



UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DEFESA E SEGURANÇA CIVIL



CÍNTIA MAGDA PESSIN DOS REIS

ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE OCORRÊNCIAS DE MOVIMENTOS DE MASSA
E PLUVIOMETRIA NO MUNICÍPIO DE NITERÓI (RJ) ENTRE 2014 E 2018

Niterói
2020

CÍNTIA MAGDA PESSIN DOS REIS

**ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE OCORRÊNCIAS DE MOVIMENTOS DE MASSA
E PLUVIOMETRIA NO MUNICÍPIO DE NITERÓI (RJ) ENTRE 2014 E 2018**

Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Dissertação, apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Defesa e Segurança Civil da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Defesa e Segurança Civil. Área de Concentração: Planejamento e Gestão de Eventos Críticos. Linha de Pesquisa: Instrumentos de Gestão para a Redução de Riscos de Desastres.

Orientador:

Professor Marcos Barreto de Mendonça, D.Sc.

Coorientadora:

Carla Maciel Salgado

Niterói

2020

CÍNTIA MAGDA PESSIN DOS REIS

**ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE OCORRÊNCIAS DE MOVIMENTOS DE MASSA
E PLUVIOMETRIA NO MUNICÍPIO DE NITERÓI (RJ) ENTRE 2014 E 2018**

Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Dissertação, apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Defesa e Segurança Civil da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Defesa e Segurança Civil. Área de Concentração: Planejamento e Gestão de Eventos Críticos. Linha de Pesquisa: Instrumentos de Gestão para a Redução de Riscos de Desastres.

Banca Examinadora:

Professor Marcos Barreto de Mendonça, D.Sc.
Universidade Federal Fluminense (UFF)

Professora Carla Maciel Salgado, D.Sc.
Universidade Federal Fluminense (UFF)

Professor Wanderson Luiz Silva, D.Sc.
Universidade Federal Fluminense (UFF)

Professor Reiner Olíbano Rosas, D.Sc.
Universidade Federal Fluminense (UFF)

Professor André de Souza Avelar, D.Sc.
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, por tudo que tenho e sou.

A Nossa Senhora da Luz pela sua intercessão.

Aos meus pais Maria Magdalena Pessin dos Reis (*in memorian*) e Geraldo Carlindo dos Reis por cumprirem com excelência a missão que Deus os confiou.

Ao professor Marcos Barreto de Mendonça, meu orientador, pelos ensinamentos a mim transmitidos durante esta jornada.

À professora Carla Maciel Salgado que carinhosamente aceitou ser minha coorientadora, colaborando, mais uma vez, para meu crescimento acadêmico.

Ao Secretário de Defesa Civil de Niterói Tenente Coronel Wallace Medeiros e ao Diretor Operacional Eric Almeida Oliveira por permitirem e disponibilizarem os dados que foram a base para a elaboração desse estudo.

À minha madrinha Maria do Carmo Pessin, meu primo e afilhado Gabriel Pessin Rosa e minha avó Segunda Manzoli Pessin por todo amor e apoio que sempre me deram.

Aos meus amigos e familiares que sempre estiveram ao meu lado incentivando meus passos.

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação à minha amada mãe, Maria Magdalena Pessin dos Reis, que por toda sua vida sempre incentivou a minha busca pelo conhecimento, maior riqueza que alguém pode adquirir e que ninguém poderá nos tirar. Foi por você, mãe!

RESUMO

A cidade de Niterói, RJ, registra, normalmente, inúmeros casos de movimentos de massa (como deslizamentos de terra e queda de blocos, por exemplo) todos os anos. Os movimentos de massa são fenômenos naturais, podendo ser potencializados pela forma de ocupação e uso do solo pela sociedade, que, na maioria das vezes, são desencadeados pelo aumento da pressão da água no solo em função da infiltração da água das chuvas. A falta de planejamento urbano associada às chuvas intensas e/ou prolongadas forma o conjunto de fatores necessários para o desencadeamento desses desastres. Uma das medidas não estruturais que vem sendo implantada em diversas cidades do mundo, com o intuito de minimizar os efeitos nocivos causados pelos desastres, é o sistema de alerta. No caso dos deslizamentos, o sistema de alerta é baseado no estudo da correlação dos deslizamentos com as chuvas. Devido às características singulares de cada área, esses estudos devem ser feitos para cada região. Nesse contexto, o presente trabalho visa relacionar movimentos de massa com acumulados pluviométricos no município de Niterói, considerando dados de 2014 a 2018. Para tanto, foram levantados dados de precipitação diária e dados de ocorrência de movimentos de massa na Defesa Civil de Niterói. Primeiramente, verificou-se uma variabilidade espacial e temporal da precipitação, com chuvas concentradas no verão e com maiores volumes pluviométricos nos bairros litorâneos. Apesar disso, o maior número de ocorrências foi registrado nos bairros na Região Norte. Em seguida, foi verificada a distribuição percentual de ocorrência de deslizamentos segundo acumulados pluviométricos. Avaliou-se, também, a influência das chuvas intensas no desencadeamento dos movimentos de massa por meio da definição de um valor limite através do cálculo do percentil 99. Observou-se que a razão entre os valores médios de movimentos de massa em dia de chuva intensa e dia de chuva não intensa apresentou valor médio de 8,1.

Palavras-chave: movimento de massa, pluviometria, limiares pluviométricos, sistema de alerta.

ABSTRACT

The city of Niterói, RJ, usually records numerous cases of mass movements (such as landslides and falling blocks, for example) every year. Mass movements are natural phenomena, which can be enhanced by the form of occupation and use of soil by society, which, in most cases, are triggered by the increase in water pressure in the soil due to the infiltration of rainwater. The lack of urban planning associated with intense and / or prolonged rains forms the set of factors necessary to trigger these disasters. One of the non-structural measures that has been implemented in several cities around the world, in order to minimize the harmful effects caused by disasters, is the alert system. In the case of landslides, the alert system is based on the study of the correlation between landslides and rains. Due to the unique characteristics of each area, these studies should be done for each region. In this context, the present work aims to relate mass movements with rainfall accumulations in the city of Niterói, considering data from 2014 to 2018. For this purpose, data on daily precipitation and data on the occurrence of mass movements in the Civil Defense of Niterói were collected. Firstly, there was a spatial and temporal variability of precipitation, with rainfall concentrated in the summer and with greater rainfall in coastal areas. Despite this, the highest number of occurrences was registered in neighborhoods in the Northern Region. Then, the percentage distribution of landslides according to accumulated rainfall was verified. The influence of intense rains on the triggering of mass movements was also evaluated by defining a limit value by calculating the 99th percentile. It was observed that the ratio between the average values of mass movements on a rainy day intense and non-intense rainy day presented an average value of 8.1.

Key-Words: mass movements, rainfall, rainfall threshold, warning system.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
AVADAN	Avaliação de Danos
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais
CEPED UFSC	Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres da Universidade de Santa Catarina
COBRADE	Codificação Brasileira de Desastre
CODAR	Codificação de Desastres, Ameaças e Riscos
COMDEC	Coordenação Municipal de Defesa Civil
CRED	Center of Research on the Epidemiology of Disaster
ECP	Estado de Calamidade Pública
EM-DAT	Emergency Disaster Database
GEO	Geotechnical Engineering Office
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDNR	International Decade for Natural Disaster Reduction
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
NUDEC	Núcleos de Defesa Civil
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONG's	Organizações Não Governamentais
ONU	Organização das Nações Unidas
PAM	Precipitação Anual Média
PDN	Prevenção de Desastres Naturais

PNPDEC	Política Nacional de Proteção e Defesa Civil
SE	Situação de Emergência
SEDEC	Secretaria Nacional de Defesa Civil
SIMAPA	Sistema Municipal de Áreas de Proteção Ambiental
UCs	Unidades de Conservação
UNDP	United Nations Development Programme
UNDRO	United Nations Disaster Relief Organization
UNDRR	United Nations Office for Disaster Risk Reduction
UNISDR	United Nations International Strategy for Disaster Reduction
UTM	Universal Transversa de Mercator

