010) afirmam que a distribuição espacial dos dados observados, a presença de descontinuidades significativas e a densidade de estações na área interpolada podem vir a interferir nos resultados de precipitação obtidos pelos métodos de interpolação.

Diante dessas prerrogativas se fez necessário adicionar estações meteorológicas de municípios vizinhos para que a aplicação do interpolador fosse eficiente, justificando-se a utilização de outros municípios para além daqueles integrantes da Costa Verde Fluminense. Para isso adicionou-se dados de mais estações meteorológicas convencionais distribuídas ao longo do estado do Rio de Janeiro e São Paulo, totalizando doze pontos, conforme apresentado anteriormente na tabela 6.

O interpolador IDW assume que a área de influência de cada amostra diminui com o aumento da distância em relação à outra amostra. Durante a interpolação, a ponderação diminui conforme aumenta a distância entre a amostra e o nó da grade a serem estimados, assim os pontos amostrados, próximos ao nó a ser estimado, recebem peso maior do que os pontos amostrados de localização mais distantes. Ao calcular o valor de um nó, a soma de todos os pesos atribuídos aos pontos amostrados vizinhos é igual a 1,0, ou seja, é atribuído um peso proporcional à contribuição de cada ponto vizinho (LANDIM, 2000).

Assim, foram criados quatro mapas para a análise espacial das chuvas. Um com o total acumulado no período de 2001 a 2016, e outro três mapas com valores de chuva acumulados nos dias de ocorrência dos eventos extremos e o dia seguinte ao início das tempestades, pois, segundo as manchetes jornalísticas que cobriram os casos, as chuvas iniciam à noite e se prolongam pela madrugada. Foram utilizados os totais dos dias 9 e 10 de dezembro de 2002, 31 de dezembro de 2009 e 1º de janeiro de 2010, e 3 e 4 de janeiro de 2013.

Esses produtos espaço-temporais preliminares forneceram os resultados esperados, sinalizando para uma modelagem adequada, o que possibilitou a integração de dados históricos de precipitação e a distribuição ao longo da área de estudo.

3.4 Modelo Digital de Elevação: Influência do relevo sobre a distribuição espacial da precipitação

Para estudar as inter-relações existentes entre diversos elementos da paisagem e os processos que atuam na sua modelagem, foram utilizados dados SRTM para representação do relevo.

Os dados SRTM utilizados foram às folhas sf-23-y-b, sf-23-y-d, sf-23-y-a, sf-23-z-c e sg-23-v-b, com 90 metros de resolução espacial e resolução radiométrica de 16 bits; formato GEOTIFF, Sistema de Coordenadas Geográficas e Datum WGS-84. Quanto o potencial e as limitações dos dados SRTM, vale salientar que grande parte do território nacional é provido de mapeamento em escalas demasiadamente generalizadas para várias utilizações da informação topográfica. Por este aspecto, pode-se considerar o dado SRTM uma das melhores informações topográficas já disponibilizadas para grande parte de nosso território (VALERIANO, 2004). No entanto, deve-se lembrar de que são dados remotos e que, como tais, trazem consigo as limitações intrínsecas do sistema e estão sujeitos a uma série de fatores que alteram a relação de veracidade para com a paisagem.

Os dados SRTM vêm sendo frequentemente processados para a formação de Modelos Digitais de Elevação (MDE), e estes estão sendo cada vez mais utilizados na representação do relevo. Para a representação do relevo a partir do MDE, inicialmente foi feito o mosaico das imagens, necessários para o recorte da região em estudo, sendo este feito através de arquivo vetorial já existente.

A base de informações constituídas pelo SRTM 90, foi organizada em um banco de dados geográficos no *software* ArcGis® 10.1. As diferentes bases de dados selecionadas para este trabalho são as mais comumente utilizadas com fins de pesquisa no Brasil, por serem gratuitas e de fácil obtenção.

O MDE carta topográfica foi obtido a partir da interpolação das curvas de nível e pontos cotados. No *software* ArcGis® 10.1. foi realizada a interpolação por meio do interpolador “*Topo to Raster*” (*ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Interpolation – Topo to Raster*). Após a geração do MDE, foram feitas as operações pós-processamento para eliminar as imperfeições como depressões espúrias. Em seguida gerou-se o MDE hidrológicamente consistente para a extração de atributos do relevo: declividade, sombreamento, aspecto, curvatura e índice topográfico de umidade. O modelo digital de elevação foi utilizado para representar a altimetria do município e extrair atributos do relevo através do mesmo. Foram testadas

diferentes fontes e resoluções buscando uma representação coerente da altimetria, sendo selecionada após a análise resolução espacial de 20 m.

No ArcGis® 10.1 utilizando o módulo *Project*, os dados originais SRTM 90 metros foram projetados no sistema de coordenadas geográficas para o sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), utilizando o sistema de referência WGS84, zona 23S. Deste modo, os dados altimétricos gerados a partir da grade SRTM foram convertidos para o sistema de projeção UTM sem a necessidade de interpolação dos valores da grade e a consequente alteração da distribuição dos valores de altitude originais.

3.5 Análise Sinótica: a gênese das chuvas

Esta etapa consistiu na análise sinótica de superfície 250 hPa a fim de averiguar os sistemas atmosféricos atuantes na região, uma vez que a gênese das chuvas está atrelada à dinâmica atmosférica regional. O levantamento ocorreu analisando as Cartas Sinóticas da Marinha nos dias dos episódios severos com destaque na mídia (10 de dezembro de 2002; 01 de janeiro de 2010 e 04 de janeiro de 2013), para o horário da 00 hora⁷, sendo este o horário considerado ideal.

Foi realizado na escala diária de episódios severos registrados, uma vez que se buscou compreender o sequenciamento de como estava à dinâmica climática na região, conforme metodologia de análise rítmica de Monteiro (1971,1973). Tais cartas são produzidas tomando como base os campos de pressão atmosférica em superfície e permitem observar os sistemas frontais, as massas de ar, as ZCAS assim como suas dinâmicas e trajetórias, o que permite aferir as tipologias de tempo que prevaleceram nos dias estudados.

De posse das cartas sinóticas e em consulta paralela aos boletins climáticos mensais do Climanálise iniciou-se, a análise das mesmas, em tentativa de observar a movimentação atmosférica no período de eventos extremos.

⁷ Ressalta-se que os horários das cartas sinóticas são disponibilizados em horário UTC – Tempo Universal Coordenado, mais conhecido como horário Zulu, referente ao Meridiano de Greenwich, sendo necessário subtrair 3 horas.

3.6 Definições dos extremos: distribuição de probabilidades

Devido à importância do entendimento do comportamento e as consequências dos eventos extremos em relação ao meio socioambiental, Monteiro e Zanella (2014) destacam que a utilização de meios estatísticos é fundamental para o entendimento destes fenômenos, podendo servir de ferramenta à gestão pública, a fim de evitar e/ou mitigar os efeitos negativos que um evento extremo pode provocar.

A definição dos valores extremos de chuva se baseou na metodologia de Lyra e Garcia (2006) aplicada ao estudo sobre regiões homogêneas e funções de distribuição de probabilidade da precipitação pluvial no Estado de Táchira, Venezuela. Para esta etapa foram utilizados valores máximos de chuva em 24 horas desconsiderando as de valor zero, em cada ano, de 12 estações/pontos climatológicas distribuídas ao longo da região da Costa Verde. As estações apresentam séries entre 2001 e 2016.

As distribuições de probabilidade ajustadas aos valores da precipitação anual foram: exponencial (EX), gama (GA), gumbel (GU), normal (N), log-normal (LN) a três parâmetros e weibull (W). Essas distribuições foram ajustadas utilizando o *software* Estatística Aplicada a Climatologia (ECLIMA), desenvolvido no Dep. De Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV).

A distribuição exponencial geralmente se ajusta bem a dados que apresentam forte assimetria, como histogramas em forma de “J” invertido (Thom, 1958). Sua função densidade de probabilidade [f(x)] é expressa da seguinte forma:

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x} & x > 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases} \quad (1)$$

e sua função cumulativa de probabilidade [F(x)] é dada pela expressão:

$$F(x) = \int_0^{\infty} f(x) dx = 1 - e^{-\lambda x} \quad (2)$$

em que x é a variável aleatória, que, neste caso, foi a precipitação pluvial anual, e o parâmetro λ é o inverso da média.

Para totais de chuva de períodos mensais ou menores, a distribuição gama de probabilidade tem sido uma das mais utilizadas (ASSIS et.al. 1996; SILVA & ASSAD, 1998). Thom (1958) comenta que a distribuição gama a dois parâmetros é um caso particular da distribuição de Pearson do Tipo III, na qual o parâmetro local é zero, sendo sua função densidade de probabilidade expressa da seguinte forma, para $0 < x < \infty$:

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} \quad (3)$$

com $\beta, \alpha, \Gamma(\alpha) > 0$ e $f(x) = 0$ para $x < 0$, sendo β o parâmetro de escala, α o parâmetro de forma, e $\Gamma(\alpha)$ a função gama incompleta do parâmetro α , definida por Thom (1958):

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} t^{\alpha-1} e^{-t} dt \quad (4)$$

em que $t = -x/\beta$.

A distribuição gama tem como função de distribuição acumulada:

$$F(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} dx \quad (5)$$

A distribuição gumbel é utilizada na análise de eventos climatológicos extremos, servindo de subsídio para projetos de engenharia agrícola (ASSIS et. al., 1996). Uma das formas de apresentar sua função densidade de probabilidade é:

$$f(x) = \frac{1}{\beta} e^{-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)} - e^{-e^{-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)}} \quad (6)$$

em que α é o parâmetro posição e β é o parâmetro de escala.

Sua função de distribuição acumulada é dada pela equação:

$$F(x) = e^{-e^{\pm\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)}} \quad (7)$$

O sinal \pm , no segundo expoente, refere-se aos valores extremos máximos (sinal negativo) e mínimos (sinal positivo).

A distribuição de probabilidade normal, denominada também de curva de gauss ou curval normal, é a distribuição contínua mais utilizada (HASTINGS & PEACOCK, 1975). A distribuição normal apresenta dois parâmetros e sua função densidade de probabilidade tem a seguinte forma:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\left(\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)} \quad (8)$$

em que μ é a média e σ o desvio-padrão. A probabilidade acumulada de ocorrência de totais de precipitação pode ser calculada pela integração da equação 8:

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\left(\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)} dx \quad (9)$$

A função de distribuição acumulada da normal não possui solução analítica, podendo ser resolvida por métodos de integração. Assim utiliza-se a transformação $Z = (x - \mu)/\sigma$, em que Z apresenta distribuição normal com média igual a zero e desvio-padrão um $[N(0,1)]$.

A variável Z é conhecida como variável reduzida. Reescrevendo a equação 9, tem-se:

$$F(Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^Z e^{-\left(\frac{Z^2}{2}\right)} dZ \quad (10)$$

Mello et. al. (1994) citam que a distribuição de probabilidade log-normal é muito utilizada em hidrologia e hidroclimatologia. Essa distribuição considera que os logaritmos das

variáveis aleatórias seguem uma distribuição normal (FRIZZONE, 1979). A função densidade de probabilidade da distribuição log-normal a três parâmetros é dada pela seguinte equação:

$$f(x) = \frac{1}{(x-a)\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{[\ln(x-a)-\mu]^2}{2\sigma^2}\right)} \quad (11)$$

em que μ é a média dos logaritmos da variável, σ é o desvio-padrão dos logaritmos da variável e a é o limite inferior da amostra. A probabilidade de que uma variável x assumira valores entre a e b é estimada pela sua função de distribuição acumulada, usando a relação:

$$F(a \leq x \leq b) = \int_a^b \frac{1}{(x-a)\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{[\ln(x-a)-\mu]^2}{2\sigma^2}\right)} dx \quad (12)$$

A distribuição weibull pode ser utilizada para eventos extremos, principalmente em estudos hidrológicos, assim como a distribuição gumbel (DUAN et. al., 1998). A função densidade de probabilidade da distribuição weibull é dada por:

$$f(x) = \frac{\gamma}{\beta} \left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^{\gamma-1} e^{-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^\gamma} \quad (13)$$

Sua função de distribuição acumulada é do tipo:

$$F(x) = \int_0^\infty f(x) dx = 1 - e^{-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^\gamma} \quad (14)$$

Os parâmetros das distribuições gama, gumbel e weibull foram estimados pelo método da máxima verossimilhança, conforme descrito por Assis et. al. (1996), Ali et. al. (2000) e Catalunha et. al. (2002). Utilizou-se o método da máxima verossimilhança por apresentar melhores estimativas dos parâmetros das distribuições em comparação com o método dos momentos, como citado por Assis et. al. (1996), Silva & Assad (1998) e Back (2001).

Conforme sugerido por Ribeiro & Lunardi (1997), dias com total de precipitação igual a zero foram substituídos por 0,1 mm, devido à utilização da função logarítmica no cálculo dos parâmetros de algumas distribuições.

A seleção da função densidade de probabilidade que melhor se ajustou aos valores de precipitação se baseou no teste de qui-quadrado (χ^2), no nível de significância de 5%, visto ser este mais rigoroso que o teste de Kolmogorov-Smirnov (BACK, 2001; CATALUNHA et. al., 2002). Admitiu-se que a hipótese de nulidade (H_0) é a hipótese de que os dados provêm de uma população que segue a distribuição teórica $F(x)$ testada com seus parâmetros determinados em função dos dados amostrais (ASSIS et. al., 1996). No caso de rejeição de H_0 , isso significa que a distribuição avaliada não se ajusta aos dados observados, e o termo significativo foi utilizado para definir rejeição de H_0 (Cargnelluti Filho et.al., 2004).

3.7 Espacialização da Vulnerabilidade Social

Para a análise do perfil da população foram utilizados dados disponibilizados no site do IBGE (www.ibge.gov.br). Os dados estão divididos em quatro planilhas do *software* Excel, gerados a partir de microdados do Censo Demográfico 2010, resultados do universo, apresentados em 16 variáveis que abrangem: características dos domicílios, em especial dos domicílios particulares permanentes, bem como dos seus responsáveis, e características das pessoas.

O arquivo apresenta o código de identificação do setor, o nome do município, como também os códigos e os nomes de cada distrito, subdistrito e bairro. Esta documentação inclui as notas metodológicas apresentadas na publicação Censo Demográfico 2010. Características da população e dos domicílios: resultados do universo, bem como as informações técnicas relativas ao arquivo. Junto a esses arquivos foi disponibilizado o *shape* da malha de setores censitários do município de Angra dos Reis.

De acordo com Pina & Nobre (1999), é nesse contexto que se verifica a importância dos dados populacionais no “planejamento de diferentes atividades que envolvam o conhecimento da distribuição e das características socioeconômicas de uma população ao longo de uma área”. Ainda segundo os autores, esses dados irão embasar a formulação de políticas públicas e auxiliarão no processo decisório; sem contar que outro importante aspecto dessa questão são as informações conseguidas com as pesquisas populacionais do IBGE. Essas são obtidas de domicílio em domicílio e divulgadas de modo agregado, por setor censitário (PINA & NOBRE, 1999).

Segundo o IBGE (2000), setor censitário é a unidade de controle cadastral formada por áreas contínuas, urbanas ou rurais, cuja dimensão e número de domicílios ou de unidades não residenciais permitem ao recenseador cumprir suas atividades censitárias em um prazo determinado, respeitando o cronograma de atividades. Optou-se por esse recorte por entender que os setores censitários representam o menor nível de agregação dos dados a que uma comunidade em geral tem acesso para diversos tipos de análises (DIAS et.al., 2002).

3.7.1 Índice de Condição de Vida e Saúde (ICVS)

Nesta etapa foi construído um índice para o reconhecimento das desigualdades de condição de vida e saúde presentes no município de Angra dos Reis. Para tanto, como marco teórico de referência, foi aplicada a proposta desenvolvida por Farias (2012), segundo a qual as condições de vida expressam a forma como a população se articula no processo geral de organização social.

Em algumas das grandes cidades brasileiras já foram desenvolvidos índices que auxiliam a gestão e a aplicação de políticas públicas, como o Índice Sintético de Satisfação da Qualidade de Vida (ISSQV) em Curitiba (IPPUC, 1996); o Índice de Exclusão Social (IEX), em São Paulo (SPOSATI, 1996); o Índice de Qualidade de Vida Urbana (IQVU) e Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) em Belo Horizonte (NAHAS, 2001); o Índice de Vigilância da Vulnerabilidade Social (IVVS) no Rio de Janeiro; e Índice Geral de Qualidade de Vida Urbana (IGQVU) em Belém (TOURINHO, 2001).