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Óbitos por tipo de desastre considerando o ano de 2013. Fonte: BRASIL, 2014.	17
Figura 1.2 – Parte da Classificação e Codificação Brasileira de Desastres destacando-se as chuvas intensas que causam múltiplos desastres (subtipo 4). Fonte: modificado de COBRADE, 2012.. ..	18
Figura 2.1 – Escorregamento rotacional ou circular. Fonte: modificado de CASTRO, 2012	28
Figura 2.2 – Escorregamento planar (translacional). Fonte: modificado de COPPETEC, 2010 <i>apud</i> CASTRO, 2012.	29
Figura 2.3 – Escorregamento em cunha. Fonte: https://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09d.html	29
Figura 2.4 – Processo de rastejo. Fonte: modificado de CASTRO, 2012.....	30
Figura 2.5 – Ameaça de blocos. Fonte: http://coluvio.com.br/avaliacao-geologica-e-geotecnica-de-alternativas-de-tracados-para-ferrovia-miguel-burnier-mg-e-campos-rj/	31
Figura 2.6 – Rolamento de blocos rochosos. Fonte: https://brasil.estadao.com.br/noticias/geral,mais-de-400-pessoas-ficam-desalojadas-apos-queda-de-pedra-drone-monitora-local,1817288	32
Figura 2.7 – Tombamento rochoso. Fonte: modificado de PROIN/CAPES & UNESP/IGCE, 1999 <i>apud</i> CASTRO, 2012.. ..	32
Figura 2.8 – Corrida. Fonte: https://www.cprm.gov.br/scdi/	33
Figura 2.9 – Gráfico que mostra a delimitação das zonas de severidade (número de ocorrências de movimentos de massa) dos eventos pluviométricos, em função da precipitação acumulada em 15 dias e a chuva registrada no dia do evento, em Hong Kong – China. Fonte: D’ORSI, 2011.....	37
Figura 2.10 – Representação do Cf para todos os episódios de chuva com as faixas de classificação. Fonte: GUIDICINI E IWASA <i>apud</i> FILGUEIRAS <i>et al.</i> , 2016.	38
Figura 2.11 – Registro de 100 eventos pluviométricos intensos. Os pontos com círculo em volta mostram episódios de chuvas que causaram deslizamentos. Fonte: GUIDICINI & NIEBLE, 1984.....	39
Figura 2.12 – Movimentos de massa descritos pelo Cobrade. Fonte: modificado do Cobrade (2012).. ..	44
Figura 2.13 – Número de desastres no mundo entre os anos de 1900 e 2018. Fonte: modificado do EM-DAT (2019).....	45
Figura 2.14 – Número de desastres no Brasil entre os anos de 1991 e 2012. Fonte: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2013	47
Figura 2.15 – Evolução de cada tipo de desastres nas décadas de 1990 e 2000. Fonte: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2013.....	48
Figura 2.16 – Totais de registro de desastres no Brasil entre os anos de 1991 e 2012. Fonte: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2013	49
Figura 2.17 – Percentual de desastres ocorridos no estado do Rio de Janeiro, entre os anos de 1991 e 2012. Fonte: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2013.....	49
Figura 2.18 – Gestão Integrada em Proteção e Defesa Civil. Fonte: BRASIL, 2017.	52

Figura 3.1 – Mapa de Niterói com seus respectivos bairros e Regiões Administrativas. Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE NITERÓI, 2014..	59
Figura 3.2 – Unidades Geológicas presentes no município de Niterói. Fonte: modificado de SILVA & CUNHA, 2001.	63
Figura 3.3 – Classes de solo do município de Niterói. Fonte: modificado de PREFEITURA MUNICIPAL DE NITERÓI, 2015.	65
Figura 3.4 – Sistemas de relevo encontrados no município de Niterói. Fonte: modificado de DANTAS, 2000.	66
Figura 3.5 – Unidades de Conservação do município de Niterói. Fonte: modificado de PREFEITURA MUNICIPAL DE NITERÓI, 2018.	70
Figura 3.6 – Climograma do município de Niterói. As barras azuis representam o acumulado de precipitação e a linha rosa a média da temperatura. Fonte: CLIMATE-DATA, 2019.	72
Figura 3.7 – Totais pluviométricos (mm) anuais no estado do Rio de Janeiro. Valores médios no período 1961 – 2012 a partir dos dados observacionais do INMET, da ANA e do Alerta Rio. Fonte: SILVA & DERECZYNSKI (2014).	73
Figura 3.8 – Morro do Bumba após o deslizamento em 2010. Fonte: https://extra.globo.com/noticias/rio/oito-anos-depois-de-tragedia-no-bumba-niteroi-ainda-tem-casas-em-areas-de-risco-22562698.html .	74
Figura 3.9 – Destruição ocorrida na comunidade do Beltrão, no bairro de Santa Rosa, após o rolamento de uma rocha. Fonte: https://internacional.estadao.com.br/blogs/olhar-sobre-o-mundo/drama-no-rio/ .	75
Figura 3.10 - Escorregamentos translacionais ocorridos na Rua Castro Alves, Baldeador – Niterói. Fonte: MENDONÇA, 2020)	75
Figura 3.11 – Desastre na comunidade Boa Esperança, 2018.	76
Figura 3.12 – Visão aérea do desastre na comunidade Boa Esperança, 2018. Fonte: https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2018/11/12/levantamento-aponta-risco-de-deslizamento-no-morro-da-boia-esperanca-desde-2009.ghtml .	77
Figura 4.1 – Fluxograma das etapas da pesquisa.	81
Figura 4.2 – Médias mensais da precipitação baseadas nas informações dos pluviômetros automáticos presentes na cidade de Niterói (2014 - 2018) e nos dados do site Climatempo.	85
Figura 4.3 – Identificação dos períodos de chuvas acumuladas e do período de ocorrência de movimentos de massa.	88
Figura 5.1 – Acumulados anuais de cada pluviômetro automático de Niterói entre 2014 e 2018.	92
Figura 5.2 – Acumulados médios pluviométricos anuais e ocorrências de movimentos de massa no município de Niterói entre 2014 e 2018.	93
Figura 5.3 – Médias mensais de precipitação e número mensal de ocorrências dos movimentos de massa no período de 2014 à 2018.	93
Figura 5.4 – Localização das favelas, movimentos de massa e pluviômetros automáticos no município de Niterói entre 2014 e 2018.	96
Figura 5.5 – Distribuição dos 395 registros de movimentos de massa, ocorridos entre 2014 e 2018, segundo a classe de chuva diária.	97
Figura 5.6 – Distribuição dos 98 registros de movimentos de massa ocorridos em dias secos por intervalo de chuvas acumuladas nos três dias anteriores, entre os anos de 2014 e 2018.	98

Figura 5.7 – Distribuição dos 90 registros de movimentos de massa ocorridos em dias com precipitação entre 0,1 – 5 mm em cada intervalo de chuvas acumuladas de três dias, entre os anos de 2014 e 2018	99
Figura 5.8 – Distribuição dos 52 registros de movimentos de massa ocorridos em dias com precipitação entre 5 – 25 mm em cada intervalo de chuvas acumuladas de três dias, entre os anos de 2014 e 2018	99
Figura 5.9 – Distribuição dos 40 registros de movimentos de massa ocorridos em dias com precipitação entre 15 – 25 mm em cada intervalo de chuvas acumuladas de três dias, entre os anos de 2014 e 2018	100
Figura 5.10 – Distribuição dos 46 registros de movimentos de massa ocorridos em dias com precipitação entre 25 – 50 mm em cada intervalo de chuvas acumuladas de três dias, entre os anos de 2014 e 2018	101
Figura 5.11 – Distribuição dos 56 registros de movimentos de massa ocorridos em dias com precipitação entre 50 – 100 mm em cada intervalo de chuvas acumuladas de três dias, entre os anos de 2014 e 2018	101
Figura 5.12 – Distribuição dos 10 registros de movimentos de massa ocorridos em dias com precipitação entre 100 – 150 mm em cada intervalo de chuvas acumuladas de três dias, entre os anos de 2014 e 2018.....	102
Figura 5.13 – Distribuição dos 3 registros de movimentos de massa ocorridos em dias com precipitação acima de 150 mm em cada intervalo de chuvas acumuladas de três dias, entre os anos de 2014 e 2018.....	103
Figura 5.14 – Distribuição dos registros de movimento de massa em relação ao volume diário e o volume acumulado de precipitação, entre os anos de 2014 e 2018.....	104
Figura 5.15 – Totais pluviométricos diários correspondentes ao percentil 99 para os pluviômetros ativos do município de Niterói, entre os anos de 2014 e 2018.....	105
Figura 5.16 – Distribuição geográfica dos pluviômetros automáticos com seus respectivos percentis.....	106
Figura 5.17 – Valores médios das ocorrências de movimentos de massa e a razão entre os valores médios	109

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Classificação simplificada de movimentos de massa, modificado de Varnes 1978. Fonte: VARNES, 1978.....	25
Tabela 2.2 – Principais tipos de movimentos de massa, segundo Augusto Filho (1992). Fonte: modificado de AUGUSTO FILHO, 1992	26
Tabela 2.3 – Classificação dos desastres quanto à sua intensidade. Fonte: modificado de KOBAYAMA <i>et al.</i> , 2006	42
Tabela 2.4 – Quantidade e impactos dos desastres de 2014 a 2018. Fonte: modificado do EM-DAT (2019).	46
Tabela 2.5 – Desastres associados aos movimentos de massa no Brasil e seus respectivos números de vítimas fatais. Fonte: modificado de NOGUEIRA (2002) e DEREZYNSKI <i>et al.</i> (2017)	50
Tabela 2.6 – Atividades por tipo de órgãos e fases do processo de prevenção de desastres naturais. Fonte: modificado de KOBAYAMA <i>et al.</i> (2006).....	53
Tabela 3.1 – Estimativa do número de habitantes por bairro no município de Niterói, segundo o Censo 2010. Fonte: POPULAÇÃO (2019)	60
Tabela 3.2 – Unidades de Conservação do município de Niterói. Fonte: modificado de PREFEITURA MUNICIPAL DE NITERÓI, 2018	71
Tabela 4.1 – Informação dos pluviômetros automáticos presentes na cidade de Niterói. Fonte: AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (www.ana.gov.br)	83
Tabela 4.2 – Falhas de cada pluviômetro automático da cidade de Niterói	84
Tabela 4.2 – Parâmetros alhas de cada pluviômetro automático da cidade de Niterói.....	89
Tabela 5.1 – Número de ocorrências por bairro e percentual de ocorrências por região administrativa.	94
Tabela 5.2 – Número de favelas por região administrativa.....	95
Tabela 5.3 – Número de dias de chuva intensa, não intensa, sem chuva e as respectivas quantidades de ocorrências de movimentos de massa por ano	107

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	16
1.1 – Contextualização	16
1.2 – Objetivos.....	20
1.2.1 – Objetivo Geral	20
1.2.2 – Objetivos Específicos	21
1.3 – Metodologia Básica	21
1.4 – Organização da Dissertação	22
CAPÍTULO II – DISCUSSÃO CONCEITUAL	23
2.1 – Perigo, Vulnerabilidade, Exposição e Risco	23
2.2 – Movimentos de Massa	24
2.2.1 – Conceito de Movimento de Massa	24
2.2.2 – Tipologia dos Movimentos de Massa.....	25
2.2.3 – Agentes Deflagradores dos Movimentos de Massa.....	33
2.2.4 – Correlação Entre Chuvas e Movimentos de Massa	35
2.3 – Desastres Socioambientais	40
2.3.1 – Classificação dos Desastres	41
2.3.2 – Desastres no Mundo	44
2.3.3 – Desastres no Brasil	46
2.3.4 – Desastres Associados aos Movimentos de Massa no Brasil.....	49
2.4 – Gerenciamento e Prevenção de Desastres	50
2.4.1 – Medidas de Prevenção e Mitigação de Movimentos de Massa.....	54
CAPÍTULO III – ÁREA DE ESTUDO	58
3.1 – Características Gerais do Município de Niterói	58
3.2 – Histórico da Cidade de Niterói	61
3.3 – Caracterização Física.....	63
3.3.1 – Geologia	63
3.3.2 – Pedologia	65
3.3.3 – Geomorfologia.....	66
3.3.4 – Vegetação	68
3.3.5 – Clima	72
3.4 – Desastres Associados aos Movimentos de Massa em Niterói.....	73
3.5 – Defesa Civil de Niterói.....	77
CAPÍTULO IV – METODOLOGIA	80
4.1 – Apresentação	80
4.2 – Coleta e Organização dos Dados	82
4.2.1 – Dados Pluviométricos Diários	82
4.2.2 – Dados dos Movimentos de Massa	85
4.3 – Análise da Relação entre Precipitação e Ocorrências dos Movimentos de Massa	87

4.3.1 – Médias da Precipitação e Distribuição dos Movimentos de Massa.....	87
4.3.2 – Cruzamento de Dados de Precipitação e Movimentos de Massa	87
4.4 – Análise de Influência de Chuvas Intensas nos Movimentos de Massa	88
CAPÍTULO V – RESULTADPS PRELIMINARES.....	91
5.1 – Panorama Geral das Chuvas e dos Movimentos de Massa em Niterói entre 2014 e 2018	91
5.2 – Relação entre Movimentos de Massa e Classes de Chuva	97
CAPÍTULO VI – CONCLUSÃO	110
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	112
ANEXO I -	123

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

1.1 – Contextualização

Os “desastres naturais” ou “desastres socioambientais”, como alguns autores preferem denominar, têm ganhado destaque em pesquisas nacionais e internacionais nas últimas décadas, em função do grande número de casos ocorridos e de pessoas atingidas todos os anos.

Em um primeiro momento, é comum associar os desastres a eventos de grande magnitude de origem atmosférica ou geológica, como por exemplo, furacões, erupções vulcânicas, tsunamis e terremotos. Porém, os desastres também contemplam processos mais localizados, como deslizamentos, inundações, subsidência (evento geológico) e erosão (TOMINAGA, 2009). Cabe ressaltar que todos esses processos citados são fenômenos naturais e que ocorrem sem que haja, necessariamente, a ação humana. O desastre está associado a esses fenômenos e ocorre somente quando o fenômeno atinge uma comunidade, causando significativas perdas materiais e/ou humanas.

A preocupação com o número elevado de desastres no mundo fez com que a ONU (Organização das Nações Unidas) declarasse a década de 1990 como a Década Internacional para Redução de Risco de Desastres Naturais (*International Decade for Natural Disaster Reduction – IDNR*). Durante esse período houve a promoção de medidas para reduzir os riscos associados aos fenômenos naturais, através do fortalecimento de planos de prevenção e redução de desastres. Um dos resultados dessa década foi a implantação do Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (*United Nations Office for Disaster Risk Reduction - UNDRR*), que visa promover maior comprometimento público, difundir o conhecimento e incentivar parcerias envolvendo os diversos atores sociais para executar medidas de redução de riscos de forma mais eficiente.

Os principais desastres vivenciados no Brasil são originários dos movimentos de massa e das inundações. Ambos estão associados a eventos pluviométricos intensos e/ou prolongados que se repetem em cada período chuvoso. Apesar das inundações causarem grandes perdas econômicas e impactos na saúde pública, os movimentos de massa são responsáveis pelo maior número de vítimas fatais (CARVALHO & GALVÃO, 2006). A Figura 1.1 aponta a porcentagem de óbitos ocorridos nos principais tipos de desastre no Brasil

no ano de 2013. Os 22,4% de óbitos por movimentos de massa contribuem para a afirmação de Carvalho & Galvão (2006) que este é o tipo de desastre que faz mais vítimas fatais no país.

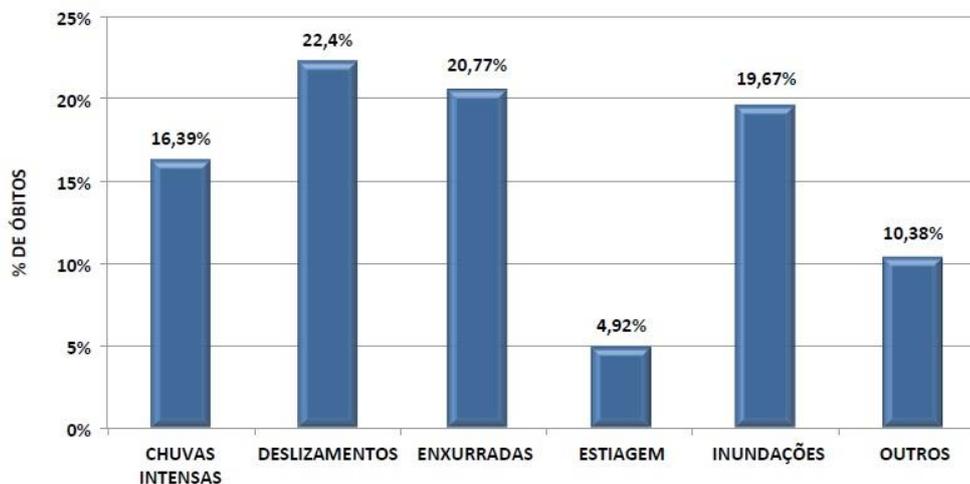


Figura 1.1: Óbitos por tipo de desastre considerando o ano de 2013. Fonte: BRASIL, 2014.

Vale ressaltar que, segundo a classificação da Codificação Brasileira de Desastre (COBRADE), as “chuvas intensas”, que aparecem no gráfico da figura 1.1, não pertencem ao mesmo grupo de desastre das enxurradas e inundações. Apesar disso, a definição presente na COBRADE para chuvas intensas envolve desastres associados a múltiplos eventos (ex: enxurradas, inundações, deslizamentos etc.), como mostra a Figura 1.2.

1. NATURAIS	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	COBRADE	SIMBOLOGIA	
	2. Hidrológico	1. Inundações	0	0		Submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície.	1.2.1.0.0	
		2. Enxurradas	0	0		Escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracterizada pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial. Apresenta grande poder destrutivo.	1.2.2.0.0	
		3. Alagamentos	0	0		Extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e conseqüente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas.	1.2.3.0.0	
	3. Meteorológico	2. Tempestades	1. Tempestade local/Convectiva	1. Tornados		Coluna de ar que gira de forma violenta e muito perigosa, estando em contato com a terra e a base de uma nuvem de grande desenvolvimento vertical. Essa coluna de ar pode percorrer vários quilômetros e deixa um rastro de destruição pelo caminho percorrido.	1.3.2.1.1	
				2. Tempestade de raios		Tempestade com intensa atividade elétrica no interior das nuvens, com grande desenvolvimento vertical.	1.3.2.1.2	
				3. Granizo		Precipitação de pedaços irregulares de gelo.	1.3.2.1.3	
				4. Chuvas intensas		São chuvas que ocorrem com acumulados significativos, causando múltiplos desastres (ex.: inundações, movimentos de massa, enxurradas, etc.).	1.3.2.1.4	
5. Vendaval					Forte deslocamento de uma massa de ar em uma região.	1.3.2.1.5		

Figura 1.2: Parte da Classificação e Codificação Brasileira de Desastres destacando-se as chuvas intensas que causam múltiplos desastres (subtipo 4). Fonte: modificado de COBRADE, 2012.

Os deslizamentos, também chamados de escorregamentos, são, na verdade, um dos tipos de movimentos de massa. Porém, o termo é comumente utilizado para nomear todos os tipos de movimentos de massa, ou seja, movimento de descida do solo e/ou rocha em uma vertente. Segundo Pinto *et al* (2013), os movimentos de massa são fenômenos naturais que representam um importante agente externo modelador do relevo e que estão ligados ao quadro evolutivo das encostas. A água é um dos mais importantes agentes deflagradores dos

movimentos de massa. Sua infiltração no solo aumenta a poropressão, provocando a diminuição da resistência ao cisalhamento (GUIDICINI & NIEBLE, 1984).

Outro fator que pode contribuir para a indução desses processos é a ação antropogênica. O processo de urbanização acelerado do último século e, mais ainda das últimas décadas, tem gerado a ocupação desordenada nas encostas. Tal interferência é acompanhada por ações como o desmatamento, cortes indevidos no talude, modificação das drenagens e o despejo de lixo, que tornam os terrenos mais suscetíveis à ocorrência de movimentos de massa. Nos grandes centros urbanos os desastres associados aos movimentos de massa podem assumir proporções catastróficas, devido ao adensamento dessas áreas com assentamentos precários (FERNANDES *et al*, 2001).