Apesar de terem objetivos semelhantes, a metodologia de construção desses índices é bastante diferente. A diferença está na escolha dos indicadores que vão dimensionar as características espaciais, como também no peso atribuído a cada um deles, mas principalmente na unidade espacial de cálculo. Em trabalhos mais recentes, como os índices do Rio de Janeiro e Belém, por exemplo, têm se observado a tendência em utilizar os setores censitários como unidade espacial de cálculo (NAHAS, 2009).

No primeiro passo para a construção do ICVS foi proposto uma matriz de indicadores sociais para os setores censitários do município de Angra dos Reis. Tal matriz foi organizada segundo os dados do IBGE (CENSO DEMOGRÁFICO, 2000) e seguiu uma divisão por bloco, abrangendo quatro variáveis onde para cada uma das variáveis componentes dos blocos, é calculado um índice, entre zero (pior índice) e um (melhor índice), que indica a posição relativa do município na região:

- ✓ **Indicadores de Caracterização Contextual:** idade;
- ✓ **Indicadores de Meios de Consumo Coletivo:** infraestrutura e educacionais;
- ✓ **Indicadores de Apropriação Individual:** rendimento.

A metodologia utilizada teve o intuito de analisar a configuração socioespacial do referido município, com o objetivo de discutir e analisar os processos de estruturação territorial e apropriação desigual do/no espaço a partir dos diferentes agentes do espaço urbano.

No tocante à operacionalização, na elaboração do estudo foram utilizadas as bases cartográficas digitais – dados gráficos – relativas à: divisão político-administrativa do Estado do Rio de Janeiro, publicadas pelo Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro – Fundação CIDE, e da malha dos Setores Censitários do município de Angra dos Reis, obtida junto ao site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Além desses dados gráficos foi utilizado, ainda, o conjunto de dados não gráficos, a saber: agregados por setores censitários, também produzidos pelo IBGE; e dados municipais do banco de dados municipais, publicado pela Fundação CIDE. Assim, para a aplicação desta matriz se fez, inicialmente, um levantamento das variáveis - dados estatísticos – contidas nas tabelas dos Dados Agregados por Setores Censitários dos Resultados do Universo (Quadro 1), visando à utilização no conjunto de indicadores de caracterização contextual, meios de consumo coletivo e apropriação individual que melhor representam a realidade do município.

Cabe destacar que a seleção dos indicadores sociais é uma tentativa de sintetizar a condição de vida da população que, no entanto, pode não ser muitas vezes, suficiente para explicá-la, principalmente quando comparamos realidades municipais muito distintas. Isso acontece porque o custo de vida, o padrão de consumo e a oferta de serviços criam diferentes necessidades e, por conseguinte, distintos modos de vida, onde os baixos índices nos indicadores sociais selecionados podem refletir déficits sociais para os habitantes de um município como Angra dos Reis, com quase 170 mil habitantes, mas podem não refletir necessariamente uma pior qualidade de vida de um residente no interior paulista, como São José do Barreiro, com pouco mais de 4 mil habitantes.

Quadro 1 - As 4 dimensões e os 9 indicadores utilizados na construção do ICVS

Dimensão	Indicador	Avalia
Renda	Renda média dos responsáveis pelos domicílios.	O poder de consumo – de alimentos a medicamentos – que interfere na resistência da população.
	Percentual de responsáveis com renda inferior a 1 salário mínimo.	
Infraestrutura	Percentual de domicílios abastecidos por água encanada da rede geral.	O saneamento básico é determinante para as condições de saúde da população.
	Percentual de domicílios com esgotamento sanitário ligado à rede geral.	
	Percentual de domicílios com lixo coletado por serviço de limpeza.	
Idade	Percentual da população com idades entre 0 e 9 anos.	Os grupos populacionais com saúde menos resistentes.
	Percentual da população com idade superior a 65 anos.	
Educação	Percentual de responsáveis pelo domicílio com ensino médio completo.	O grau de instrução que influencia a consciência sobre os riscos.
	Percentual da população analfabeta com 10 anos de idade ou mais.	

Para trabalhar com esses dados obtidos sob a forma de planilhas alfanuméricas foi utilizado o *software* Excel. O segundo passo foi copiar os dados referentes às 4 dimensões dos indicadores selecionados e salvar em outra planilha separadamente. O recorte espacial escolhido foi o setor censitário, por ser a menor unidade espacial de informação divulgada pelo IBGE. Para que os valores dos indicadores pudessem ficar em uma mesma escala, possibilitando a comparação entre os setores censitários, foi utilizada a fórmula consagrada na criação do Índice de Desenvolvimento Humano, o IDH, (ONU/PNUD, 2002):

$$\text{Indicador do setor censitário} = X_i \frac{\min(i)}{\max(i) - \min(i)}$$

onde:

- x é o valor do indicador utilizado;
- i é o indicador utilizado;
- min (i) é o valor mínimo do indicador do município
- max (i) é o valor máximo do indicador do município

A utilização desta fórmula faz com que os dados fiquem compreendidos em uma escala adimensional entre 0 (zero) e 1 (um), correspondendo ao menor e ao maior valor

respectivamente. Utilizando-se a média aritmética entre os indicadores foi possível obter o ICVS.

O terceiro passo consistiu na divisão dos setores censitários de acordo com o grau de vulnerabilidade social da população. Dessa forma, no mapa síntese, adotam-se quatro classificações diferentes, em relação aos setores censitários. Considera-se, então, a seguinte classificação (Quadro 2):

- Grupo 1 - os setores censitários que obtiveram uma nota variando entre 0,43 a 0,59 define o setor censitário inferior, ou seja, com uma qualidade de vida Ruim;
- Grupo 2 – setores com nota entre 0,59 a 0,69 define o setor censitário como intermediário/inferior, ou seja, com uma qualidade de vida Regular;
- Grupo 3 – setores com nota entre 0,69 a 0,70 foram classificados como setores intermediários/superior, ou seja, com uma qualidade de vida Boa;
- Grupos 4 – setores com nota entre 0,70 a 1 foram classificados como superiores, ou seja, com uma qualidade de vida Muito Boa.

Quadro 2: Classificação do Índice de Condição de Vida e Saúde - ICVS.

Setor Censitário	ICVS	Classificação
Grupo 1	0,43 a 0,59	Ruim
Grupo 2	0,59 a 0,69	Regular
Grupo 3	0,69 a 0,70	Boa
Grupo 4	0,70 a 1	Muito Boa

O quarto passo foi a transformação da planilha Excel (.xls para .dbf) para que pudesse ser utilizada no *software* ArcGis® 10.1., quando foi associada ao *shape* dos setores censitários, possibilitando a espacialização do ICVS e a criação de mapas de condição de vida e saúde. A mesma metodologia de divisão em grupos foi utilizada para a construção dos mapas de vulnerabilidade social a partir do ICVS.

4. Resultados

4.1 Padrão das chuvas ao longo da série

Com os totais anuais separados por estação meteorológica, os anos mais chuvosos foram destacados de azul (valores acima da soma da média do período mais o desvio padrão) e os anos mais secos em vermelho (valores abaixo da subtração da média do período menos o desvio padrão) (Tabela 10).

Tabela 10- Total anual de chuvas, Média e Desvio Padrão, com destaque para anos mais chuvosos e mais secos na região da Costa Verde, no período de 2001 a 2016.

Chuva	Trindade ¹	Paraty 906 ¹	Paraty INMET ²	Paraty 950 ¹	Cunha ¹	Bananal ¹	Rio Claro 997 ¹	Rio Claro 998 ¹	Mambucaba ¹	Bracuhy ¹	Angra TRMM. 951 ³	Mangaratiba Marambaia ¹
2001	1132,89	1132,89	1132,89	1302,75	1481,67	1721,67	1565,61	1558,8	1688,9	2041,4	1163,7	1307,58
2002	866,79	886,79	866,79	1164,54	1253,37	1610,13	1423,77	1249,62	2066,2	2538,9	981	1322,55
2003	1910,36	878,16	878,16	1181,94	1222,41	1308,81	1254,3	1247,13	2091,2	2453,77	967,56	1231,14
2004	1059,37	948,51	948,51	1138,5	1279,47	1570,83	1481,49	1173,81	2576,2	2296,5	1118,82	1263,3
2005	800,99	813,36	813,36	1033,02	1221	1373,04	1233,21	1172,91	2549	2661,95	874,35	946,26
2006	1402,93	993,93	1096,35	1398,48	1324,5	1690,92	1795,44	1625,55	1995,4	2060,4	1332,51	1149,9
2007	1107,92	895,95	1069,28	988,71	1169,1	1229,79	1098,84	1202,76	1844,1	1592,6	869,91	888,59
2008	1690,8	1133,79	1766,6	1727,91	1858,14	1740,03	1696,83	1656,54	2476,8	2209	1546,65	1438,05
2009	1368,53	1311,87	998,6	1672,83	1840,41	1970,34	1804,23	1735,83	2866,4	2764,2	1462,89	774,29
2010	1323,87	1323,87	1316	1670,61	1609,35	1846,5	1846,17	1647	3018,6	3224,5	1497,63	1669,4
2011	1049,94	1049,94	1824,42	1336,59	1518,3	1585,41	1392	1293,03	2508,7	2283,5	1103,76	1076,47
2012	1081,8	1081,8	913,37	1401,3	1443	1511,85	1559,43	1627,17	1656,1	1580,07	1207,05	999,15
2013	1282,53	1282,53	1459,91	1613,01	1748,37	1748,64	1628,88	1760,37	2827	2891,1	1376,01	1022,24
2014	668,91	668,91	1161,6	962,25	1110,66	1360,68	1152,51	1012,17	1564,5	1472,7	900,12	631,58
2015	1173,75	1173,75	1508,83	1439,1	1712,19	1899,48	1763,94	1766,61	2324,6	1932,7	1251,42	924,6
2016	1154,95	1167,61	1619,8	1385,87	1587,74	1638,16	1599,87	1753,22	2000,7	2212,7	1294,44	837,9
Média	1192,27	1046,48	1210,9	1338,59	1461,23	1612,89	1518,53	1467,66	2253,4	2263,5	1184,24	1092,69
D.Padrão	302,13	183,04	320,7	240,09	238,04	207,78	232,92	254,04	440,98	473,58	217,68	260,61

Fonte: ¹NOAA, ²INMET, ³EMBRAPA

Os anos 2008, 2009, 2010 e 2013 se destacaram como os mais chuvosos, ao passo que 2005 e 2014 destacaram-se como os mais secos. Com especial atenção aos anos dos eventos catastróficos, 2010 e 2013 aparecem como anos chuvosos, com totais acumulados bem acima da média, ficando o ano de 2002 dentro da normalidade.

O ano de 2014 foi um dos mais secos para onze das doze estações meteorológicas. Dessas onze estações, para nove foi realmente o ano mais seco. Neste ano, nas estações Trindade, Paraty 906 e Mangaratiba, que estão nos limites oeste e leste da área de estudo,

respectivamente, foram registrados os menores totais de chuva, acumulando pouco mais de 600 mm, cerca da metade da média do período. Apenas a estação Paraty INMET apresentou registros muito próximos do habitual e não esteve entre as mais secas. Cabe ressaltar, que esta “seca” para os padrões locais, reflete em um ano com enormes dificuldades de abastecimento de água, devido à diminuição do volume de água dos principais rios locais e fontes de captação de água.

O ano de 2009 foi chuvoso para nove das doze estações meteorológicas. Neste ano, as estações que apresentaram menores totais de precipitação, onde não se caracterizaram como um ano chuvoso, foram Trindade e Paraty INMET a oeste, e Mangaratiba a leste da área de estudo, ou seja, choveu mais na área central – municípios de Angra dos Reis e Rio Claro. Em Mangaratiba o ano de 2009 foi o segundo mais seco do período estudado, ficando atrás apenas de 2014.

Os maiores totais de chuvas entre todas as estações estão no município de Angra dos Reis, nas estações Bracuhy (3.224,50 mm) e Mambucaba (3.018,60 mm), no ano de 2009. No período analisado, somente nestas duas estações meteorológicas foram registradas precipitações acumuladas superiores a 2.000 mm. No ano de 2014, o “mais seco” destas estações para o período, Bracuhy (1.472,7 mm) e Mambucaba (1.564,5 mm), os totais acumulados são superiores à média de cada uma das demais estações.

Esses resultados mostram que há forte concentração da precipitação nestas duas estações localizadas no município de Angra dos Reis - Bracuhy e Mambucaba, sendo a localização das estações estando próximas as áreas mais elevadas e onde o efeito orográfico se destaca enquanto que os extremos oeste e leste da área de estudo – Paraty e Mangaratiba/Marambaia apresentam os menores totais pluviométricos do período. Os menores valores associam-se, também, ao fato de que o relevo nessa região é menos íngreme e, portanto, o efeito orográfico se faz menos intenso. O município de Rio Claro encontra-se localizado em altitude, apresentando os menores valores gerais. Por se encontrar no reverso da Serra do Mar apresenta menores valores de umidade devido à perda da mesma com a altitude, tal fato favorece uma menor carga de umidade evaporada e assim, menores valores gerais. Isto fica ainda mais evidente quando o total acumulado do período 2001 a 2016 é espacializado (Figura 17 e 18).

Em relação à distribuição espacial da precipitação foi elaborado um mapa, que se refere a uma das formas mais didáticas de se visualizar a precipitação de uma determinada área. E, desta forma, identificar localidades sujeitas aos maiores totais pluviométricos, bem como aquelas cuja ocorrência de eventos extremos seja mais provável.