De acordo com Carvalho & Galvão (2006), os municípios mais vulneráveis a esse tipo de desastre estão nos estados da região Sudeste (Rio de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais e São Paulo) e nos estados de Santa Catarina, Pernambuco, Alagoas e Bahia. Os autores também ressaltam que a prevenção desses desastres deve fazer parte da gestão do território e da política de desenvolvimento urbano, constituindo uma atribuição de cada município. Nogueira (2002) afirma que o gerenciamento de desastres é um instrumento da gestão urbana que, aliado a outras políticas públicas, pode reduzir o risco de desastres.

No Brasil, a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC (Lei nº 12.608 de 10 de abril de 2012) estabelece cinco etapas para a redução de desastres: prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação. As ações iniciais de prevenção são aquelas relacionadas a conhecer os perigos, ou seja, os eventos capazes de causar algum transtorno à sociedade, incluindo seus agentes deflagradores, e a identificação espacial das áreas de risco, realizada por meio do mapeamento. Somente a partir do reconhecimento desse cenário é possível adotar ações específicas para minimizar os riscos (BRASIL, 2012).

As medidas de prevenção contemplam ações estruturais e não estruturais. As ações estruturais são essencialmente construtivas, como as obras de engenharia para estabilização das encostas (muros de contenção e drenagens, por exemplo). Nas ações não estruturais não há a execução direta no meio físico através de obras, contemplando ações como planejamento de uso e ocupação do solo, educação, capacitação e a implementação do sistema de alerta, planos preventivos de defesa civil, investimentos no monitoramento das condições meteorológicas a curto e curtíssimo prazo (dias e horas) e monitoramento das ameaças.

Uma das ações não estruturais que tem sido adotada em diversas cidades no mundo com o objetivo de avisar a população sobre a iminência de movimentos de massa é o sistema

de alerta. Neste contexto, no Brasil, foi criado, em 2011, o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN. O órgão tem por finalidade monitorar ameaças naturais em áreas de riscos em municípios brasileiros suscetíveis à ocorrência de desastres e realizar pesquisas que possam contribuir para a melhoria do seu sistema de alerta antecipado, tendo como objetivo final reduzir o número de vítimas fatais e prejuízos no país. Atualmente, 958 municípios em todas as regiões brasileiras são monitorados pelo CEMADEN. Todos esses municípios possuem histórico de desastres decorrentes de movimentos de massa e/ou processos hidrológicos (CEMADEN, 2020).

Como o principal agente deflagrador dos movimentos de massa é a água oriunda das chuvas, especialmente em climas tropicais, a pluviosidade é o principal critério para o sistema de alerta. No entanto, para que se chegue até o limiar de precipitação necessária para a ocorrência de movimentos de massa é preciso que haja estudos da correlação da intensidade da chuva e o respectivo fenômeno. Quanto maior for a série histórica pluviométrica e maior a quantidade de registros precisos de movimentos de massa (dia e horário da ocorrência), maior será a exatidão dos resultados. A precisão é de suma importância para que os alertas não sejam dados de forma indevida, fazendo com que caiam em descrédito pela população.

O município de Niterói (RJ) está situado em uma área de clima tropical na Região Sudeste do Brasil, com chuvas concentradas nos meses mais quentes do ano e com aspectos fisiográficos característicos, tal com topografia acidentada e ocupação irregular das encostas. Esses fatores fazem com que a Defesa Civil de Niterói registre casos de ocorrência de movimentos de massa todos os anos, alguns capazes de gerar enormes prejuízos. O desastre mais marcante ocorrido no município foi ocasionado por um longo período de chuvas intensas que culminou em vários deslizamentos em abril de 2010 – com mais de 160 mortos – entre os quais destacou-se o da comunidade do Morro do Bumba (DERECZYNSKI *et al.*, 2011).

É nesse contexto que o presente trabalho se insere, visando contribuir para um sistema de alerta mais eficiente ao estudar a correlação entre as chuvas e os movimentos de massa e, mais precisamente, para o estabelecimento de limiares de pluviometria indutores deste processo.

1.2 – Objetivos

1.2.1 – Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral estabelecer uma correlação entre precipitação e a deflagração de movimentos de massa no município de Niterói, que contribua para o estabelecimento de limiares de precipitação para a emissão de alertas.

1.2.2 – Objetivos Específicos

- Analisar as chuvas no município de Niterói no período específico compreendido entre 01 de janeiro de 2014 e 31 de dezembro de 2018, para caracterizar a pluviosidade anual e mensal;
- Analisar a distribuição espacial e temporal de ocorrências de deslizamentos no município;
- Investigar a relação entre movimentos de massa e a precipitação, por meio de diferentes parâmetros pluviométricos;

1.3 – Metodologia Básica

Para a elaboração do presente trabalho foram utilizados dados diários de precipitação no período de 01 de janeiro de 2014 até 31 de dezembro de 2018, obtidos inicialmente na Defesa Civil de Niterói e posteriormente através do portal do Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais – CEMADEN (www.cemaden.gov.br). Os dados sobre os movimentos de massa ocorridos na cidade no mesmo período também foram obtidos através do banco de informação da Defesa Civil de Niterói. Todos os registros de movimentos de massa foram fornecidos pela própria Secretaria por meio de autorização dada pelo Secretário Tenente Coronel Wallace Medeiros. A partir dessas informações foram analisados os valores diários da precipitação ocorridas no mesmo dia dos movimentos de massa e os valores das precipitações acumuladas de três dias anteriores à ocorrência para avaliar o efeito da chuva antecedente. Posteriormente, foi realizada uma análise da influência das chuvas intensas no desencadeamento dos movimentos de massa. Para isso, foi necessário determinar o limiar pluviométrico a partir do qual a chuva seria considerada intensa. Este limiar foi estipulado através do cálculo do percentil 99.

1.4 – Organização da Dissertação

O presente trabalho foi estruturado em seis capítulos. O capítulo um apresenta uma introdução ao tema, aponta os objetivos desta dissertação e mostra como o trabalho foi estruturado.

No segundo capítulo foi realizada uma discussão conceitual dos principais conceitos abordados no trabalho. O capítulo inicia com a conceituação de perigo, vulnerabilidade, exposição e risco. Posteriormente, é abordado o tema de desastres associados aos movimentos de massa, conceituando este fenômeno, apontando a tipologia e os agentes deflagradores. Em seguida, é abordada a correlação da precipitação com os movimentos de massa através de trabalhos já realizados no meio acadêmico com o mesmo tema. Os dois últimos tópicos abordam os desastres no Brasil e no mundo e o gerenciamento e prevenção dos desastres.

A área de estudo selecionada para este trabalho é descrita no terceiro capítulo. Inicialmente é apresentada uma caracterização geral do município, seguido do histórico da cidade. Também são apontados os aspectos físicos, como geologia, pedologia, geomorfologia, vegetação e clima. Nos últimos tópicos são descritos a história e a atuação da Defesa Civil de Niterói e os principais desastres ocorridos no município, relacionados aos movimentos de massa.

O quarto capítulo apresenta a metodologia. É descrito quais os dados de precipitação do município foram utilizados, como foi realizada a seleção dos dados da Defesa Civil de Niterói para o presente estudo e qual será a metodologia utilizada para correlacionar os dados de precipitação e movimentos de massa.

No quinto capítulo são demonstrados os resultados obtidos. Tais resultados apontaram a dinâmica pluviométrica no período estudado, as ocorrências registradas no mesmo período, a distribuição dos movimentos de massa do município, a correlação entre os movimentos de massa e classes de chuvas e a influência das chuvas intensas na ocorrência dos movimentos de massa.

O sexto capítulo apresentou a conclusão do estudo.

CAPÍTULO II – DISCUSSÃO CONCEITUAL

2.1 – Perigo, Vulnerabilidade, Exposição e Risco

Ao falar sobre os desastres é importante destacar quatro conceitos básicos que muitas vezes são confundidos entre si ou com outros: perigo, vulnerabilidade, exposição e risco.

Atualmente, é comum encontrar os termos “ameaça” e “perigo” como sinônimos para a tradução da palavra *hazard*. Contudo, essas duas expressões na língua inglesa têm significados distintos. Segundo Marcelino (2008), a melhor tradução para o termo em inglês *hazard* é a expressão “perigo”. De acordo com o autor, *hazard* significa alguma coisa que pode causar dano. Já ameaça, ou seja, *threat* significa a intenção humana de punir ou prejudicar alguém, principalmente quando não se obedece.

Nesse contexto, a palavra “perigo” se encaixa melhor no conceito de *hazard* definido pela ONU, como sendo um evento físico potencialmente prejudicial, que pode causar perdas humanas, além de danos à propriedade, perdas econômicas e degradação ambiental (UNDRR, 2019). O trabalho da UNDP (2004) completa esta ideia e diz que perigo é um fenômeno natural que pode ocorrer em épocas e regiões conhecidas, que podem provocar sérios danos nas áreas sob impacto.

Outro conceito importante para análise de risco é o conceito de vulnerabilidade. A UNDRR (2019) esclarece que este é o conjunto de condições determinadas por fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais que aumentam a suscetibilidade de um indivíduo, comunidade, ativos ou sistemas aos impactos de risco.

Ainda de acordo com a UNDRR (2019), exposição é definida como sendo a situação de pessoas, infraestrutura, moradia, capacidade de produção e outros ativos humanos tangíveis localizados em áreas sujeitas a riscos.

Já o risco é a potencialidade de perda de vidas, ferimentos ou ativos destruídos ou danificados que podem ocorrer a um sistema, sociedade ou comunidade em um período de tempo específico, determinado de forma probabilística em função de risco, exposição, vulnerabilidade e capacidade (UNDRR, 2019). Segundo Veyret (2007 *apud* TOMINAGA *et al.*, 2009) um processo potencialmente perigoso torna-se um risco quando sua ocorrência passa a ser previsível, emitindo sinais prévios ou por meio da repetição, possibilitando estabelecer uma frequência, sendo, portanto, calculável. Assim, a estatística tem um papel importante na definição do risco.