Espacialização da Precipitação Acumulada no período de 2001 a 2016

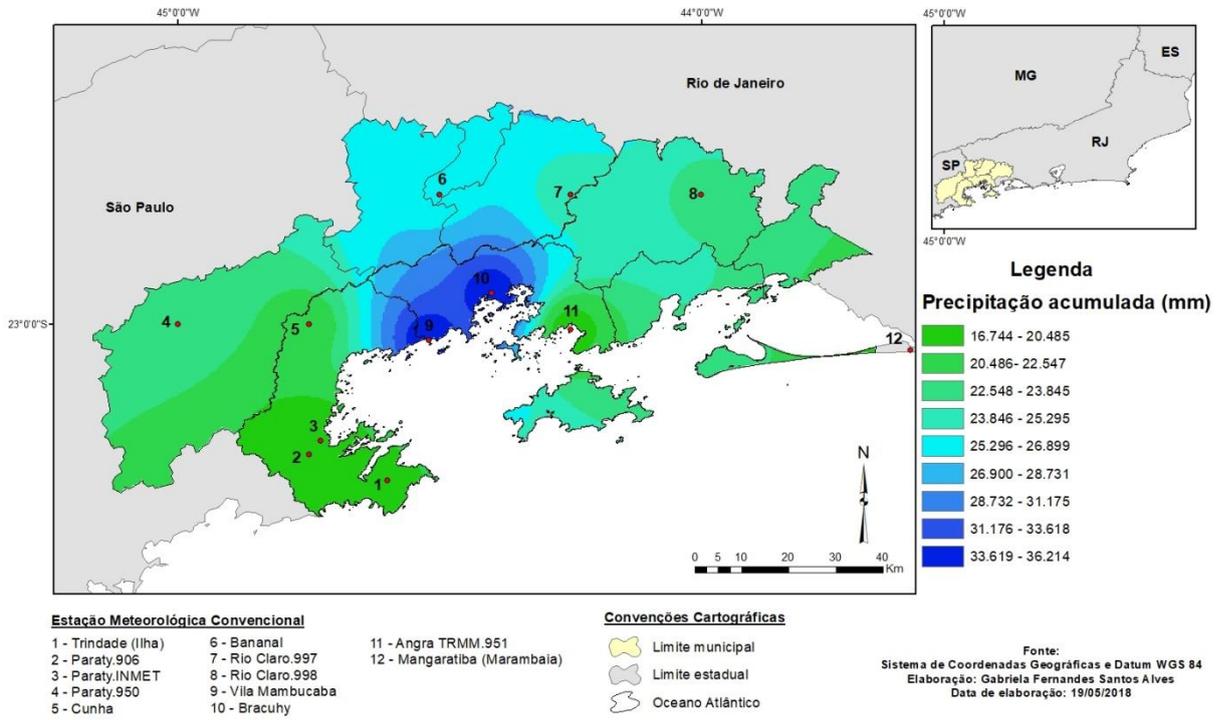


Figura 17 - Espacialização da Precipitação Acumulada no período de 2001 a 2016

Espacialização da Precipitação Média do período de 2001 a 2016

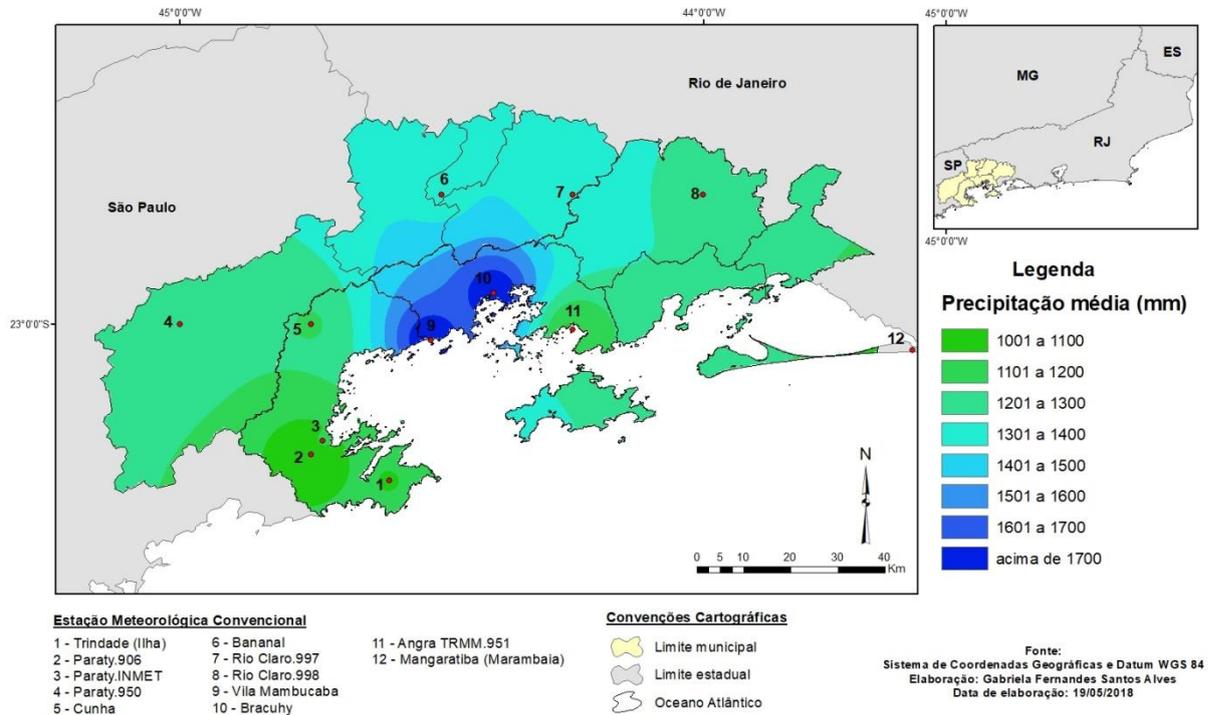


Figura 18 - Espacialização da Precipitação Média no período de 2001 a 2016

Podemos observar que as áreas mais secas encontram-se situadas no interior, mais precisamente em áreas elevadas da Serra do Mar. Tal fato pode ser justificado por dois fatores geográficos: a altitude e a relação continentalidade/maritimidade. Esses fatores se inter-relacionam com as variáveis climáticas como umidade, radiação e temperatura, e, por conseguinte, interferem no regime pluviométrico.

A umidade altamente presente nos municípios do litoral, devido à evaporação da água do mar, e também pela presença da Mata Atlântica bem preservada, irá propiciar altas taxas de umidade relativa do ar. Essa umidade ao encontrar o relevo irá ascender e conforme seu avanço em direção à escarpa serrana vai perdendo umidade a barlavento, gerando nuvens e chuvas orográficas pelo resfriamento proveniente da umidade e de sua condensação. Desta forma, a umidade fica retida a barlavento, enquanto a sotavento o ar já desce mais seco, e é justamente onde se localiza o município de Rio Claro, cuja precipitação tende a ser menor.

Em contrapartida no litoral (Paraty, Angra dos Reis e Mangaratiba), a precipitação é maior, sendo bem mais elevada com um gradiente de cerca 1.200 mm, onde seus maiores valores são encontrados na faixa que vai da estação TRMM. 950, em Paraty, até a estação Bracuhy em Angra dos Reis. Os valores elevados de precipitação encontrados estão muito associados ao relevo e ao regime de ventos. Como mencionado anteriormente, o escoamento dos ventos da baixa troposfera encontra-se numa direção perpendicular a orientação do relevo. Isso acarreta em uma associação da umidade muito elevada com o relevo, que por meio do efeito orográfico, gera uma precipitação mais intensa, principalmente, nos meses de verão.

Esse trecho de maior precipitação está, portanto, diretamente ligado ao relevo e ao próprio formato da costa: Bracuhy localiza-se ao sopé de uma das partes mais elevadas da Serra do Mar no município e, assim, torna-se uma grande barreira de retenção de umidade e, posterior, formação de chuvas orográficas, além disso, encontra-se em uma área com densa cobertura vegetal e presença de uma rede de drenagem considerável, o que indica maior umidade. O mesmo ocorre em Mambucaba, estação angrense mais próxima de Paraty. O formato da costa por sua vez favorece a uma maior concentração de umidade, por estar mais recuada, mais “protegida”, que somados a forma de escoamento dos ventos frontais elevam a concentração de umidade, sua condensação e precipitação. É, portanto uma das áreas com maior tendência para a ocorrência de eventos extremos de alta pluviosidade.

Mais ao norte, temos Mangaratiba e a estação Marambaia, onde a umidade local também é bastante elevada, porém o formato da linha de costa, e o próprio relevo, não favorecem ao desencadeamento de totais pluviométricos elevados como na localidade de TRMM. 950 e Bracuhy, pois as altitudes menores tem como consequência uma redução do efeito orográfico.

Vale ressaltar fatores que são especificados como responsáveis pela ocorrência da precipitação na região. O Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) para Implantação da Usina Nuclear Angra 3 (Eletronuclear, 2002) aponta como principais justificativas para a pluviosidade local a posição geográfica, a orientação e exposição do relevo e o afastamento do equador térmico.

A posição geográfica se destaca por dois fatores: a latitude e a posição próxima ao litoral. A latitude esta ligada à radiação e esse elemento meteorológico age com grande intensidade provocando temperaturas elevadas, se relacionando diretamente ao segundo fator, pois a radiação irá atuar principalmente na evaporação da água do mar e na evapotranspiração da Mata Atlântica. Essa contribuição da umidade irá encontrar no sal marinho em suspensão um poderoso núcleo convectivo, dando origem às nuvens. Por sua vez, essas nuvens ao

encontrarem o relevo irão ascender adiabaticamente até que se chegue à saturação e ocorra a precipitação.

A orientação e exposição do relevo é, dessa forma, um fator essencial para a dinâmica pluviométrica local, atuando como um dos principais formadores da chuva. A esse efeito do relevo sobre os componentes climáticos dá-se o nome de efeito orográfico, que corresponde ao efeito que “(...) ocorre devido à ação física do relevo que atua como barreira à advecção livre do ar forçando-o a ascender” (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007; p.71).

A Serra do Mar neste trecho do litoral estende-se paralelamente à costa na direção WSW-ENE e, dessa forma, perpendicular ao escoamento médio na baixa troposfera associada às discontinuidades das perturbações extratropicais e tropicais provocando um aumento considerável das precipitações em função da altitude (ELETRONUCLEAR, 2002). A essas condições que influenciam o regime pluviométrico na região, adicionam-se fenômenos meteorológicos como entradas de frentes frias, linhas de instabilidade, complexos convectivos de mesoescala e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (SOARES, et.al., 2005 e SALGADO et.al., 2007) (Figura 19).

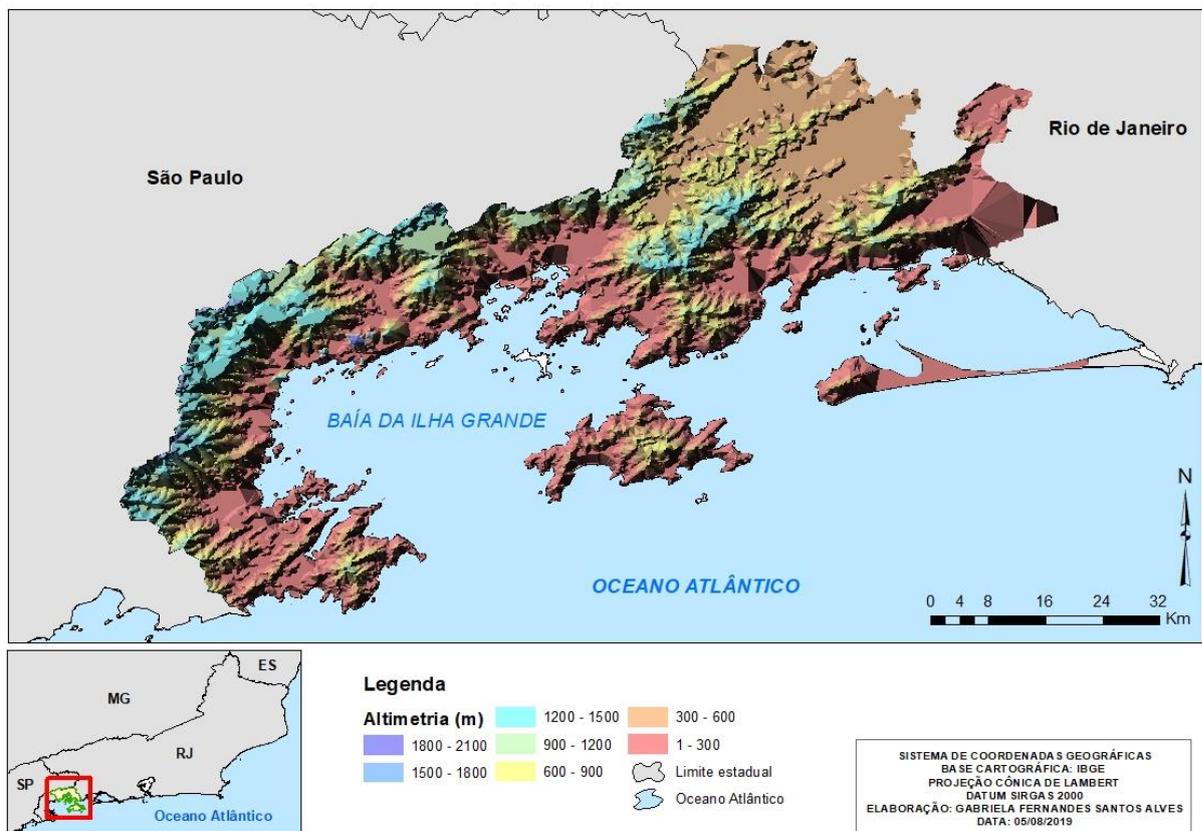


Figura 19 - Mapa Hipsométrico da região da Costa Verde Fluminense

Ao analisar os registros máximos de precipitação em 24 horas, na tabela 11, destacou-se em azul escuro o registro máximo de cada estação meteorológica, e em azul claro os registros muito acima da média, além do desvio padrão, em cada ano. Nos anos de 2002, 2003, 2008, 2009, 2010, 2013, 2015 e 2016 foram registrados eventos pluviométricos elevados. Com especial atenção aos anos dos eventos catastróficos, 2002, 2010 e 2013, apenas as estações meteorológicas de Cunha e Bracuhy apresentaram registros máximos muito acima da média nos três anos.

Metade das estações, seis em doze, apresentaram o registro máximo da série no ano de 2010 (Bananal, Trindade, Paraty 905, Paraty 906, Rio Claro 997 e Rio Claro 998), e outras três estações apresentaram registros muito elevados (Cunha, Bracuhy e Mangaratiba) também neste ano. Outros registros máximos ocorreram em 2006 na estação Mangaratiba/Marambaia, em 2008 na estação Angra TRMM.951, em 2011 na estação Paraty INMET, e em 2013 nas estações Cunha, Mambucaba e Bracuhy. No ano de 2013 foram registradas as maiores concentrações de chuva em 24 horas: em Bracuhy foram 224,3 mm e Mambucaba 318,9 mm.

Tabela 11 - Registros máximos de chuva em 24 horas, em cada ano, com destaque para os registros mais elevados da série, no período de 2001 a 2016.

Chuva	Trindade ¹	Paraty 906 ¹	Paraty INMET ²	Paraty 950 ¹	Cunha ¹	Bananal ¹	Rio Claro 997 ¹	Rio Claro 998 ¹	Mambucaba ¹	Bracuhy ¹	Angra TRMM. 951 ³	Mangaratiba Marambaia ¹
2001	58,5	58,5	58,5	67,14	67,65	79,14	65,4	82,17	85	126,9	76,74	68,73
2002	63,18	63,18	63,18	59,55	82,71	63,93	69,81	76,26	175,5	181,3	49,35	69,54
2003	181	64,02	64,02	57,9	67,59	93,3	65,88	90,3	216	152,6	58,65	75,15
2004	121,6	42,27	42,27	52,53	54,81	74,4	54,87	56,1	104,5	151,3	64,23	78,06
2005	83,43	83,43	83,43	49,41	74,61	62,1	75,99	66,96	115,7	102	49,56	66,24
2006	85	52,14	52,14	66,84	59,4	72,3	75,96	73,59	98,2	114,1	72,42	126,87
2007	65	54,84	57,4	66,54	73,17	62,55	83,43	97,62	177,3	154,8	67,89	56,2
2008	167	51,27	63,2	95,16	60,3	93,27	105,15	80,79	115,1	158	133,47	92,85
2009	80,25	80,25	167	73,53	88,23	95,67	82,38	109,77	216,5	114,1	85,5	105
2010	189,09	189,09	67,2	128,82	84,42	101,79	113,64	146,88	196,5	197,5	92,67	113,6
2011	51,45	51,45	170,6	70,74	51,15	73,2	66,3	90,9	177,8	135,2	54,24	50,4
2012	43,14	43,14	107,4	67,44	56,31	68,43	66,69	70,74	76	73,1	51,63	44,8
2013	62,85	62,85	56,7	64,98	88,35	59,64	59,85	70,95	318,9	224,3	71,25	63,78
2014	61,29	61,29	46	63,57	69	57,96	73,71	100,17	67,5	147,1	64,11	67,4
2015	65,25	65,25	104,6	52,08	74,49	73,17	82,56	120,96	122,6	75,6	70,14	120,4
2016	88,98	88,98	103,8	110,49	77,85	98,64	99,21	115,8	124,3	94	92,04	54
Med. Máx.	91,69	69,5	81,72	71,67	70,63	76,84	77,55	90,62	149,21	137,62	72,12	78,31
D.Padrão	47,14	34,57	39,6	21,77	11,94	14,97	16,44	23,7	66,68	42,13	21,42	25,74

Fonte: ¹NOAA, ²INMET, ³EMBRAPA

4.2 Analisando os eventos extremos ocorridos em Angra dos Reis – Espacialização

- Evento de 2002

Em 2002, a chuva que deflagrou o deslizamento no dia 9 de dezembro foi bastante intensa sobre Bracuhy, tendo sido registrado um total de 181,3 mm em 24 horas (Tabela 12).

Tabela 12 - Registro de Chuva nas Estações Meteorológicas - Evento de 2002

Dia	Trindade ¹	Paraty 906 ¹	Paraty INMET ²	Paraty 950 ¹	Cunha ¹	Bananal ¹	Rio Claro 997 ¹	Rio Claro 998 ¹	Mambucaba ¹	Bracuhy ¹	Angra TRMM 951 ³	Mangaratiba Marambaia ¹	
2002	07/dez	0	0	0	0	0	2.94	0	0	0	0	0	
	08/dez	0	0	0	14.79	5.13	38.7	35.7	14.07	2.1	0	0	
	09/dez	14.07	14.07	14.07	24.06	56.19	22.65	23.94	12.03	73.7	181.3	2.49	1.17
	10/dez	0	0	0	0	0	0	0	1.26	58.5	29.7	0	1.17
	11/dez	0	0	0	0	0	0	0	0	13.7	10.3	1.41	0
	12/dez	1.41	1.41	1.41	4.23	3.78	10.62	11.43	20.49	6.7	10.6	10.29	28.08
	13/dez	12.51	12.51	12.51	4.32	11.73	9.78	10.02	7.2	20.9	17.7	10.47	12.3
	14/dez	1.83	1.83	1.83	2.94	4.44	1.8	0	0	0	0	0	7.14

Fonte: ¹NOAA, ²INMET, ³EMBRAPA

Pode-se dizer que foi um evento mais concentrado, pois os registros nas demais estações são bastante inferiores, sendo os mais elevados em Mambucaba (73,7 mm) e Cunha (56,19 mm), muito menos do que o registrado no evento de 2010.