A equação básica de risco considerada no presente trabalho envolve três parâmetros básicos: o perigo, a exposição e a vulnerabilidade. Desta forma, o risco pode ser expresso pela equação:

$$R = P \times E \times V$$

Onde:

R = risco;

P = perigo;

E = exposição

V = vulnerabilidade.

2.2 – Movimentos de Massa

Antes de abordar o tema de desastres associados aos movimentos de massa, cabe, primeiramente, uma análise sobre alguns tópicos fundamentais para a compreensão desse fenômeno natural, como conceito, tipologia, agentes deflagradores e a correlação existente entre chuvas e os deslizamentos.

2.2.1 – Conceito de Movimentos de Massa

Os movimentos de massa são processos naturais, corriqueiros em áreas que apresentam relevo acidentado, podendo ter contribuição de fatores antropogênicos em sua indução. Esses fenômenos são responsáveis por agir diretamente na evolução geomorfológica das vertentes. Nas últimas décadas, o tema tem ganhado cada vez mais atenção dos pesquisadores do meio acadêmico devido à grande interferência que provocam na sociedade, por gerarem prejuízos materiais e causarem perdas de vidas humanas.

Varnes (1984) conceituou movimentos de massa como processos geológicos exógenos que deslocam materiais, tais como rocha, solo e detritos ao longo da encosta, e que ocorrem naturalmente ou são induzidos pela ação humana. De acordo com Tominaga *et al.* (2009) esses fenômenos dizem respeito ao movimento do solo, rocha e/ou vegetação ao longo da vertente sob a ação direta da gravidade. Guidicini & Nieble (1984) utilizam o termo “escorregamento” para se referir a qualquer movimento coletivo de materiais terrosos e/ou rochosos, independente da diversidade de processos, causas, velocidades, formas e demais características.

2.2.2 – Tipologia dos Movimentos de Massa

De acordo com Tominaga (2007) ao longo das últimas décadas diversos trabalhos propuseram classificar os movimentos de massa. Segundo a autora os trabalhos que mais se destacaram foram de Sharpe (1938), Terzaghi (1950), Varnes (1958 e 1978), Hutchinson (1988) e Sassa (1989), sendo a classificação dos movimentos de massa proposta por Varnes (1978) a mais utilizada internacionalmente devido a sua simplicidade. Este autor se baseou no tipo de movimento e no tipo de material transportado para elaborar sua classificação (Tabela 2.1).

Tabela 2.1: Classificação simplificada de movimentos de massa, modificado de Varnes 1978. Fonte: VARNES, 1978.

Tipo de movimento	Tipo de material		
	Rocha	Material detrítico grosseiro	Solos
Queda (falls)	Queda de Blocos	Queda de Detritos	Queda de Solos
Tombamento (topless)	Tombamento de Blocos	Tombamento de Detritos	Tombamento de Solos
Escorregamento Rotacional (slump) e Translacional (slides)	Escorregamento de Rocha	Escorregamento de Detritos	Escorregamento de Solo
Corrida (flows)	Avalanche de Blocos	Corrida de Detritos	Corrida de Solo ou Lama
Complexo	Combinação de dois ou mais tipos		

É importante ressaltar que a maioria das classificações é formulada de acordo com os aspectos e características regionais. Tominaga *et al.* (2009) destaca que as principais classificações brasileiras foram descritas nos trabalhos de Freire (1965), Guidicini & Nieble (1984) e Augusto Filho (1992). A classificação deste último autor é apresentada na Tabela 2.2.

Tabela 2.2: Principais tipos de movimentos de massa, segundo Augusto Filho (1992). Fonte: modificado de AUGUSTO FILHO, 1992.

Processos	Dinâmica / geometria / material
Rastejos (Creep)	<ul style="list-style-type: none"> • Vários planos de deslocamento (internos) • Velocidades muito baixas (cm/ano) a baixas e decrescentes com a profundidade • Movimentos constantes, sazonais ou intermitentes • Solo, depósitos, rocha alterada/fraturada • Geometria indefinida
Escorregamentos (Slides)	<ul style="list-style-type: none"> • Poucos planos de deslocamento (externos) • Velocidades médias (m/h) a altas (m/s) • Pequenos a grandes volumes de material • Geometria e materiais variáveis: <p>Planares – solos pouco espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza Circulares – solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas Em cunha – solos e rochas com dois planos de fraqueza.</p>
Quedas (Falls)	<ul style="list-style-type: none"> • Sem planos de deslocamento • Movimentos tipo queda livre ou em plano inclinado • Velocidades muito altas (vários m/s) • Material rochoso • Pequenos a médios volumes • Geometria variável: lascas, placas, blocos, etc. <p>Rolamento de matacão Tombamento</p>
Corridas (Flows)	<ul style="list-style-type: none"> • Muitas superfícies de deslocamento • Movimento semelhante ao de um líquido viscoso • Desenvolvimento ao longo das drenagens • Velocidades médias a altas • Mobilização de solo, rocha, detritos e água • Grandes volumes de material • Extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas

A seguir serão abordados os diferentes tipos de movimentos de massa.

- **Deslizamentos ou Escorregamentos**

Segundo Fernandes & Amaral (2003) escorregamentos correspondem a movimentos rápidos, de curta duração, com plano de ruptura bem definido, permitindo a distinção entre o material deslizado e aquele não movimentado.

Para que haja esse fenômeno é necessário que as tensões cisalhantes sejam superiores a resistência ao cisalhamento dos materiais. A resistência ao cisalhamento do solo é definida

pela equação abaixo, a partir da qual se evidencia que resistência é função da tensão efetiva do solo, por sua vez, depende da poropressão. Em função disso, conclui-se que a infiltração de água na massa de solo e/ou de rocha, faz aumentar a poropressão do solo, podendo chegar a um determinado valor que faz com que a resistência se iguale a tensão cisalhante atuante, caracterizando a iminência da ruptura do solo.

$$\tau = \sigma - u$$

Onde

τ : resistência ao cisalhamento do solo

σ : tensão normal no plano de cisalhamento

u : poropressão (pressão nos vazios do solo no plano de cisalhamento)

Os escorregamentos são divididos em três tipos de acordo com a geometria e a natureza dos materiais: escorregamentos rotacionais ou circulares, escorregamentos translacionais ou planares e escorregamentos em cunha.

Os escorregamentos rotacionais ou circulares (Figura 2.1) são caracterizados por apresentarem uma superfície de ruptura arredondada, côncava, que geralmente desloca uma grande quantidade de material de forma rotacional (GUIDICINI & NIEBLE, 1984). Fernandes & Amaral (2003) destacam que as condições mais favoráveis para a ocorrência desse fenômeno é a existência de solos espessos e homogêneos, sendo comuns em encostas comportas por material de alteração originado de rochas argilosas.

Este fenômeno é comum nas encostas da região Sudeste do Brasil, por apresentarem espessos mantos de alteração. Na maioria das vezes, esse tipo de movimento é desencadeado por cortes na base desses materiais, sejam artificiais, como para a implantação de estradas, por exemplo, ou naturais como pela erosão fluvial no sopé da encosta (FERNANDES & AMARAL, 2003).



Figura 2.1: Escorregamento rotacional ou circular. Fonte: modificado de CASTRO, 2012.

Os escorregamentos translacionais ou planares (Figura 2.2) são o tipo mais comum de movimento de massa. Possuem superfície de ruptura com forma planar, associadas às heterogeneidades dos solos e rochas que representam descontinuidades mecânicas e/ou hidrológicas oriundas de processos geológicos, geomorfológicos ou pedológicos. Esse tipo de escorregamento é caracterizado por ser comprido e raso, onde o plano de ruptura está, normalmente, em profundidade entre 0,5m e 5,0m (TOMINAGA *et al.*, 2009). Também ocorrem em encostas com declividades variadas (baixa a alta) e podem atingir de centenas a milhares de metros (GUIDICINI & NIEBLE, 1984).

O fator desencadeante dos escorregamentos translacionais são, na maioria das vezes, as chuvas intensas. De acordo com Fernandes & Amaral (2003) a dinâmica hidrológica, nestes casos, possui um caráter superficial e as rupturas ocorrem rapidamente, devido ao aumento da poropressão positiva durante os períodos de precipitações intensas ou com longa duração.

De acordo com o tipo de material transportado, os escorregamentos translacionais ainda podem ser subdivididos em escorregamentos translacionais de rocha, de solo, de tálus/colúvios ou de detritos, podendo, neste caso estar incluído o lixo. Porém, na maioria das vezes em um escorregamento dessa natureza há uma mistura desses materiais em movimento (FERNANDES & AMARAL, 2003).



Figura 2.2: Escorregamento planar (translacional). Fonte: modificado de COPPETEC, 2010 *apud* CASTRO, 2012.

Os escorregamentos em cunha (Figura 2.3) ocorrem de forma mais restrita, em regiões que apresentam relevo fortemente controlado por estruturas geológicas. Esse tipo de escorregamento é a união de duas estruturas de rompimento planar, formando o deslocamento de um prisma onde duas linhas se encontram. É um processo comum em taludes de corte ou encostas que sofreram algum tipo de desconfinamento, seja esse natural ou antropogênico (TOMINAGA *et al.*, 2009).



Figura 2.3: Escorregamento em cunha. Fonte: <https://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09d.html>

- **Rastejos**

O processo de rastejo é caracterizado por movimentos lentos e contínuos de material, que ocorrem em vertentes sem limites definidos, podendo envolver grandes volumes de solo. Por ser um movimento vagaroso, sua percepção é praticamente impossível. Nesse tipo de movimento, a água, que influencia as poropressões no interior da massa de solo, faz com que em períodos de estiagem o movimento seja reduzido e até mesmo paralisado e em períodos chuvosos evoluir, podendo culminar em um escorregamento (GUIDICINI & NIEBLE, 1984). Além disso, alterações de temperatura e umidade podem influenciar no desenvolvimento desse movimento, devido ao processo de contração e expansão do material (GUIDICINI & NIEBLE, 1984). A evidência da ocorrência desse tipo de movimento são as inclinações de árvores, postes, certas xistosidade nas encostas, além de trincas e rachaduras em construções, como mostra a Figura 2.4 (OLIVEIRA, 2004).

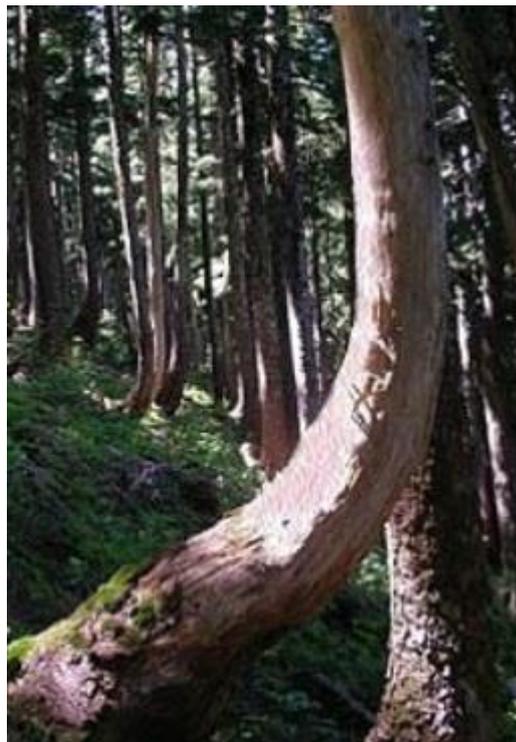


Figura 2.4: Processo de rastejo. Fonte: modificado de CASTRO, 2012.

- **Quedas**

O fenômeno de queda de blocos é definido como uma ação de queda livre a partir de uma elevação sem que haja uma superfície de movimentação. Ocorrem em penhascos

verticais ou em encostas muito íngremes, em que os blocos de rocha são deslocados do maciço devido ao intemperismo e caem por ação da força da gravidade (Figura 2.5). O principal agente deflagrador desse fenômeno é a água (intemperismo químico), porém, a ação do congelamento e degelo em regiões mais frias ou por razões tectônicas podem induzir esse movimento (GUIDICINI & NIEBLE, 1984).

Esse tipo de fenômeno é observado em escarpas rochosas, onde ocorre a queda de rochas, mas também é possível acontecer com porções de solos e detritos em relevos muito inclinados que foram alterados pela ação humana (GUIDICINI & NIEBLE, 1984).

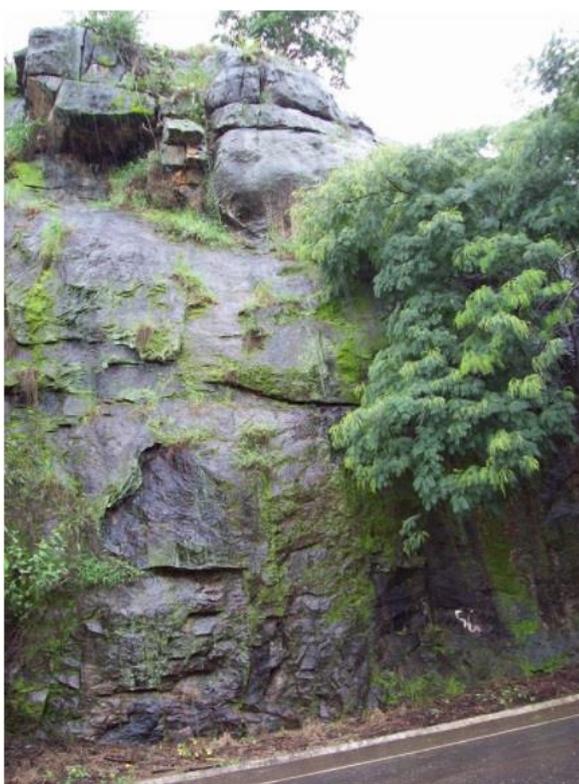


Figura 2.5: Ameaça de blocos. Fonte: <http://coluvio.com.br/avaliacao-geologica-e-geotecnica-de-alternativas-de-tracados-para-ferrovia-miguel-burnier-mg-e-campos-rj/>

- **Rolamentos**

Esse tipo de movimento é caracterizado pelos blocos de rocha que se desprendem e rolam pela encosta (Figura 2.6). Essas rochas costumam estar sobre solos que sofreram a ação do intemperismo e acabaram descobrindo o bloco ou então que vieram de uma área a montante da encosta (AUGUSTO FILHO, 1992).



Figura 2.6: Rolamento de blocos rochosos. Fonte: <https://brasil.estadao.com.br/noticias/geral,mais-de-400-pessoas-ficam-desalojadas-apos-queda-de-pedra-drone-monitora-local,1817288>

- **Tombamentos**

Os tombamentos (Figura 2.7) são movimentos de massa característicos de áreas que apresentam afloramentos rochosos. Os blocos de rocha se desprendem das encostas sub verticais de superfícies com descontinuidade. Essas encostas são, em geral, muito íngremes ou apresentam declividade negativa, como é o caso das pedreiras (VARNES, 1984).



Figura 2.7: Tombamento rochoso. Fonte: modificado de PROIN/CAPES & UNESP/IGCE, 1999 *apud* CASTRO, 2012.

- **Corrida**

As corridas (Figura 2.8) são movimentos rápidos de escoamento de caráter hidrodinâmicos, em que os materiais se comportam como fluidos altamente viscosos (FERNANDES & AMARAL, 2003). Esse tipo de fenômeno é causado pela perda de atrito interno das partículas de solo, devido ao excesso de pressão de água, fazendo-o se comportar como um fluido. A massa deslocada, que pode conter materiais como solo, rocha e árvores, pode percorrer grandes distâncias, mesmo em áreas com inclinações baixas (TOMINAGA *et al.*, 2009). Esse tipo de fenômeno tem o poder destrutivo superior aos escorregamentos. (GUIDICINI & NIEBLE, 1984).



Figura 2.8: Corrida. Fonte: <https://www.cprm.gov.br/scdi/>

2.2.3 – Agentes Deflagradores dos Movimentos de Massa

O desencadeamento dos processos de movimentos de massa ocorre devido aos elementos dos meios físico e biótico. Diversos autores já elucidaram como esses fatores atuam na propagação desses fenômenos.

O aumento da ocorrência de deslizamentos, não só no Brasil mas no mundo inteiro, não se dá exclusivamente por razão dos fatores do meio físico, como declividade, formato da encosta, orientação da vertente, pluviosidade, característica pedológicas e geológicas. Esses

fenômenos são desencadeados também, e principalmente, devido à atividade humana de uso e ocupação do solo nas vertentes (FERNANDES *et al.*, 2001; FERNANDES & AMARAL, 2003; TOMINAGA, 2007).

Mendonça e Guerra (1997) e Fernandes & Amaral (2003) destacam que algumas ações antrópicas que prejudicam a estabilização dos taludes: retirada da cobertura vegetal, cortes para abertura de estradas, construção de muros, dimensionamento indevido do talude e lançamento de lixo nas encostas.

Fernandes & Amaral (2003) reiteram esse pensamento e apontam que o Brasil, devido suas condições climáticas e pela grande quantidade de maciços, está sujeito a ocorrência desses fenômenos. Tominaga (2007) também ressalta que os movimentos de massa são importantes processos naturais que agem na dinâmica das vertentes, porém, o crescimento da ocupação urbana indiscriminada em locais adversos e sem o devido planejamento do uso do solo com técnicas adequadas está disseminando a ocorrência de acidentes associados a estes processos, que em alguns casos ganham dimensão de desastres.

Em seu trabalho, Guidicini & Nieble (1984) utilizaram a classificação adotada por Freire (1965) e dividiram conceitualmente os agentes deflagradores de movimentos de massa em *agentes predisponentes* e *agentes efetivos*.

Os agentes predisponentes referem-se ao conjunto de características intrínsecas, de condições estritamente naturais, onde não há a ação humana (GUIDICINI & NIEBLE, 1984). Esses agentes se dividem em:

- Complexo geológico: tipo de rocha, nível de alteração, estrutura, direção das camadas, grau de fraturamento, etc;
- Complexo morfológico: inclinação da superfície, massa e forma do relevo;
- Complexo climático-hidrológico: clima, regime de precipitação e de águas subterrâneas;
- Gravidade;
- Calor solar;
- Tipo de vegetação original.

Já os agentes efetivos são o conjunto de elementos diretamente responsáveis por desencadear os movimentos de massa. Nesse conjunto está inclusa a ação humana (GUIDICINI & NIEBLE, 1984). Os autores ainda subdividem estes agentes de acordo com a forma de atuação:

- Agentes efetivos preparatórios: pluviosidade, erosão pela água ou vento congelamento e degelo, variação de temperatura, dissolução química, ação humana, desflorestamento, etc.
- Agentes efetivos imediatos: chuva intensa, fusão de gelo e neve, terremotos, ondas, vento, ação do home.