A partir da análise das cartas sinóticas do dia 9 de dezembro de 2002 (Figura 20) percebe-se o aumento da quantidade de aglomerados convectivos sobre a região Sudeste. A permanência de uma frente fria caracterizada pela banda de nebulosidade de orientação NW/SE, estendendo-se desde a região Amazônica até o oceano atlântico, caracterizando também a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

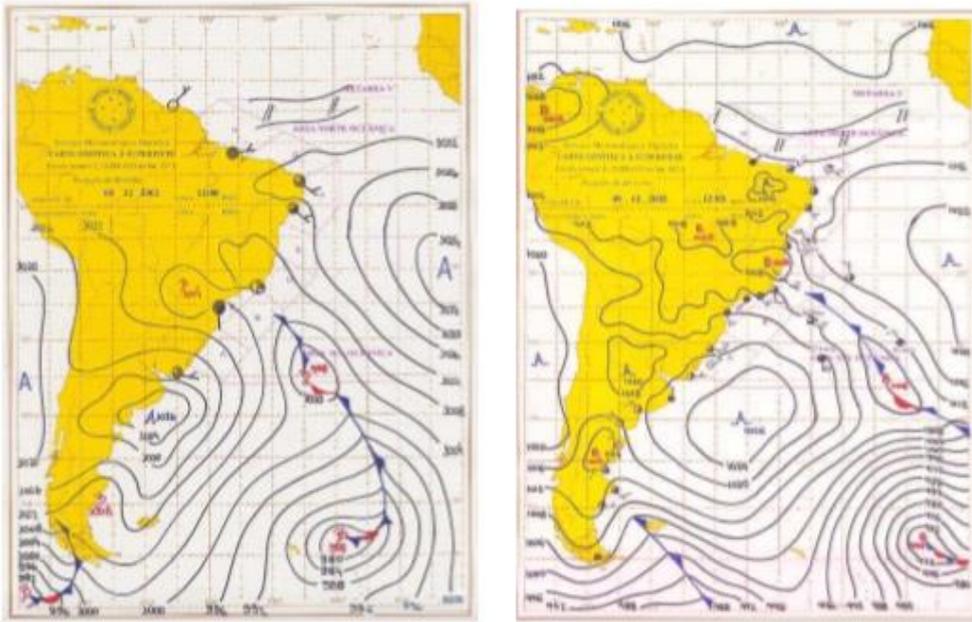


Figura 20 - Carta Sinótica dos dias 9 e 10 de dezembro de 2002

Na Figura 21, a precipitação acumulada nos dias 9 e 10 de dezembro de 2002 foi bastante concentrada sobre Bracuhy, com maior intensidade sobre Angra dos Reis, mas muito menos intensa do que nos eventos que ocorreram nos anos de 2009/2010 e 2013. No mapa observa-se que nas áreas mais claras a chuva foi bem fraca, como nos municípios de Rio Claro e Mangaratiba, como também destaca a Tabela 12.

Espacialização da Precipitação Acumulada nos dias 09 e 10 de dezembro de 2002

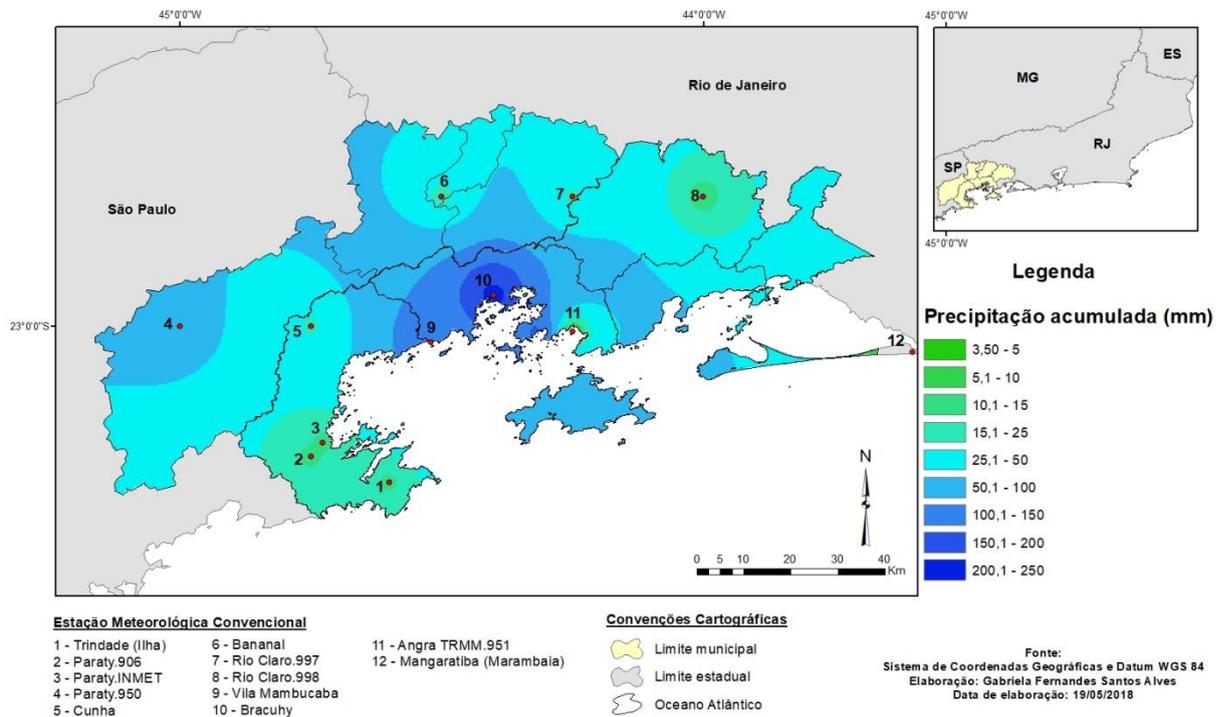


Figura 21 - Espacialização da Precipitação Acumulada nos dias 09 e 10 de dezembro de 2002

- Evento de 2010

Como observado na tabela 10, o ano de 2010 foi o que apresentou metade das estações com registro máximo de pluviosidade no período analisado. Em Bracuhy, este ano teve o segundo registro mais elevado de sua série, porém o mais intenso entre as estações em 2010, quando choveu 197,5 mm no dia 1º de janeiro, sendo que no dia anterior já havia chovido 109,7 mm, totalizando mais de 307 mm em 48 horas (Tabela 13).

Mais uma vez observa-se que o evento mais intenso foi precedido por uma semana de muita chuva que iniciou no dia 28 de dezembro de 2009, não só em Angra dos Reis, onde são registrados os maiores totais, mas em toda a região. Em Mambucaba, o segundo maior registro neste dia 1º de janeiro de 2010 (196,5 mm), mas a chuva mais intensa iniciou no dia anterior (31/12/2009) com 85,6 mm, totalizando mais de 280 mm de chuva em 48 horas. Desde o dia 28 de dezembro são 383,5 mm em 5 dias.

Em Jacuecanga, (Angra TRMM. 951) começa a chover de forma mais intensa no dia 31 de dezembro de 2009 (78,3 mm) até o dia 1º de janeiro (42,36 mm), somando mais de 120 mm em 48 horas. Desde o dia 28 de dezembro são 230,4 mm em 5 dias.

Tabela 13 - Registro de Chuva nas Estações Meteorológicas - Evento de 2009/10

Dia	Trindade ¹	Paraty 906 ¹	Paraty INMET ²	Paraty 950 ¹	Cunha ¹	Bananal ¹	Rio Claro 997 ¹	Rio Claro 998 ¹	Mambucaba ¹	Bracuhy ¹	Angra TRMM 951 ³	Mangaratiba Marambaia ¹	
2009	27/dez	0	0	0	0	0	0	1,05	0,3	0	0	0	
	28/dez	37.68	37.68	0	49.41	76.17	62.16	82.38	66.78	59.7	33.6	85.5	14,2
	29/dez	52.17	52.17	0	38.79	19.98	43.35	37.29	19.47	38.5	20	19.38	5,4
	30/dez	0	0	0	3.03	3.66	1.59	1.41	5.76	5	0.8	4.86	40,6
	31/dez	80.25	80.25	0	65.19	38.46	56.19	42.18	55.08	85.6	109.7	78.3	62,2
2010	01/jan	189.09	189.09	0	128.82	84.42	71.94	18.69	8.28	196.5	197.5	42.36	0
	02/jan	12.24	12.24	0	2.88	7.98	1.62	0	0.93	5.6	0	1.35	0
	03/jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: ¹NOAA, ²INMET, ³EMBRAPA

Em Paraty são registrados valores idênticos em duas das estações (Trindade e Paraty 906) nos dias 31 de dezembro (80,25 mm) e 1º de janeiro (189,09 mm), totalizando 269,34 mm em 48 horas, mas desde o dia 28 de dezembro são 359,19 mm em 5 dias. A estação de Paraty localizada mais ao norte registrou menos chuva nos dias 31 de dezembro (65,19 mm) e 1º de janeiro (128,82 mm), totalizando 194,01 mm em 48 horas, mas desde o dia 28 de dezembro são 285,24 mm em 5 dias. A estação do INMET em Paraty não registrou chuvas.

Em Bananal e Cunha, municípios serranos localizados a oeste na área de estudo, as chuvas são menos intensas nos dias 31 de dezembro (56,19 e 38,46 mm, respectivamente) e 1º de janeiro (71,94 e 84,42 mm, respectivamente), totalizando 128,13 e 122,88 mm, respectivamente em 48 horas, mas desde o dia 28 de dezembro são 235,23 mm e 222,69 mm, respectivamente, em 5 dias. Apesar de menos intensas em Cunha, as chuvas foram responsáveis por quase 600 quedas de barreiras, inundações do rio Jacuí, que ficou cinco metros acima do normal, matando seis pessoas e deixou 80% dos bairros isolados afetando mais de duas mil pessoas, fazendo com que o município decretasse estado de calamidade pública (ESTADÃO, 2010).

No município de Rio Claro, ao norte de Angra dos Reis, as chuvas foram ainda menos intensas nos pontos TRMM. 997 e TRMM. 998 nos dias 31 de dezembro de 2009 (42,18 e 55,08 mm, respectivamente) e dia 1º de janeiro (18,69 e 8,28 mm, respectivamente). Os maiores registros desse período ocorreram no dia 28 de dezembro (82,38 e 66,78 mm, respectivamente). No total foram 181,95 mm e 155,37 mm, respectivamente, em 5 dias.

Em Mangaratiba, estação Marambaia, mais a leste na área de estudo, os registros são bem menores em comparação com as demais estações. A chuva mais intensa ocorre nos dias 30 e 31 de janeiro (40,6 e 62,2 mm, respectivamente) totalizando 102,8 mm em 48 horas.

Desde o dia 28 de dezembro são 122,4 mm em 4 dias, pois no dia 1º de janeiro não há registro de chuva.

Na análise da carta sinótica do dia 28 de dezembro de 2009 observa-se uma ampla área de baixa pressão sobre o oeste e centro-sul do Brasil. Um cavado estende-se sobre o oceano atlântico a sudeste de São Paulo, contribuindo na organização de um canal de umidade entre o oceano e o sul do Sudeste brasileiro (Figura 22).

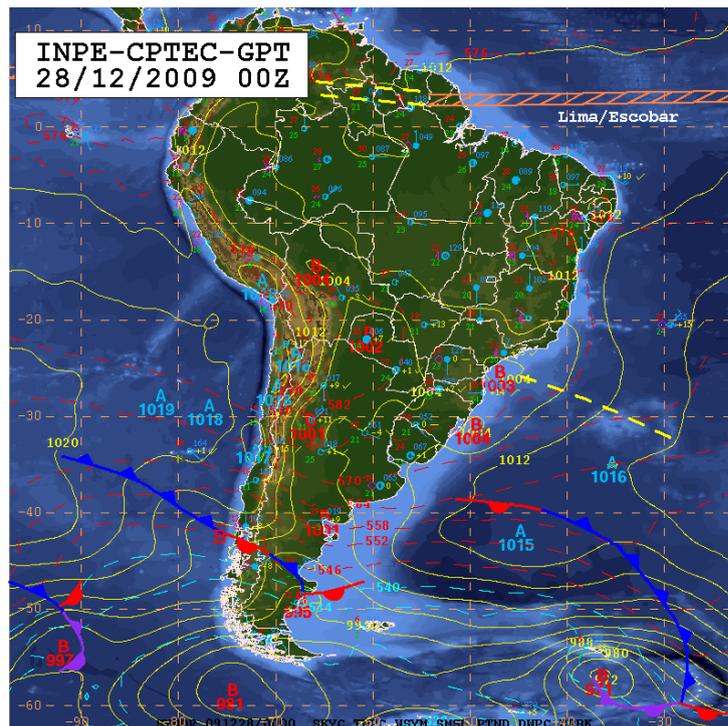


Figura 22 - Carta sinótica do dia 28 de dezembro de 2009

Na análise da carta sinótica do dia 31 de dezembro de 2009 (Figura 23) observam-se dois sistemas frontais a sul de 30S sobre o oceano atlântico. Uma frente oclusa também pode ser observada sobre o oceano atlântico em 50S, com cavados associados. Essa configuração manteve o tempo instável durante toda a semana, com céu nublado e com pancadas de chuva em grande parte do país.

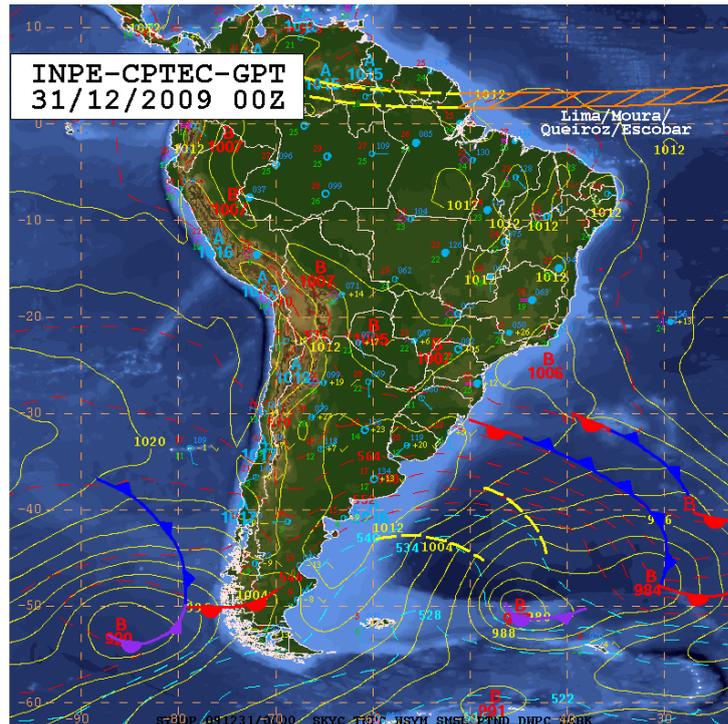


Figura 23 - Carta Sinótica do dia 31/12/2009

Na Figura 24 é possível perceber que a precipitação acumulada nos dias 31 de dezembro de 2009 e 1º de janeiro de 2010, se comparada com o evento de 2013 (Figura 26), foi um pouco menos intensa sobre o município de Angra dos Reis, mas mais intensa sobre alguns dos demais municípios, como descrito anteriormente, causando estragos em alguns municípios já mencionados como queda de barreiras, soterramento de casas com perdas materiais e de vidas, em Angra dos Reis e Cunha.

Espacialização da Precipitação Acumulada nos dias 31 de dezembro de 2009 e 01 de janeiro de 2010

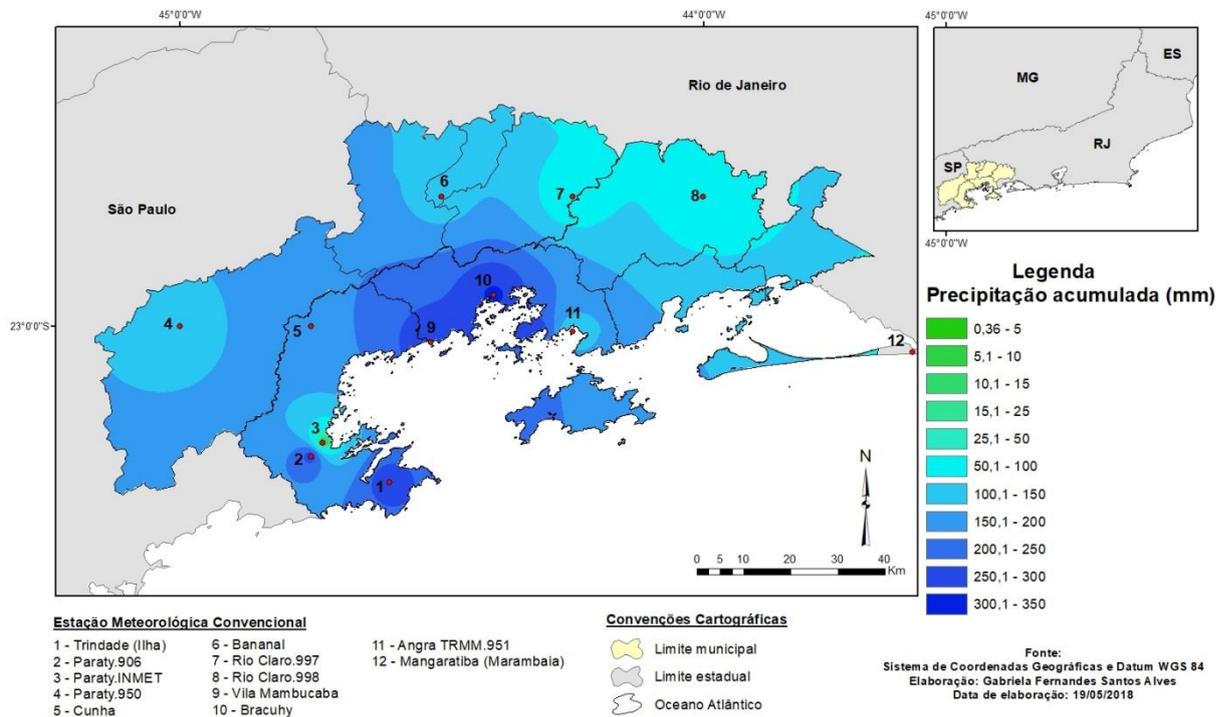


Figura 24 - Espacialização da Precipitação Acumulada nos dias 31 de dezembro de 2009 e 01 de janeiro de 2010

- Evento de 2013

Durante a última semana do ano de 2012 e a primeira de 2013 chove bastante em toda a região. No dia 03 de janeiro são registrados os maiores totais na região, principalmente em Angra dos Reis: em Mambucaba, o registro máximo de 318,9 mm de chuva, sendo que continuou a chover no dia seguinte (04/01) quando foram registrados mais 127,8 mm. Neste evento concentrado precipitou mais de 446 mm em 48 horas, um quinto do esperado para todo o ano em Mambucaba, segundo a média deste período (Tabela 14).

Em Bracuhy foi registrado 224,3 mm no dia 3 de janeiro, sendo que continuou a chover no dia seguinte (04/01) quando foram registrados mais 111 mm, totalizando mais de 335 mm em 48 horas. Já a estação TRMM. 951, localizada no bairro Jacuecanga, zona leste do município de Angra dos Reis, embora também muito próxima, registra chuvas muito menos intensas nos dias 3 e 4 de janeiro, quando precipitam 71,25 mm e 47,37 mm, respectivamente. Um total de mais de 118 mm em 48 horas que, no entanto, é muito inferior ao registrado em Mambucaba (446 mm) e Bracuhy (335 mm).

Tabela 14 - Registro de Chuva nas Estações Meteorológicas - Evento de 2013

Dia	Trindade ¹	Paraty 906 ¹	Paraty INMET ²	Paraty 950 ¹	Cunha ¹	Banana ¹	Rio Claro 997 ¹	Rio Claro 998 ¹	Mambucaba ¹	Bracuhu ¹	Angra TRMM 951 ³	Mangaratiba Marambaia ¹	
2012	27/dez	3	3	0	0	13,56	0	0	0	0	0	0	
	28/dez	14.76	14.76	14.76	67.44	31.02	41.34	13.74	1.38	1.6	0	28.59	2.97
	29/dez	14.76	14.76	0	4.23	17.85	0	0	0	0	17.2	0	3
	30/dez	36.45	36.45	0	34.56	37.89	19.89	66.69	7.71	5.1	31.2	10.5	0
	31/dez	16.53	16.53	0	12.81	34.38	20.79	17.25	22.53	8	26.5	8.85	2.2
2013	01/jan	2.25	2.25	0	1.2	1.71	13.5	4.29	0	13	2.4	2.79	0
	02/jan	10.92	10.92	10.92	12.33	40.71	1.2	0	0	13.2	9.5	0	0
	03/jan	56.7	56.7	56.7	34.14	21.3	19.47	26.61	35.13	318.9	224.3	71.25	25.8
	04/jan	1.53	1.53	1.53	2.82	1.32	11.85	11.94	23.55	127.8	111	47.37	16.62
	05/jan	6.36	6.36	0	11.04	15.99	2.13	1.74	2.79	1.5	1.2	2.55	0

Fonte: ¹NOAA, ²INMET, ³EMBRAPA

A motivação para ocorrência desse evento concentrado pode ser entendido a partir da análise da carta sinótica, onde se observa a presença de um sistema frontal estacionário atuando desde o nordeste do Paraná, passando pelo litoral norte de São Paulo e sul do Rio de Janeiro, prosseguindo para o oceano atlântico. A variação dos índices pluviométricos acompanha o enfraquecimento do sistema frontal (Figura 25).

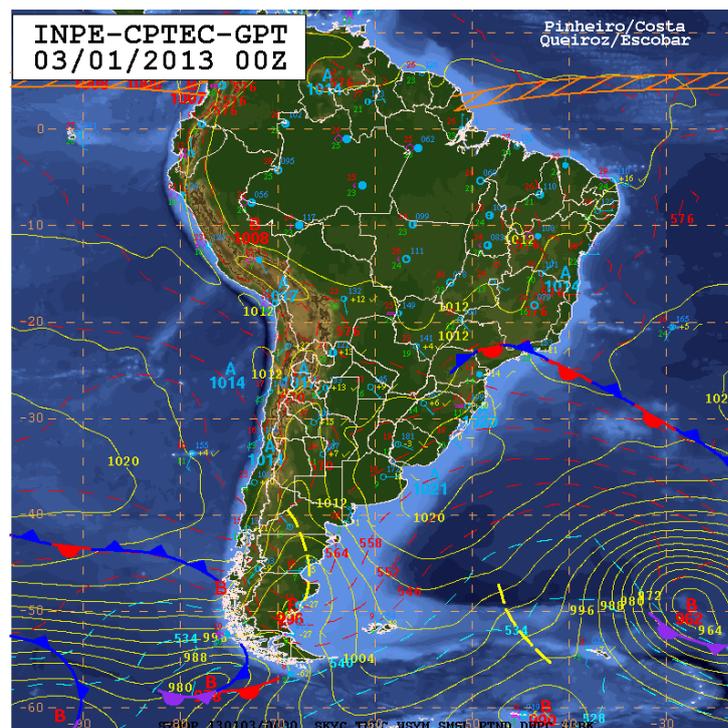


Figura 25 - Carta Sinótica do dia 03/01/2013

Na Figura 26, a espacialização da precipitação acumulada nos dias 3 e 4 de janeiro de 2013, mostra que este evento, que causou perdas materiais em bairros da zona oeste da cidade de Angra dos Reis, foi mais intenso sobre este município do que nos demais, principalmente nas áreas do Parque Mambucaba e Bracuhy, como destacou a manchete jornalística mencionada. Mangaratiba também sofreu com chuva forte, mas as demais localidades não.

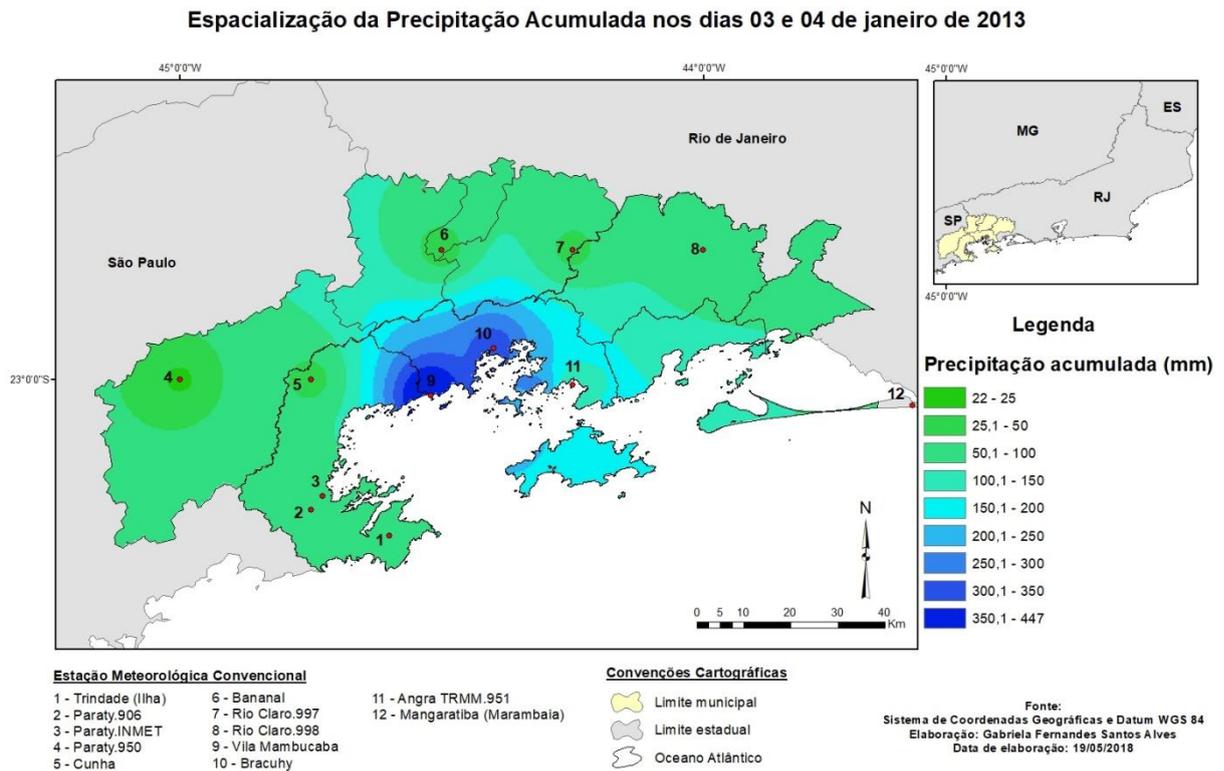


Figura 26 - Espacialização da Precipitação Acumulada nos dias 03 e 04 de Janeiro de 2013

4.2.1 Valores extremos de precipitação: identificação e análise

Em relação ao cálculo dos extremos de precipitação foi possível avaliar se um determinado ano está muito acima ou abaixo dos valores extremos e, por consequência, observar os anos onde, em probabilidade, a ocorrência de um evento extremo torna-se mais propício. As excepcionalidades podem ser encontradas tanto acima como abaixo da média, deflagrando processos geomorfológicos distintos.

O cálculo dos extremos de precipitação fora realizado para dez estações da área de estudo, a Tabela 15 mostra os cálculos e valores obtidos para cada estação. Destacam-se os anos de 2002, 2009/2010 e 2013 para Angra dos Reis, esses três anos estão relacionados à

ocorrência de grandes eventos geomorfológicos que acarretaram em muitas perdas socioeconômicas. Os principais eventos ocorridos foram deslizamentos de massa, atingindo muitos pontos da cidade e, também, muitos casos de inundações.

Ao longo desses anos, eventos pluviométricos muito acima da média foram registrados. Esses eventos foram classificados como extremos, possibilitando a observação de um ano padrão chuvoso ou tendente a chuvoso. A exceção é o ano de 2002, onde a ocorrência de um episódio catastrófico, ocorrido em dezembro, acarretou em uma das maiores tragédias socioeconômicas e ambientais da história de Angra dos Reis, sobretudo, o padrão observado em 2002 foi de um ano padrão classificado como normal, o que corrobora com a intensidade daquele evento.

A partir de uma visão panorâmica, a série temporal de 16 anos (2001-2016) para todas as estações pluviométricas da área de estudo, independentemente de suas localizações a barlavento e/ou a sotavento, apresentam acumulados pluviométricos que variam de acordo com as características do clima tropical, onde há uma maior concentração de chuvas nos meses de primavera (23 de setembro a 22 de dezembro) e verão (22 de dezembro a 20 de março), e uma diminuição dos totais de precipitação nos meses de outono (20 de março e 21 de junho) e inverno (21 de junho a 23 de setembro).

Sobretudo analisando em um maior detalhe, nota-se o efeito orográfico nos totais de chuva do município de Angra dos Reis, especificamente nas estações Mambucaba e Bracuhy, onde estão concentrados os maiores volumes de precipitação (Figura 21, 24 e 26). Do ponto de vista dos seus respectivos máximos acumulados em 24h, pode-se afirmar que metade das estações, seis em doze, apresentaram o registro máximo da série do ano de 2010 (Bananal, Trindade, Paraty 905, Paraty 906, Rio Claro 997 e Rio Claro 998), e outras três estações apresentaram registros muito elevados (Cunha, Bracuhy e Mangaratiba) também neste ano. Outros registros máximos ocorreram em 2006 na estação Mangaratiba/Marambaia, em 2008 no ponto Angra TRMM.951, em 2011 na estação Paraty INMET, e em 2013 nas estações Cunha, Mambucaba e Bracuhy. No ano de 2013 foram registradas as maiores concentrações de chuva em 24 horas: em Bracuhy foram 224,3 mm e Mambucaba 318,9 mm.

Segundo Galvani (2005), os valores máximos podem apresentar uma maior importância do que as médias, pois estas são valores relativos e não necessariamente representam a realidade da variabilidade de um determinado atributo do clima.

A segunda etapa da análise estatística dos dados de precipitação da área de estudo consistiu na investigação dos valores extremos de chuva para cada estação e seu respectivo

município. Para isso conforme item 3.7 essa etapa se baseou na metodologia proposta por Lyra (2006) para execução e validação dos resultados obtidos.

A formação do relevo da Serra do Mar associado às descontinuidades das perturbações extratropicais e tropicais somado a fenômenos meteorológicos podem propiciar a ocorrência de eventos de chuvas extremas que são “(...) em termos meteorológicos ou climatológicos, grandes desvios de um estado climático moderado” (MARENGO, 2010; p.6). Extremos pluviométricos podem ocorrer tanto a níveis muito superiores a média pluviométrica e, nesse caso, ligado a chuvas torrenciais em curtos intervalos de tempo, podendo levar a deflagração de movimentos de massa, cheias e inundações, quanto a níveis inferiores à média, estando associado à ocorrência de eventos de estiagem.

Grandes eventos pluviométricos podem facilitar à ocorrência de movimentos de massa, principalmente quando associados a um solo previamente encharcado. E, desta forma, diante da definição de movimentos de massa de Tominaga et. al., (2006; p.27), o papel da água é importante, pois “(...) o movimento do solo, rocha e/ou vegetação ao longo da vertente se dá sob a ação direta da gravidade” e a água leva a “(...) redução da resistência dos materiais de vertente e/ou indução do comportamento plástico e fluido dos solos”, deixando cicatrizes na paisagem, que podem ser compreendidas como “(...) resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente, uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução”. (BERTRAND, 2004, p.141)

Um lado oposto dos eventos extremos, o qual muitas pessoas tendem a negligenciar, é que estes podem estar relacionados a totais pluviométricos abaixo da média. Para Castro (1998; p.161) tais eventos podem ser compreendidos sob “(...) ponto de vista meteorológico (...) caracterizada por provocar uma redução sustentada das reservas hídricas existentes”. Períodos prolongados de estiagem acarretam, portanto, redução na vazão de sistemas fluviais, impactando no abastecimento de núcleos populacionais; eventos muito comuns na área de estudo.

A identificação de eventos extremos pluviométricos foi avaliada pela metodologia sugerida por Lyra (2006) de distribuição de probabilidade de retorno a cada 10 anos através do percentil 95 (Tabela 15). Nota-se que os valores acumulados de precipitação em dia de desastres não acompanham os valores extremos de chuva, se comportando de modo distribuído com exceção das estações Trindade e TRMM. 906 (Paraty) que no episódio de 2009/2010 apresentou acumulados superiores (269,34 mm e 269,3 mm) ao valor extremo. O mesmo ocorreu com a estação Mambucaba no episódio de 2013. Ou seja, os desastres

ocorridos foram resultado de uma alteração no comportamento da atmosfera bem como atuação de sistemas frontais.