A respeito das causas, Guidicini & Nieble (1984) utilizam a mesma classificação proposta por Terzaghi (1950) e as separam de acordo com a sua posição em relação ao talude:

- Causas internas: atuam diminuindo a resistência ao cisalhamento do solo do talude, sem que aja a constatação da alteração geométrica do talude e que ocasionam a perda de resistência interna do material (aumento da pressão hidrostática, diminuição de coesão e ângulo de atrito interno por processo de alteração).
- Causas externas: provocam o aumento das tensões de cisalhamento, sem que ocorra a diminuição da resistência do material (aumento da inclinação do talude, por processos naturais ou artificiais, decomposição do material na parte superior do talude, abalos sísmicos e vibrações).
- Causas intermediárias: derivam de efeitos causados por agentes externos no interior do talude (liquefação espontânea, rebaixamento rápido, erosão retrogressiva).

2.2.4 – Correlação Entre Chuvas e Movimentos de Massa

Dentre os fatores deflagradores dos movimentos de massa, a pluviosidade é um dos mais importantes, pois, como abordado anteriormente, a água que infiltra no solo tem a capacidade de alterar a estabilidade dos taludes devido ao aumento da poropressão e, conseqüentemente, a redução da tensão efetiva, assim, da resistência ao cisalhamento.

Guidicini & Nieble (1984) esclarecem que na região tropical úmida brasileira os movimentos de massa estão associados às estações das chuvas, ou seja, nos meses mais quentes do ano, principalmente desencadeados por precipitações intensas. Os autores também apontam que se não todos, quase todos os movimentos de massa registrados no meio fisiográfico brasileiro estão diretamente relacionados a níveis elevados de chuva, com duração que varia de algumas horas a dias. Porém, a ocorrência de elevados índices pluviométricos é a

condição necessária, mas não necessariamente suficiente para desencadear movimentos de massa, visto que diversos episódios de chuvas intensas não geram a instabilização do talude.

Devido às consequências negativas causadas pelas chuvas intensas e/ou prolongadas na estabilidade de taludes, a partir da década de 1970 houve um aumento no número de pesquisadores de todo o mundo que investigam esses fenômenos, no intuito de estabelecer os limiares pluviométricos capazes de desencadear movimentos de massas (D'ORSI, 2011).

Um dos primeiros trabalhos na literatura nacional que buscou correlacionar precipitação com movimentos de massa foi o de Pichler (1957). O autor analisou uma série de movimentos de massa ocorridos nos morros dos municípios de Santos (SP) e São Vicente (SP) em março de 1956. As chuvas mais intensas ocorreram nos dias 01 de março, quando foram registrados 120 mm em apenas 4 horas, e no dia 24 de março, cuja precipitação foi de 250 mm em 10 horas. Entre essas datas ainda foram registradas chuvas de baixa intensidade. Toda essa pluviosidade deflagrou diversos movimentos de massa que ocasionaram dezenas de vítimas fatais. O autor atribuiu esse desastre às características naturais da região, à ocupação desordenada e sem planejamento e à chuva excepcionalmente intensa e prolongada.

Na década de 1960 outros trabalhos como de Barata (1969) e Nunes (1969) também correlacionaram chuvas com movimentos de massa. Esses autores analisaram os fenômenos dos movimentos de massa ocorridos em várias regiões do estado do Rio de Janeiro.

Um dos primeiros trabalhos interacionais sobre o tema foi de Campbell (1975). Ao estudar os movimentos de massa ocorridos em fevereiro de 1969 nas Montanhas de Santa Mônica, na Califórnia (EUA), o autor verificou que grande parte desses fenômenos estava relacionada com o aumento da poropressão¹ no solo, devido à infiltração da chuva.

O trabalho de Nielsen e Turner (1975 *apud* D'ORSI, 2011) aponta que os estudos sobre movimentos de massa devem levar em consideração a intensidade de um determinado evento pluviométrico, a quantidade da chuva acumulada antes do evento e a sua duração. Os autores também indicaram que há um valor limítrofe de precipitação acima do qual os movimentos de massa podem ocorrer. Esse limite é determinado de acordo com a análise da série histórica.

Ainda na década de 1970, pesquisadores do *Geotechnical Engineering Office* (GEO) passaram a se dedicar em correlacionar chuvas com escorregamentos em Hong Kong. Peter Lumb foi o pioneiro em se destacar nessa área. De acordo com Pedrosa (1994), o estudo de

¹ pressão do fluido intersticial presente nos vazios da massa de solo ou nas discontinuidades da rocha.

Lumb (1975) foi o primeiro em apontar a importância da chuva antecedente na correlação com a estabilidade das encostas.

Neste mesmo trabalho, Lumb analisou a pluviometria e a ocorrência de movimentos de massa entre os anos de 1950 e 1973. A partir desta análise, o autor encontrou uma notória correlação entre a pluviometria acumulada em 15 dias e a precipitação diária (mm/24h no dia do evento) e a ocorrência de movimentos de massa. Segundo ele, o motivo principal para a ocorrência desses fenômenos estava associado à perda de sucção, por conta do aumento da umidade. O autor também acrescenta que eventos severos, ou seja, com registros de dezenas de movimentos de massa, ocorriam apenas quando a pluviometria acumulada no período de 15 dias era superior a 200 mm e episódios desastrosos (centenas de movimentos de massa) demandavam 350 mm de chuva em 15 dias anteriores ao evento (Figura 2.9). Ademais, a chuva diária necessária para a ocorrência desses eventos deveria ser maior que 100 mm/24h (LUMB, 1975 *apud* PEDROSA, 1994).

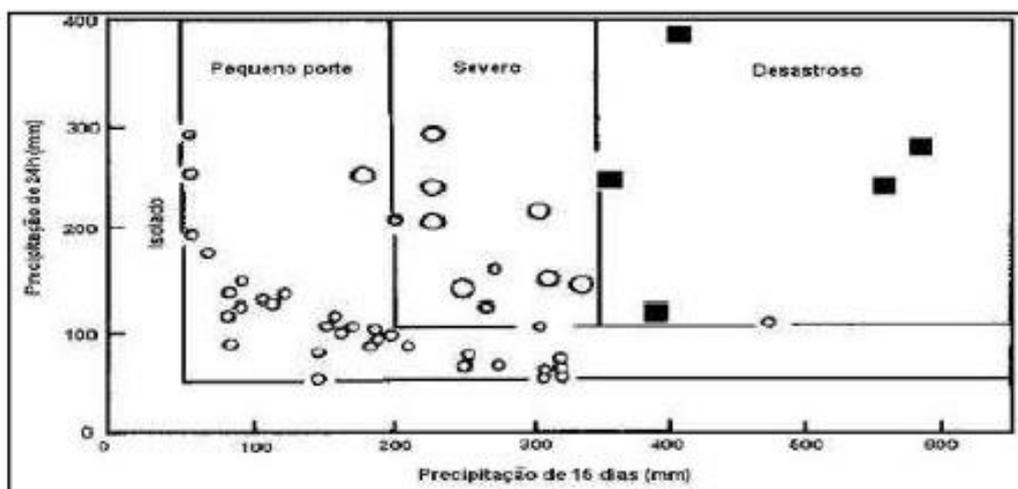


Figura 2.9: Gráfico que mostra a delimitação das zonas de severidade (número de ocorrências de movimentos de massa) dos eventos pluviométricos, em função da precipitação acumulada em 15 dias e a chuva registrada no dia do evento, em Hong Kong – China. Fonte: D’ORSI, 2011.

Ao contrário do que o estudo de Lumb (1975) apontava, Brand *et al.* (1984) e Brand (1989) contrapuseram a ideia de que a chuva que antecedia a 24h o evento influenciava na deflagração dos movimentos de massa em Hong Kong. De acordo com estes autores, as chuvas das últimas 24 horas e, principalmente, da última hora antes do episódio, eram os principais agentes desencadeadores de movimentos de massa. Os autores admitiam a relevância da infiltração das chuvas na deflagração dos escorregamentos. Porém, devido à alta permeabilidade dos solos residuais da região e o tipo de ruptura que geralmente ocorria

(ruptura tipo rápido), era improvável a ocorrência de processos de instabilização devido à pequena e contínua infiltração (chuva de vários dias e de baixa intensidade).

O estudo de Guidicini & Iwasa (1976 *apud* FILGUEIRAS *et al.*, 2016) evidenciou a correlação entre pluviosidade e movimentos de massa em determinadas localidades dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Ceará, Minas Gerais e Santa Catarina. Essas áreas foram selecionadas por apresentarem histórico de chuvas com volumes muito elevados e ocorrências de deslizamentos. Os autores avaliaram a importância das chuvas antecedentes para 3, 7, 15, 30, 60, 90 e 120 dias, e realizaram análises probabilísticas das repetições dos eventos. Para esta metodologia foi considerada, principalmente, a periodicidade das chuvas, a intensidade pluviométrica (antes e durante o evento) e sua duração. Os autores também estabeleceram coeficientes pluviométricos que indicavam diferentes “níveis de periculosidade” relativos à ocorrência de movimentos de massa. São eles:

Cc: Coeficiente de ciclo ou histórico da pluviosidade (razão entre o registro acumulado até o dia do evento e a média anual da pluviosidade).

Ce: Coeficiente do episódio (razão entre o registro pluviométrico do episódio e a média anual de pluviosidade).

Cf: Coeficiente final ($C_f = C_c + C_e$).

A partir da definição desses coeficientes, os autores elaboraram cartas de risco definidas por quatro faixas de classificação (A, B, C, D). Foi elaborada uma carta contendo todos os episódios estudados (Figura 2.10) e cartas individuais para cada área selecionada no estudo.