Cabe destacar que a série de dados utilizada (2001 a 2016) é considerada curta para esta análise, que necessita de pelo menos vinte anos de dados. Sendo assim, foram utilizados dados disponibilizados por Lyra⁸ que utilizou uma série de dados mais longa, com 50 anos de dados (1948-1998), sobretudo, as estações não são coincidentes. Por conseguinte, a correlação dos dados se deu a partir da proximidade das estações a fim de comparar o comportamento dos valores extremos e assim validar a metodologia utilizada com uma série mais curta (Figura 27).

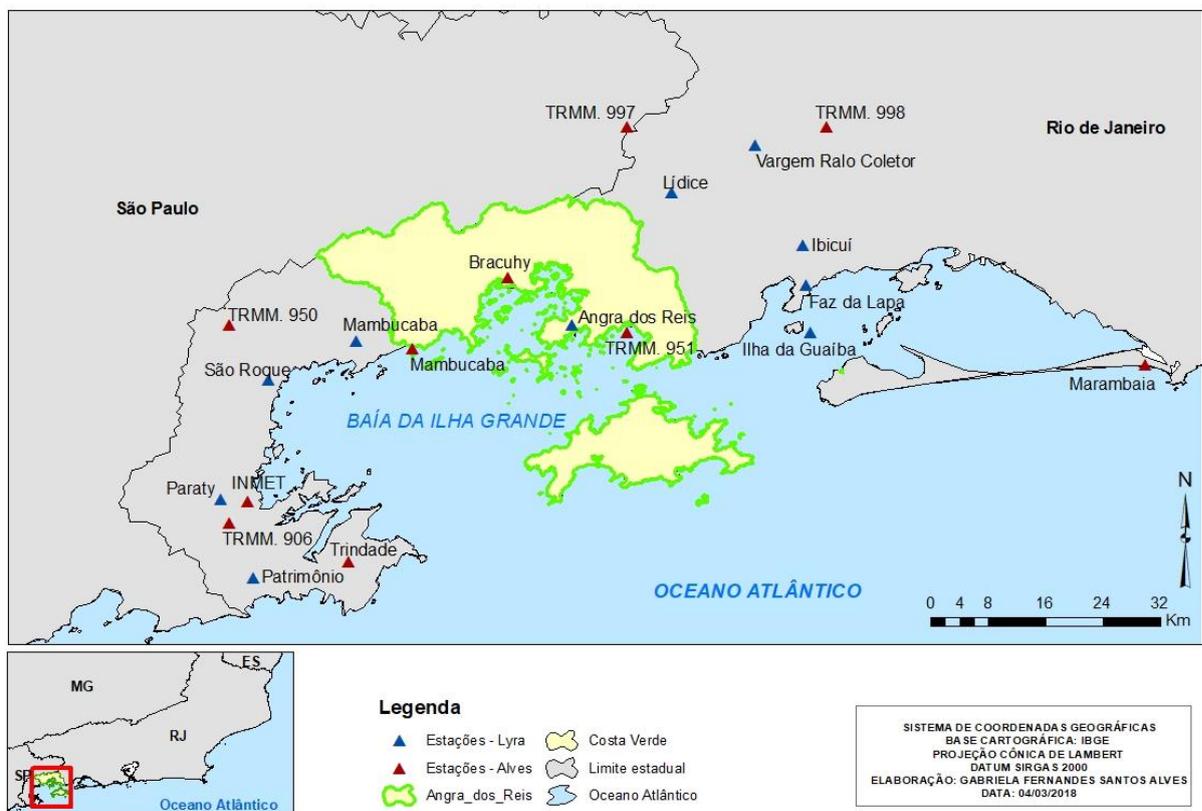


Figura 27 - Mapa de Localização das estações de Lyra e Alves

⁸ Estudo referente ao estado do Rio de Janeiro, mas que ainda não foi publicado.

Tabela 15 - Valores Extremos de Precipitação área de estudo comparado com Lyra (2006), por estação e município

Metodologia	Longitude	Latitude	Estação	Município	Estado	Percentil 0,95	2002	2009/10	2013
ALVES	-44,2360	-22,5624	Bracuhy	Angra dos Reis	RJ	338,0	211	307,2	335,3
	-44,1500	-23,0036	TRMM. 951			216,0	2,49	120,66	118,62
	-44,3112	-23,0148	Mambucaba			395,1	132,2	282,1	445,8
	-43,3600	-23,0300	Marambaia	Mangaratiba		234,6	2,34	62,2	42,42
	-44,4312	-23,1323	Paraty INMET	Paraty		244,8	14,07	0	58,23
	-44,3600	-23,1800	Trindade			214,3	14,07	269,34	58,23
	-44,4500	-23,1500	TRMM. 906			208,2	14,07	269,3	58,23
	-44,4500	-23,0000	TRMM. 950			214,7	24,06	194	36,96
	-44,1500	-22,4500	TRMM. 997	Rio Claro		232,3	23,94	63,36	38,55
	-44,0000	-22,4500	TRMM. 998			271,5	13,29	63,36	58,68
-44,5900	-23,0200	Mambucaba	Angra dos Reis	233,8					
-44,3200	-23,0000	Angra dos Reis		196,5					
-44,0300	-22,9000	Ibicuí	Mangaratiba	193,6					
LYRA	-44,0200	-23,0100	Ilha Guaíba	Paraty	209,5				
	-43,8086	-22,3425	Faz da Lapa		206,6				
	-44,7600	-23,2200	Parati		184,2				
	-44,7200	-23,3200	Patrimônio		212,7				
	-44,7000	-23,0700	São Roque		236,0				
	-44,1942	-22,8331	Lídice		Rio Claro	180,0			
	-44,0900	-22,7731	Vargem Ralo Coletor			181,0			

Os valores extremos de precipitação para a área de estudo, são todos aqueles resultantes do percentil 95, ou seja, qualquer acumulado de precipitação igual ou maior aos determinados pelo percentil 95 caracterizam eventos extremos de precipitação. Sendo assim, ao analisar os recentes episódios com maior repercussão na mídia (2002, 2010 e 2013), nota-se que apenas os eventos de 2010 (estação Trindade – 269,34 mm/ TRMM. 906 – 269,3 mm) e 2013 (estação Mambucaba – 445,8 mm) se consolidaram enquanto evento extremo, já 2002 se apresenta dentro da normalidade, ou seja, com todos os acumulados abaixo do valor indicado no cálculo do percentil, o que remete a um evento pontual.

Na Tabela 15 comparando o comportamento dos valores extremos a fim de validar a metodologia utilizada em uma série curta, percebem-se similaridades nos resultados do percentil 95 mesmo não sendo as mesmas estações, e sim estações com localidades próximas. Evidencia-se na relação entre a Tabela 15 e a Figura 27:

- Marambaia percentil 95 igual a 234,6 mm (vermelho) enquanto sua correspondente Ilha da Guafba 209,5 mm (azul);
- Paraty INMET percentil 95 igual a 244,8 mm (vermelho) enquanto seu correspondente São Roque 236,0 (azul);
- Trindade percentil 95 igual a 214,3 mm enquanto seu correspondente Patrimônio 212,7 mm.

4.3 Vulnerabilidade Social: caracterizando a população

Essa análise buscou territorializar os indicadores sociais de desigualdade intra-urbana, a partir dos valores do ICVS, de modo a caracterizar, diferenciar e distinguir áreas ou lugares segundo a composição socioeconômica das diferentes classes sociais que neles habitam.

- **Indicadores de Caracterização Contextual:** este grupo de indicadores compreende as noções de demografia e de habitação, sendo possível identificar a localização/distribuição/concentração de elementos indicativos de desigualdade. Indicador selecionado idade.

Não se entende ser a presença de maior ou menor média de habitantes por domicílio em cada setor censitário que um indicador será pior (inferior), ou melhor, (superior). Sobretudo, um maior adensamento populacional pode significar um aspecto relevante da qualidade de vida e um indicativo da desigualdade urbana. Na perspectiva idade, idosos e crianças são os mais vulneráveis, devido a maior sensibilidade emocional, requerer cuidados especiais e mobilidade limitada.

- **Indicadores de Meios de Consumo Coletivo:** apresentam características de consumo como o acesso das residências e das pessoas em relação à infraestrutura de saneamento básico essencial à garantia de melhores condições de vida para toda a população da cidade. Analisou-se ainda a escolaridade ou a instrução do responsável pelo domicílio. Indicadores selecionados infraestrutura e educação.

Entende-se que a oferta e a garantia de acesso a esses serviços a população é papel fundamental por parte do poder público e fundamental para garantir uma condição de vida digna para os moradores da cidade em sua totalidade.

Desta forma, um grande número de doenças e enfermidades que acometem os indivíduos (principalmente a população infantil) é evitável por ações preventivas já conhecidas e comprovadamente eficazes. É, portanto, fundamental que todos os cidadãos tenham acesso aos serviços de infraestrutura, como água ligada à rede geral, esgoto e coleta de lixo.

No tratante a educação, o nível de escolaridade das pessoas terá forte influência tanto no seu rendimento individual como no rendimento coletivo das organizações a que estão

inseridas. Por essas e outras razões, a educação é considerada uma das melhores iniciativas para reduzir as desigualdades sociais, ao trazer oportunidades de melhor qualificação do conjunto da população.

- **Indicadores de Apropriação Individual:** indicadores referentes ao poder aquisitivo dos chefes de família na medida em que o acesso aos bens de consumo individuais e mesmo a vários bens de uso coletivo se dá através do mercado. Sendo assim, estes indicadores permitiram ampliar o enfoque usualmente restrito às carências da população e incorporar as privações do espaço vivido abordando, desta forma, distintas dimensões da desigualdade. Indicador selecionado renda.

A partir da análise deste indicador, percebe-se como é relevante a presença da classe de maior poder aquisitivo em apenas alguns poucos setores e em determinadas áreas da cidade, enquanto que os setores de índice inferior, onde se localizam as classes sociais de menor poder aquisitivo ocupam uma área bem maior e em quase todo o espaço da cidade.

Desse modo, mesmo sabendo que a renda não é o único elemento a determinar as condições de vida, em uma sociedade capitalista ela é fundamental fazendo com que as desigualdades socioespaciais urbanas se intensifiquem, acirrando ainda mais os processos de segregação socioespacial⁹ nas cidades capitalistas.

A Figura 28 com base na espacialização da vulnerabilidade da área de estudo a partir do ICVS representa uma análise qualitativa da desigualdade socioespacial e por assim dizer da segregação socioespacial como elemento importante na estruturação do espaço da cidade de Angra dos Reis.

Essa abordagem geográfica revelou que diante das associações feitas entre os dados referentes às condições demográficas, infraestrutura, renda e educação, fica claro que a desigualdade socioespacial apesar de disseminada por quase toda área em estudo, é mais acentuada em áreas de determinadas regiões da cidade, configurando um agrupamento destas áreas.

⁹ O processo de segregação socioespacial possibilita uma melhor compreensão de como o espaço urbano vem se organizando e sendo alvo de processos que só aumentam a disparidade social. Souza (2000, p. 91) argumenta assim que a fragmentação a que se faz referência é algo diverso. É espacial, e não meramente setorial; é especificamente (sócio) política, embora não implique uma mudança da malha territorial oficial, e sim no surgimento, na disseminação e no incremento de fortes “territorialidades excludentes”, no âmbito da sociedade civil, tanto entre os próprios excluídos, tanto entre os socioeconomicamente privilegiados.

Em uma relação dialética, ao concentrarmos os índices socioespaciais superiores e, conseqüentemente, as classes sociais dominantes em apenas algumas áreas gerais da cidade, concentramos em outras porções da cidade as classes populares, juntamente com os índices inferiores, ou seja, ao passo que se valoriza uma determinada área da cidade, outra área se torna menos valorizada ou mais depreciada como também quando se auto-segrega, em condomínios exclusivos, resorts, segrega-se e se exclui outra parcela da população, como nota-se a partir da leitura do mapa de espacialização da vulnerabilidade (Figura 28).

As análises feitas permitem assim afirmar que nas cidades de hoje fica fácil identificar os espaços diferenciados – áreas industriais, bairros nobre para a população de maior poder aquisitivo, o centro de negócios, as periferias – o que facilita a distribuição de funções e atividades urbanas e conseqüentemente a divisão social do espaço (CORREA, 1999).

As análises também pontuaram que, complementarmente as desigualdades sociais sobrepõem-se diferenças internas significativas, que sinalizam que apesar de pessoas de diferentes classes sociais morarem bastante próximas geograficamente, as barreiras a uma proximidade efetiva se mantêm.

Assim, o mapeamento da vulnerabilidade torna-se essencial para o gerenciamento de desastre, pois é através dele que se podem identificar áreas que potencialmente serão mais prejudicadas. Além disso, esta ferramenta indica áreas que necessitam de mais investimentos do poder público, não apenas relacionados a desastres, mas também relacionada à qualidade de vida. A vulnerabilidade aqui dimensionada envolveu variáveis como educação e renda, ou seja, indicadores de desenvolvimento social.

Mapa de Vulnerabilidade Social da Área de Estudo

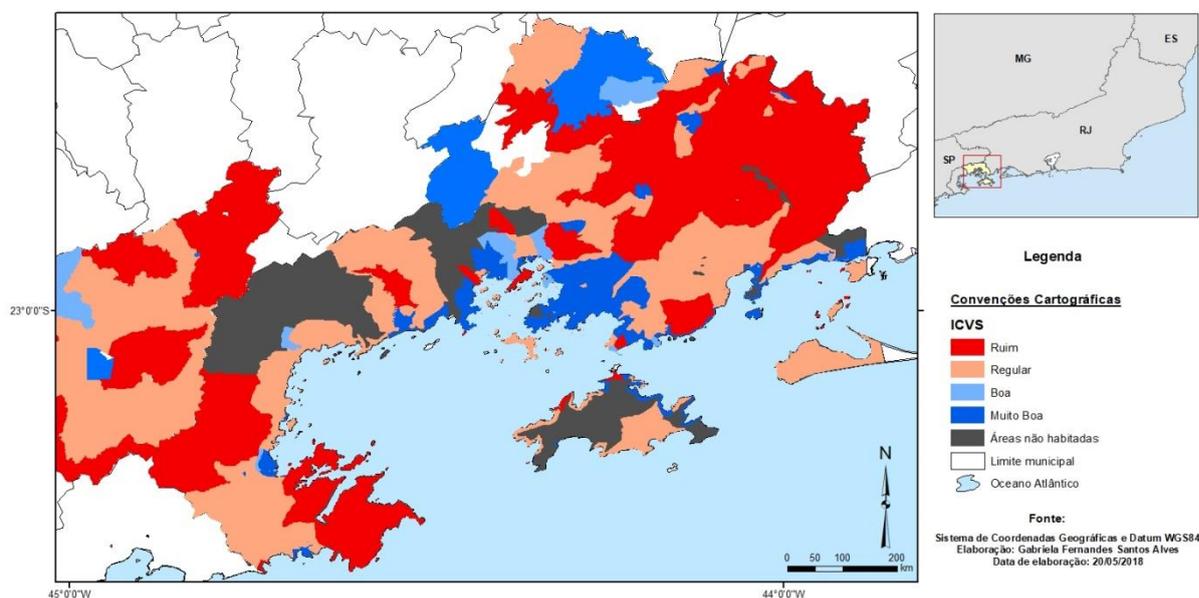


Figura 28 - Mapa de Vulnerabilidade Social da área de estudo (ICVS)

O resgate histórico ajuda melhor compreender e fundamentar essa espacialização da vulnerabilidade: a partir do início da década de 1970, o município de Angra dos Reis, passou por diversas transformações deflagradas por um ciclo de investimentos estatais de cunho estratégico. Dentre eles, o trecho da Rodovia Federal BR – 101 que liga a cidade do Rio de Janeiro a Santos, São Paulo, inaugurou uma nova fase no seu desenvolvimento através da ampliação das oportunidades oferecidas ao capital imobiliário tendo em vista o incremento das taxas de urbanização devido à crescente industrialização, especialmente no que se refere ao desenvolvimento da atividade turística.

Desse processo têm emergido diversas contradições, notadamente no que diz respeito à distribuição dos custos da urbanização e ao consumo predatório dos recursos cênicos e ambientais do município, que se tornou campo de disputas entre os interesses do capital imobiliário, de um lado, e dos grupos sociais que buscam alternativas de desenvolvimento local com base num tipo de atividade turística, calcada no manejo sustentável dos recursos naturais e culturais presentes na região.

Diante de um fator geográfico singular – o município abriga poucas áreas planas -, as pequenas planícies aluvionais, como Jacuecanga, Monsuaba, Japuíba e Mambucaba se

tornaram o destino natural de localização da população trabalhadora. Esse foi o primeiro passo para a retração das atividades agrícolas. Com a revalorização dos terrenos, vários antigos proprietários, que haviam abandonado suas fazendas em décadas anteriores, resolvem retomar suas terras, ou, com mais frequência, repassaram suas propriedades para firmas imobiliárias.

Os conflitos de terra que desencadearam no momento da construção da BR – 101 e nas décadas seguintes tiveram um grande impacto na política local. O povoamento nuclearizado em torno dos grandes empreendimentos, porém disperso ao longo da costa marítima do município, agravou o problema municipal de infraestrutura, uma vez que a dispersão das construções encarece a construção de redes de escoamento de águas pluviais, de esgoto, de água, de energia para a população urbanizada.

O fato mais notável na evolução populacional de Angra dos Reis é, sem dúvida, sua urbanização. A urbanização quase total da população municipal indica uma mudança de estilo de vida, de expectativas, de nível de consumo, que distingue de maneira absoluta a Angra dos Reis de hoje daquela do passado. É uma verdadeira bifurcação na história.

A alta taxa de urbanização não pode ser explicada por um único fator em particular, por exemplo, o industrial. O fato de o município ter atingido tal proporção de população urbana é um indício da diversificação da economia local, basicamente, do crescimento do emprego no setor de serviços e, secundariamente, do comércio. Essa tendência de expansão dos serviços não é particular a Angra dos Reis, ao contrário, o crescimento do setor de serviços está associado ao processo de urbanização, caracterizando hoje a maior parte dos países da economia urbana mundial.

Os grandes projetos também tiveram um papel contraditório. Sem dúvida colaboraram no sentido de atrair uma mão de obra mais qualificada, ou mesmo de incentivar sua profissionalização, porém não criaram outras atividades associadas para garantir a sustentabilidade deste processo e de suas consequências no município. Após esses grandes eventos, o passivo deixado no município foi muito grande, com o adensamento populacional nas áreas urbanas e a escassez de planícies nessas regiões, começaram a se formar os aglomerados de residências encosta acima. Essas ocupações irregulares e na maioria das vezes fora dos padrões mínimos de segurança, do ponto de vista construtivo, associada às características do solo e ao alto total pluviométrico, inserem o município de Angra dos Reis entre as 51 cidades com maior risco para deslizamentos e movimentos de massa do país, ou seja, 57% da população estariam vivendo em áreas de risco (CPRM, 2011).

A região central do município é composta por pequena faixa litorânea, cercada por comunidades formadas nas encostas, os chamados “Morros”. Cerca de 70% da população residente na região central, está distribuída pelos morros.

Ainda na Figura 28 a partir da divisão dos setores censitários de acordo com o grau de vulnerabilidade social da população da região da Costa Verde Fluminense, constata-se que a maior parte da população está inserida no intervalo ruim e/ou regular do critério de classificação do Índice de Condição de Vida e Saúde – ICVS e que uma minoria da população encontra-se classificada com condições boa e/ou muito boa.

Ao compararmos o mapa de vulnerabilidade social (Figura 28) com o mapa de espacialização da precipitação acumulada no período de 2001 e 2016 (Figura 18) percebemos que o perfil da população nas áreas onde mais chove acompanha o modelo de urbanização da região.

Em Angra dos Reis a margem litorânea que é ocupada pelos grandes resorts e/ou condomínios de luxo, justifica os bons índices de ICVS no município. Em contrapartida, as áreas próximas a Serra do Mar e centro apontam uma maior ocupação da população menos favorecida e, portanto os índices ruim e/ou regular.

5. Considerações Finais

A região da Costa Verde possui elevados totais pluviométricos, sendo um dos maiores do estado do Rio de Janeiro. Tais totais estão condicionados, principalmente, ao relevo, em especial pela proximidade da Serra do Mar, que irá controlar o chamado efeito orográfico e que é um importante mecanismo de compreensão da dinâmica pluviométrica local.

Ademais, a própria conformação da costa favorece a ocorrência de chuvas mais constantes e intensas em localidades específicas do trecho TRMM. 950 (Paraty) e Bracuhy (Angra dos Reis). O município de Rio Claro, por sua vez, localizado no topo da Serra da Bocaina, apresenta os menores valores de precipitação. Em termos de acumulado anual, estes valores de precipitação ocorrem em função da inter-relação entre relevo e umidade do ar.

Nesse contexto, Angra dos Reis se encontra em uma posição confrontante ao deslocamento das frentes frias fazendo com que os máximos de precipitação ocorram a barlavento da Serra do Mar. O relevo força a elevação do ar úmido que resfria e condensa, favorecendo a formação de nuvens e produzindo precipitação intensa, como verificado em Mambucaba e Bracuhy, onde o total anual de chuvas ultrapassou 3.000 mm no ano de 2010.

Após a ocorrência de precipitação a barlavento da escapa, o ar torna-se mais seco e desce a barreira orográfica sendo comprimido e aquecido, inibindo a formação de nuvens e de precipitação. Portanto, as áreas a sotavento das barreiras topográficas locais apresentam índices mais modestos de precipitação, como ocorre na área continental em Paraty e nos municípios situados sobre a Serra do Mar, como: Bananal, Cunha e Rio Claro que apresentam índices pluviométricos anuais inferiores a 2.000 mm.

Analisando os três eventos catastróficos relacionados aos episódios de pluviosidade intensa nos anos de 2002, 2010 e 2013, observa-se que os totais de pluviosidade registrados:

- foram maiores nos meses de dezembro e janeiro;
- foram maiores no município de Angra dos Reis, nas estações Mambucaba e Bracuhy;
- estiveram associados à passagem de sistemas frontais;
- foram maiores a cada evento: 2002 foi intenso (Mambucaba: 132,2 mm; Bracuhy: 211 mm), mas 2010 foi mais (Mambucaba: 282,1 mm; Bracuhy: 307,2 mm) e 2013 ainda mais, sendo o mais intenso dos três (Mambucaba: 446,7 mm; Bracuhy: 335,3 mm).

Ao relacionar os totais observados nos eventos com os extremos, é possível afirmar que o evento de 2002 não se consolidou enquanto um evento extremo em nenhuma das estações, já o evento de 2010 se consolidou como um evento extremo para as estações de Trindade e TRMM. 906 assim como o evento de 2013 que se consolidou como um extremo

para a estação Mambucaba. As consequências causadas pelos eventos extremos tornaram-se mais graves devido à distribuição da condição de vida da população, ruim/regular, nessas localidades.

Assim, percebe-se que os problemas enfrentados em Angra dos Reis são uma conjunção de processos naturais e sociais ocasionados pela proximidade da vertente da Serra do Mar com o Oceano Atlântico, fazendo com que episódios eventuais se tornem catastróficos para uma parcela da população, normalmente aquelas que por não possuírem condições financeiras para habitarem locais mais seguros da estreita planície, acabam por ocupar as encostas, as mais afetadas por fenômenos naturais mais intensos. É preciso que a Prefeitura de Angra dos Reis, juntamente com os governos estadual e federal, crie estratégias que impeçam a ocupação de encostas e áreas próximas aos principais rios da região, áreas suscetíveis aos efeitos das chuvas intensas, tornando-as menos vulneráveis.

Pensar a cidade e a urbanização significa enfrentar desafios que se colocam tanto no campo metodológico, quanto no campo da ação prática e em especial na formulação de políticas de combate às desigualdades sociais que devem ser norteadas por alguns princípios essenciais:

- Integração das ações municipais;
- Territorialização das ações em bairros distintos;
- Participação da comunidade nas decisões pública;
- Ampla provisão de moradias sociais em diversas áreas ociosas;
- Legislação que execute de forma adequada o zoneamento urbano a fim de garantir a distribuição igualitária pelo espaço urbano de serviços essenciais a comunidade e;
- Imposto progressivo para terrenos vazios.

Desse modo, é importante frisar que a segregação deve ser enfrentada com políticas de intervenção através de uma perspectiva integral, vinculando as dimensões econômicas, social e urbana. As políticas públicas desse modo devem ser de inclusão urbana e de combate às desigualdades e diferenciações socioespaciais em seus diversos níveis e dimensões.

É importante salientar que a metodologia de espacialização dos indicadores sociais permitiu o conhecimento e o entendimento de que a precariedade territorial é mais presente e evidente em determinadas partes da cidade. Isso demonstra e aponta que o lugar de cada um não é definido aleatoriamente na cidade capitalista. Pelo contrário, alguns agentes da produção do espaço urbano são fundamentais na definição dos lugares da diferença.

Desta maneira, é notório, que o Estado e os agentes imobiliários tiveram influência na determinação da localização e das características dos espaços produzidos para os mais pobres, região central, e dos mais ricos, basicamente, nas áreas dos bairros onde se localizam os condomínios exclusivos e resorts, na orla de Angra dos Reis. A concentração de condomínios e similares destinados a cada um desses grupos sociais, como se demonstrou ao longo desta dissertação, evidenciaram um processo de segregação socioespacial: concentração de moradias de uma classe social em um determinado espaço da cidade, resultante de processos socioeconômicos, políticos e ideológicos predominantes em dado momento histórico e que atuam estruturando a cidade em áreas social e espacialmente diferenciadas.

Além disto, Angra dos Reis tornou-se uma malha de agentes produtores do espaço com diferentes interesses sobreposto, tanto na escala federal, estadual e municipal como também da iniciativa privada, da sociedade local e dos diferentes grupos socioeconômicos. Cada grupo na defesa de seus interesses tendo como palco o território municipal de Angra dos Reis. Sendo assim, o município de Angra dos Reis é um laboratório vivo, em constantes transformações espaciais que foram desencadeadas por diferentes grupos sociais durante um curto período e, por isso mesmo, palco de constantes conflitos entre os diferentes atores sociais.

É importante ressaltar que este trabalho é de cunho exploratório e, como tal, apenas levantou questões para estudos e não pode ser generalizado para todo e qualquer tipo de região e/ou eventos extremos. Entretanto, cabe ressaltar que as ideias aqui levantadas podem servir como um incentivo para maior conhecimento sobre a temática de eventos extremos de chuva.

Sugestões

A disposição do município de Angra dos Reis entre a cadeia montanhosa da Serra do Mar e o litoral da Baía da Ilha Grande, bem como os tipos de solo encontrados na região e a ocupação irregular das encostas, cujos cortes de taludes são práticas comuns para dar lugar a residências, ou seja, grande é a suscetibilidade a ocorrência de deslizamentos, principalmente nos meses de verão, em decorrência ao volume de precipitação de chuvas.

Com todos esses aspectos a cidade necessita de uma rede pluviométrica adequada, para que se possa obter uma melhor relação da precipitação com deslizamentos no município. É necessário, também, a elaboração de mapas de riscos de deslizamentos de todo o município, que conjugado ao método apresentado no capítulo 3 e a previsão de precipitação fornecida por

um modelo atmosférico de mesoescala, possibilitarão o desenvolvimento de um sistema de alerta para a região mais eficiente.

Para aplicação da metodologia desenvolvida nesta dissertação ao método ajustado para o município de Angra dos Reis, se faz necessário um maior refinamento do estudo da vulnerabilidade social da população indissociavelmente da suscetibilidade ambiental.

5 Referência Bibliográfica

AKKALA, Arjun; DEVABHAKTUNI, Vijay & KUMAR, Ashok. Interpolation techniques and associated software for environmental data. *Environ. Progress Sust. Energy*, 29: 134-141, 2010.

ALEXANDRE, G. R. Estudo para identificação de tendências do regime pluvial na região metropolitana de belo horizonte a partir de métodos estatísticos e modelos climáticos. 2009. 215 p. Dissertação de mestrado (Programa de pós-graduação em saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte/MG. Disponível em:. Acessado em: outubro de 2017.

ALFONSI, R. R.; PINTO, H. S.; PEDRO JUNIOR, M. J. Estimativas das normais de temperatura média mensal e anual do estado de Goiás (BR) em função de altitude e latitude. In: *Caderno de ciências da terra*. São Paulo: Cairu, 1974. v. 45 p. 1 – 27.

ALMEIDA, L. Q. Por uma ciência dos riscos e vulnerabilidades na Geografia. *Revista Mercator*. Fortaleza, v.10, n. 23, p. 83-99, 2011.

BARBOSA, J.P.M. Avaliação de técnicas empíricas e estatísticas de identificação de extremos de precipitação para o litoral paulista e entorno. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 2008. 110p.

BANKOFF, G. et. al. *Mapping vulnerability disasters, development & people*. London: Earthscan, 2004.

BECK, Ulrich. *La sociedad del riesgo mundial: en busca de la seguridad perdida*. Barcelona: Paidós, 2007.

BERTONCELLO, Rodolfo V. *Processo de modernização e espaço local: o caso do município de Angra dos Reis (RJ)*. 1992, 175f. Tese (mestrado) – Programa de Pós – Graduação da Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro. 1992.

BRASIL, Ministério das Cidades. Cities Alliance. Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas; Guia para Elaboração de Políticas Municipais. Celso Santos Carvalho e Thiago Galvão, organizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Vulnerabilidade Ambiental. Desastres naturais ou fenômenos induzidos? Organização do texto: Rosely Ferreira dos Santos. Brasília, 2007. 192p.

BUSSO, G. La Vulnerabilidade social y las políticas sociales a inicios del siglo XXI: una aproximación a sus potencialidades y limitaciones para los países latinoamericanos. Santiago do Chile: CEPAL/CELADE, 2001.

CAMERON, C., MORRINGTON-DAVIES, G., VELDE, V. Gerenciando extremos climáticos e desastres na América Latina e no Caribe: Lições do relatório SREX. Rede de Conhecimento de Clima e Desenvolvimento, CDKN, 2012. Disponível em: <http://www.cdkn.org/srex>. Acesso em março de 2018.

CARDONA, Omar Darío. La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. In: International Work-Conference on Vulnerability in Disaster Theory and Practice. Annals... Wageningen (Holanda): Wageningen University and Research Centre, 2001. 18 p. Disponível em: <http://www.desenredando.org/public/articulos/index.html> Acesso em: 08 jan. 2009.

CARDOSO, A. L. Desigualdades urbanas e políticas habitacionais socioeconômicas. Rio de Janeiro: UFRJ. Disponível em: www.observatoriodasmetroles.ufrj.br/download/adauto_desig_urb_polhab.pdf.

CASTRO, S. D. A. Riesgos y peligros: una visión desde lá Geografía. Scripta Nova, Barcelona, n. 60, 2000.

CARVALHO, Leila M.V.; JONES, Charles; LIEBMANN, Brant. The South Atlantic convergence zone: Intensity, form, persistence, and relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall. Journal of Climate, v. 17, p.88-108, 2004.

CASTRO, Cleber Marques; PEIXOTO, Maria Naíse; RIO, Gisela Aquino Pires. Riscos ambientais e Geografia: conceituações, abordagens e escalas. Anuário do Instituto de Geociências/UFRJ. v. 28/2, p. 11-30, 2005.

CERRI, L. E. S; AMARAL, C. P. Riscos Geológicos. In: OLIVEIRA, A. M. S; BRITO, S. N. A. (Org.). Geologia de Engenharia. São Paulo: ABGE, cap. 18, 1998.

CHIBANA, E. Y. ; FLUMIGNAN, D. ; MOTA, R. G.; VIEIRA, A. de S.; FARIA, R. T. Estimativa de falhas em dados meteorológicos. Anais online. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, SBI-AGRO. Londrina/PR: Anais online, 2005, 8 p. Disponível em:<http://www.sbiagro.org.br/pdf/v_congresso/Trabalho41.pdf> Acessado em: 12/09/2017.

DAVIS, E. G.; NAGHETTINI, M. C. Estudo de chuvas intensas no Estado do Rio de Janeiro. 2ª ed. revista e ampliada. CD-Rom. Brasília: CPRM, 2000.

DAUPHINÉ, André (2001) – Risques et catastrophes. Observer, spatialiser, comprendre, gérer. Paris, Armand Colin, p.288.

DERECZYNSKI, Claudine Pereira; LUIZ SILVA, Wanderson & MARENGO, José Antônio. Detection and Projections of Climate Change in Rio de Janeiro, Brazil. American Journal of Climate Change, v. 2, n. 1, p. 25-33. Mar. 2013.

DESCHAMPS, M. V. Vulnerabilidade Socioambiental na Região Metropolitana de Curitiba. Curitiba: UFPR, 2004. 155p. Tese de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

EISCHEID, J.K.; BAKER, C. B.; KARL, T. R.; DIAZ, H, F. The quality control of long-term climatological data using objective data analysis. Journal of Applied Meteorology. v. 34, p. 2787 2795. 1995. DOI: [http://dx.doi.org/10.1175/15200450\(1995\)034<2787:TQCOLT>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/15200450(1995)034<2787:TQCOLT>2.0.CO;2) Disponível em: . Acessado em: 02/11/2017.

EISCHEID, J. K. ; PASTERIS, P. A.; DIAZ, H.F.; PLANTICO, M.S.; LOTT, N.J.; Creating a serially Complete, National Daily Time Series of Temperature and Precipitation for the Western United States. *Journal of Applied Meteorology*. V. 39, p. 1580 - 1591. 2000. DOI: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0450\(2000\)039<1580:CASCND>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0450(2000)039<1580:CASCND>2.0.CO;2). Disponível em: <[http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/15200450\(2000\)039%3C1580:CASCN%E2.0.CO%3B2](http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/15200450(2000)039%3C1580:CASCN%E2.0.CO%3B2)> Acessado em: 02/11/2017.

EM-DAT. Emergency Events Database. Annual disaster statistical review. 2012.

EM-DAT. Emergency Events Database. The OFDA/CRED International Disaster Database. Disponível em: <<http://www.em-dat.net/>>. Acesso em Janeiro de 2014.

FANTE, K. P. Variabilidade da temperatura em áreas urbanas não metropolitanas do Estado de São Paulo – Brasil no período de 1961 a 2011. Dissertação de Mestrado. PPGG – UNESP, Presidente Prudente/SP, 2014, 260 p.

FANTE, K. P.; SANT'ANNA NETO, J. L. Aplicação de técnicas geoestatísticas em análises climatológicas: metodologias para preenchimento de falhas. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2013. Vitória/ES. Anais online. p.782 – 790, 2013. Disponível em: Acesso em: 10/09/2017.

FARIAS, H.S. Espaços de Risco à Saúde Humana na Região Metropolitana do Rio de Janeiro: um estudo das trajetórias de poluentes atmosféricos do Arco Metropolitano, CSA e COMPERJ. 2012. 149f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012.

FARIAS, Heitor; LOUSADA, Gabriel. Desastres ambientais, prevenção e mitigação: um estudo de caso da região de Angra dos Reis/RJ. *Revista Continentes (UFRRJ)*, v. 3, n.5, p. 131-149. Jul. 2014.

FARIAS, H.S, Risco e Vulnerabilidade na Periferia Urbana da Região Metropolitana do Rio de Janeiro – A Baixada Fluminense. V.6, n.11 – revista de História da UNIABEU, 2016.

FERNANDEZ, M. N. Preenchimento de falhas em séries temporais. 2007. 106 p. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Oceânica) - Fundação Universidade Federal do Rio Grande, FURG, Rio Grande/RS. Disponível em: Acessado em: dezembro de 2017.

FIGUEIRA, Maria Manuela Caria. Identificação de Outliers. MILLENIUM n°12 – Outubro de 1998. Disponível em <<http://www.ipv.pt/millennium/arq12.htm>>. Acesso em março de 2017.

FREITAS, Carlos Antônio Araújo; CECÍLIO, Roberto Avelino. Análise de técnicas de interpolação para espacialização de precipitação pluvial na bacia do rio Itapemirim (ES). *Ambiência*, Guarapuava, v.8, n.1, p.61-71, 2012.

GARDIMAN JÚNIOR, Benvindo Sirtoli; MAGALHÃES, Ivo Augusto Lopes; JUNGER, W. e LEON, A. P. mtsdi: Multivariate times series data imputation R package version 0.3.3. <http://CRAN.R-project.org/package=mtsdi>, 2012.

GONÇALVES, Neyde. Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador. In: Mendonça, Francisco e Monteiro, Carlos Augusto de Figueiredo. *Clima Urbano*. São Paulo: Contexto, 2003.

HAYLOCK, M. R.; PETERSON, T. C.; ALVES, L. M.; AMBRIZZI, T.; ANUNCIACÃO, Y. M. T.; BAEZ, J.; BARROS, V. R.; BERLATO, M. A.; BIDEGAIN, M.; CORONEL, G.; CORRADI, V.; GARCIA, V. J.; GRIMM, A. M.; KAROLY, D.; MARENGO, J. A.; MARINO, M. B.; MONCUNILL, D. F.; NECHET, D.; QUINTANA, J.; REBELLO, E.; RUSTICUCCI, M.; SANTOS, J. L.; TREBEJO, I.; VINCENT, L. A Trends in Total and Extreme South American Rainfall in 1960-2000 and Links with Sea Surface Temperature. *Journal of Climate*, v. 19, p. 1490-1512, 2006.

HONAKER, J., KING, G. What to Do about Missing Values in Time-Series Cross-Section Data. *American Journal of Political Science*, v. 54, p. 561-581, 2010.

HOGAN, D.J; MARANDOLA Jr, E. Para uma conceituação interdisciplinar da vulnerabilidade. In: Cunha, J.M.P. (org). *Novas metrópoles paulistas: população, vulnerabilidade e segregação*. Campinas: NEPO/UNICAMP, 2006.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, USA, 582p. Disponível em: http://ipcc-wg2.gov/SREX/images/uploads/SREX-ALL_FINAL.pdf. Acesso em novembro, 2012.

JUNGER, W.L., PONCE DE LEON, A., SANTOS, N. Missing data imputation in multivariate time series via EM algorithm. *Cadernos do IME*, v. 15, p. 8-21, 2003.

KAZTMAN, R; FILGUEIRA. C. Marco conceptual sobre activos, vulnerabilidad y estructura de oportunidades. Montevideo, PNUD, 2009.

KOBYAMA, M; Mendonça, M.; MORENO, D.A; MARCELINO, I.P.V.O; MARCELINO E.V.; GONÇALVES, E.F; BRAZETTI, L.L; GOERL, R.F; MOLLERI, G.S.F; RUDORFF, F.M. Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos. Florianópolis. Ed. Organic Trading, 2006.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928

KOWARICK, L. Viver em risco: sobre a vulnerabilidade no Brasil urbano. *Novos Estudos*, Cebrap, n. 63, p. 9-30, 2002.

LANDIM, P. M. B., STURARO, J. R.; & RIEDEL, P. S. (2000) - O emprego da técnica geoestatística da krigagem indicativa em Geotecnia Ambiental. *Revista Solos e Rochas*, 23(3):157-164.

LAVELL, Allan. Gestión de riesgos ambientales urbanos. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres em América Latina, Facultad Latinoamericana de Ciências Sociales. 1999. Disponível em: <http://www.desenredando.org/public/articulos/index.html> Acesso em: 20 dez. 2009.

LEFEBVRE, H. Éléments de rythmanalyse – Introduction à la connaissance des rythmes, Syllepse, Paris Monteiro, C.A.F. 1971, Análise rítmica em climatologia, Climatologia, 1, IGEOG/USP, São Paulo. 1992.

LUIZ SILVA, Wanderson; DEREZYNSKI, Claudine Pereira; CHOU, Sin Chan; CAVALCANTI, Iracema. Future changes in temperature and precipitation extremes in the state of Rio de Janeiro (Brazil). American Journal of Climate Change, v. 2, n. 3, p. 353-365. Dez. 2014.

LUIZ SILVA, Wanderson; DEREZYNSKI, Claudine Pereira; Caracterização Climatológica e Tendências Observadas em Extremos Climáticos no Estado do Rio de Janeiro. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, Rio de Janeiro, v. 37, n. 2, p. 123-138, 2014.

MARENGO, J.A.; OBREGÓN, G. Relatório N°2. Caracterização do Clima no Século XX no Brasil: Tendências de Chuvas e Temperaturas Médias e Extremas. Centro de Previsão de tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE). São Paulo, 2007.

MARANDOLA JR, E. Habitar em risco: mobilidade e vulnerabilidade na experiência metropolitana. São Paulo: Blucher, 2014.

MARANDOLA JR, E; HOGAN, D. J. Natural Hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. Revista Ambiente & Sociedade. Campinas, v. 7, n. 2, 2004.

MARANDOLA Jr, E. Tangenciando a vulnerabilidade. In: Hogan, D.J.; Marandola Jr, E. (orgs). População e mudança climática: dimensões humanas das mudanças ambientais globais. Campinas: NEPO/UNICAMP, 2009.

MENDONÇA, F. Geografia socioambiental. In: Elementos de epistemologia da geografia contemporânea. Curitiba: UFPR, 2002.

_____. A abordagem interdisciplinar da problemática ambiental urbana-metropolitana: esboço metodológico da experiência do Doutorado em MA&D da UFPR sobre a RMC – Região Metropolitana de Curitiba. Desenvolvimento e Meio Ambiente - Cidade e Ambiente Urbano. Curitiba: UFPR, n. 3, 2001.

_____. Riscos, vulnerabilidade e abordagem socioambiental urbana: uma reflexão a partir da RMC e de Curitiba. *Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente*, n. 10, p. 139-148, jul./dez. 2004.

MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C.; BARBOSA, E. M.; MELO JÚNIOR, J. C. F. Climatologia do comportamento do período chuvoso da região Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.22, n.3, p.338-344, 2007.

MONTEIRO, C.A.F. 1971, *Análise rítmica em climatologia*, Climatologia, 1, São Paulo.

_____. *Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 241p. 1991.

_____. *A Frente Polar Atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil: contribuição metodológica à análise rítmica os tipos de tempo no Brasil-nº1*. IG Série Teses e Monografias. São Paulo: Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 1969.

MOSCATI, M. C. L.; SANTO, C. M. do E.; PEREIRA, C. S.; GIAROLLA, E. Estudo climatológico sobre a costa sul-sudeste do Brasil. Parte II: organização e tratamento dos dados meteorológicos. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2000, Rio de Janeiro: anais online, 2000. Disponível em: Acessado em: 28/09/2017.

NASCIMENTO, T. S. do; SARAIVA, J. M. B.; SENNA, R.; AGUIAR, F. E.O. Preenchimento de falhas em banco de dados pluviométricos com base em dados do CPC (Climate Prediction Center): estudo de caso do rio Solimões-Amazonas. *Revista Brasileira de Climatologia*. Presidente Prudente. Vol. 7, p. 143 - 158, set. 2010. Disponível em: Acessado em: Outubro de 2017.

NIMER, Edmond. *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 422 p. (Recursos naturais e meio ambiente).

OBREGÓN, Guillermo & MARENGO, José Antônio. Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade. In: *CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA NO SÉCULO XX NO*

BRASIL: TENDÊNCIAS DE CHUVAS E TEMPERATURAS MÉDIAS E EXTREMAS. Ministério do Meio Ambiente: Relatório 2, 2007. 87 p.

OLIVEIRA, E.L. de A.; ROBAINA, L.E. de S.; RECKZIEGEL, B.W. Metodologia Utilizada para o mapeamento de áreas de risco geomorfológico: bacia hidrográfica do arroio Caderna, Santa Maria – RS. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Ambientais, 1. 2005.

OLIVEIRA, L. F. C. de.; FIOREZE, A. P.; MEDEIROS, A.M.M.; SILVA, M.A.S.; Comparação de metodologias de preenchimento de falhas de séries históricas de precipitação pluvial anual. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande/PB. v. 14. n. 11. p. 1186 – 1192, 2010. Disponível em: Acessado em: Outubro de 2017.

ONU, 2004, Living with Risk. A global review of disaster reduction initiatives. Genebra. Suíça: Inter – Agency Secretariat International Strategy for Disaster Reduction (ISDR), 152p.

PINTO, H. S.; ALFONSI, R. R. Estimativa das temperaturas médias, máximas e mínimas mensais no estado do Paraná, em função de altitude e latitude. In: Caderno de ciências da terra. Universidade de São Paulo. Instituto de Geografia. São Paulo/SP. Editora gráfica Cairu. V.52. 1974. p. 1 – 28.

PINTO, H. S.; ORTOLANI, A. A.; ALFONSI, R. R. Estimativa das temperaturas médias mensais do estado de São Paulo em função de altitude e latitude. In: Caderno de ciências da terra. Universidade de São Paulo. Instituto de Geografia. São Paulo/SP. Editora gráfica Cairu. V.23. 1972. p. 1 – 20.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. Revista Brasileira de Meteorologia, v.25, n.2, p.185-204, 2010.

ROCHA, A.B. da. Análise Multitemporal da dinâmica do uso e ocupação do baixo curso do rio ApodiMossoró – RN (1989-2009), 2011, 113p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Estadual do Ceará, ceará, 2011.

RODRIGUES, A. M. Manejo Integrado, risco e vulnerabilidade social: evitar tragédias, corrigir problemas? In: PINHEIRO, D. R. C. (Org.). Desenvolvimento Sustentável: desafios e discursões. Fortaleza: ABC Editora, 2006.

ROMERO, G; MASKREY, A. Cómo entender los desastres naturales. In: MASKREY, A. (Comp.). Los Desastres no son Naturales. La Red/ITDG, Colombia, p. 1-7, 1993.

SARERWITZ, D.et.al.WORKSHOP. Extreme Events Developing a Research Agenda for the 21st Century. Bolder, 2000. Disponível em: <http://www.eisg.ucar.edu/extremes>. Acesso em novembro de 2012.

SILVA, F. D. S.; COSTA, R. L.; BARRETO, N; PEDRA, G. U. Análise de tendências em dados diários de temperaturas máximas e mínimas em estações meteorológicas do estado da Paraíba. In: Número. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA (CBMET), 2012, Gramado/RS. Anais online. Gramado/RS. 2012. p. 1 – 6. Disponível em <<http://www.sbmet.org.br/cbmet2012/pdfs/64HY.pdf>>. Acessado em: 04/09/2017.

SCHNEIDER, T. Analysis of Incomplete Climate Data: Estimation of Mean Values and Covariance Matrices and Imputation of Missing Values. Journal of Climate, v. 14, p. 853871, 2001.

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

SOUZA, L. B; ZANELLA, M. E. Percepções de Riscos Ambientais: teorias e aplicações. Fortaleza: Edições UFC, 2009.

TEEGAVARAPU, R.S.V., CHANDRAMOULI, V. Improved weighting methods, deterministic and stochastic data-driven models for estimation of missing precipitation records. Journal of Hydrology, v. 312, p. 191-206, 2005.

THOURET, J. C. Avaliação, prevenção e gestão dos riscos naturais nas cidades da América Latina. In: VEYRET, Y (org.). Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, p. 83-112, 2007.

TIPPING, M.E., BISHOP, C.M. Probabilistic principal component analysis. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, v. 61, p. 611-622, 1999.

TOMINAGA, L.K. 2007, Avaliação de metodologias de análise de risco a escorregamentos: aplicação de um ensaio em Ubatuba/SP, Tese, Departamento de Geografia/FFLCH/USP, São Paulo, 220p.

_____. Desastres naturais: por que ocorrem? In: Tominaga, L.K., Santoro, J. e Amaral, R. (orgs). *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

UNISDR – The United Nations International Strategy for Disaster Reduction. Disponível em: <http://www.unisdr.org/who-we-are>, 2014.

VAN BUUREN, S., BRAND, J.P.L., GROOTHUIS-OUDSHOORN, C.G.M., RUBIN, D.B. Fully conditional specification in multivariate imputation. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, v. 76, p. 1049-1064, 2006.

VENTURA, T. M. Preenchimento de falhas de dados micrometeorológicos utilizando técnicas de inteligência artificial. 2012. 84 p. Dissertação de mestrado (Mestrado em Física Ambiental). Universidade Federal do Mato Grosso, UFMT, Cuiabá/MT.

VEYRET, Y; RICHMOND, N. M. O risco, os riscos, In: VEYTET, Y (Org.). *Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente*. São Paulo: Contexto, 2007.

VIEIRA, André. Em 2002, tragédia matou 40 pessoas em Angra dos Reis. *Jornal Último Segundo – IG*. Disponível em: <http://ultimosegundo.ig.com.br/brasil/em-2002-tragedia-matou-40-pessoas-em-angra-dos-reis/n1237609910514.html>. Acesso em 21 junho 2018.

ZANELLA, M. E., Eventos pluviométricos intensos em ambiente urbano: Fortaleza, episódio do dia 29/01/2004. In: SILVA, José Borzachiello da; DANTAS, Eustógio Wanderley Correia; ZANELLA, Maria Elisa; MEIRELES, Antônio Jeovah de Andrade (Org.). *Litoral e Sertão: natureza e sociedade no nordeste brasileiro*. Fortaleza: Expresso Gráfica, 2006. p 195-207.