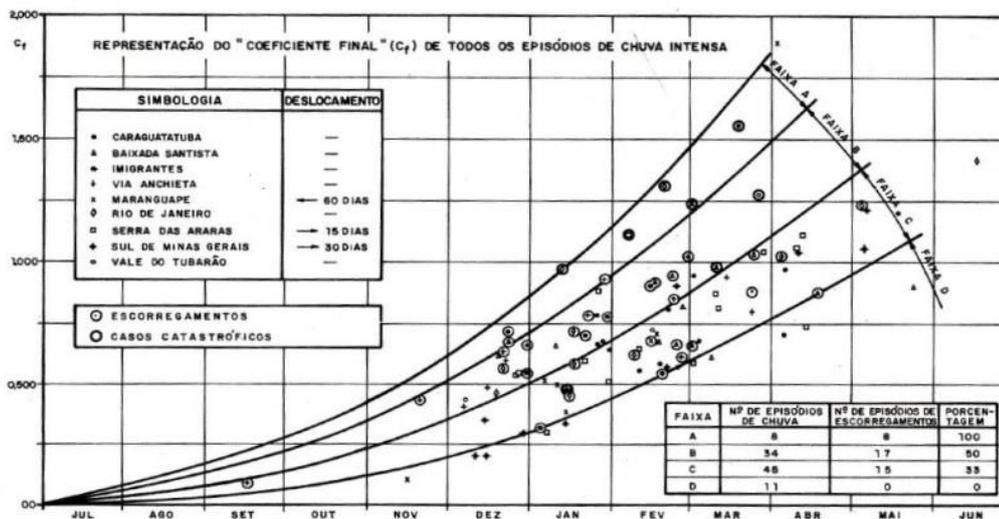


Figura 2.10: Representação do C_f para todos os episódios de chuva com as faixas de classificação. Fonte: GUIDICINI E IWASA *apud* FILGUEIRAS *et al.*, 2016.

Os autores concluíram que quando a pluviometria total do evento excede a 12% da PAM (precipitação anual média), os deslizamentos ocorrem independente das condições pluviométricas antecedentes ao evento. Se a pluviometria total do evento corresponder entre 8% e 12% da PAM, os deslizamentos ocorrem dependendo do histórico pluviométrico. Porém, se a pluviometria total do evento for menor que 8% da PAM é improvável a deflagração dos deslizamentos (GUIDICINI & IWASA, 1976 *apud* D'ORSI, 2010).

O trabalho de Guidicini & Nieble (1984) teve como objetivo relacionar a ocorrência ou não de movimentos de massa a partir da análise de 100 episódios de chuvas intensas ocorridas em diferentes locais do território brasileiro, todos na região tropical úmida, em intervalos que variaram de 20 a 70 anos. Os autores concluíram que quando o acumulado de chuva de 48h alcança valores superiores a 250 mm, há uma grande probabilidade de ocorrer deslizamentos. Porém, de acordo com o gráfico da Figura 2.11, é possível notar que houve movimentos de massa com acumulados de chuvas inferiores.

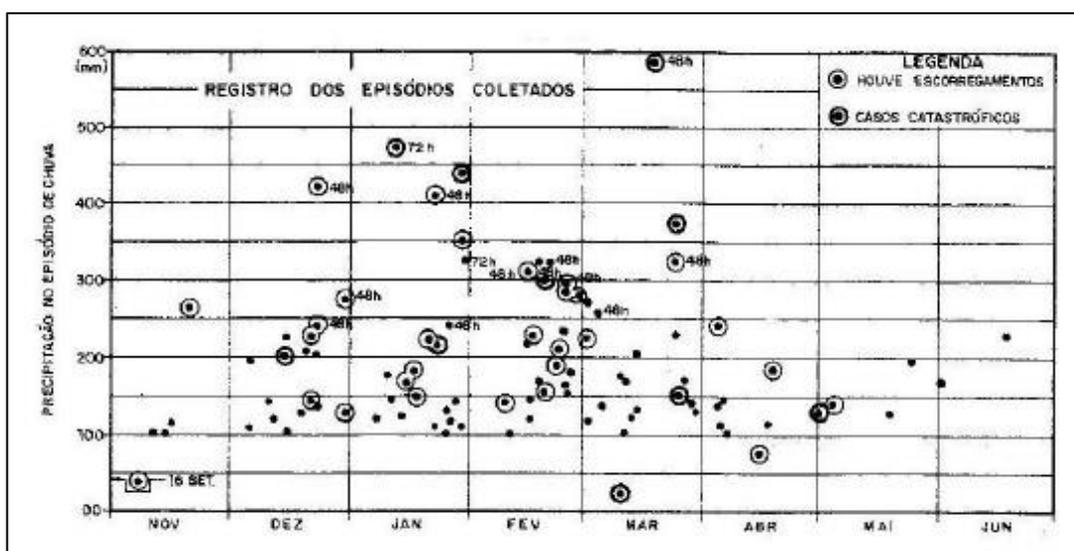


Figura 2.11: Registro de 100 eventos pluviométricos intensos. Os pontos com círculo em volta mostram episódios de chuvas que causaram deslizamentos. Fonte: GUIDICINI & NIEBLE, 1984.

Tatizana *et al.* (1987), após analisarem movimentos de massa em Cubatão (Serra do Mar) por 30 anos, correlacionaram numericamente chuva acumulada, causadoras da saturação do solo, com precipitações horárias, que causam movimentos de massa. Os autores chegaram à conclusão que precipitações acumuladas de quatro dias têm uma melhor correlação com a deflagração de movimentos de massa.

Guzzetti *et al.* (2007) desenvolveu limiares para a região Centro – Sul da Europa. Os autores analisaram 853 eventos pluviométricos com a ocorrência de movimentos de massa e

estabeleceram valores para, o que chamaram de limiar pluviométrico mínimo, em que abaixo desse limite não ocorrem movimentos de massa, e limiar pluviométrico máximo, no qual acima desse valor há a certeza da ocorrência de movimentos de massa. Os autores também esclarecem que a climatologia regional influencia na determinação desses limiares.

2.3 – Desastres Socioambientais

Os desastres, na maioria das vezes chamados de “naturais” por estarem, neste caso, associados a eventos naturais, estão diretamente ligados à relação homem – natureza. Segundo Marcelino (2008), os desastres começam a surgir no momento em que o homem deixa de ser nômade e se fixa em territórios, na maioria das vezes, em áreas propensas a eventos naturais como em planícies dos grandes rios, no litoral e nas encostas vulcânicas. Assim, surgem as primeiras cidades.

Ao longo dos séculos, o crescimento da população mundial, que passou a se expandir para outras áreas, principalmente formando densos aglomerados urbanos, fez aumentar o número de desastres e também sua proporção. Por isso, o tema tem sido amplamente discutido, visando elaborar medidas para prevenir e minimizar os efeitos nocivos oriundos dos desastres (MARCELINO, 2008).

Uma das primeiras questões que deve ser elucidada ao estudar o tema é esclarecer a diferença entre fenômenos naturais e desastres socioambientais. Mattedi *et al.* (2009 *apud* SIEBERT, 2012) explica claramente essa diferença através de um exemplo simples. O transbordamento de um rio, em um tempo em que as precipitações são intensas, é um fenômeno natural que provoca a inundação da planície fluvial que forma o seu leito secundário. Porém, esse transbordamento se transformará em um desastre caso as margens desse rio estiverem ocupadas por assentamentos humanos. Por isso, é empregado o termo “desastre socioambiental” ao invés de “desastre natural” por se entender que os desastres são socialmente construídos.

Apesar de muitos autores compartilharem da mesma opinião, ainda é comum encontrar na literatura o termo “desastre natural”. Tobin e Montz (1997 *apud* TOMINAGA *et al.*, 2009) conceituam desastres naturais como sendo o resultado do impacto de fenômenos naturais extremos ou intensos em um sistema social, gerando graves danos e prejuízos que excede a capacidade da comunidade ou da sociedade atingida de conviver com o impacto.

De acordo com o Glossário de Defesa Civil elaborado por Castro (1998), desastre é o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais.

O conceito adotado pelo Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastre (*United Nations Office for Disaster Risk Reduction – UNDRR*, 2019) é bem similar ao conceito de Castro (1998). Segundo a UNDRR (2019), desastre é uma séria perturbação do funcionamento de uma comunidade ou de uma sociedade que envolve perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais, que excede a capacidade da comunidade ou sociedade afetada arcar utilizando seus próprios recursos.

2.3.1 – Classificação dos Desastres

Na literatura as classificações mais comuns para os desastres se baseiam na sua origem e a na sua intensidade.

Segundo Castro (1999), os desastres podem ser classificados quanto à origem ou causa primária do agente causador, como naturais, antropogênicos ou mistos. Os “desastres naturais” são desencadeados por fenômenos e desequilíbrios da natureza, ou seja, fatores de origem externa que agem independente da ação humana. Esses desastres podem ser:

- *De origem sideral*: impactos de meteoros sobre a superfície terrestre;
- *Relacionados com a geodinâmica terrestre externa*: como fenômenos meteorológicos;
- *Relacionados com a geodinâmica terrestre interna*: fenômenos tectônicos, por exemplo;
- *Relacionados com desequilíbrios na biocenose*: como pragas animais e vegetais.

Ainda de acordo com Castro (1999), os “desastres antropogênicos” (ou humanos), são causados pela ação ou omissão humana e estão intimamente ligados à atividade do homem, enquanto agente ou autor. Assim, é possível dizer que os desastres humanos são provocados por fatores de origem interna. A natureza dos desastres antropogênicos pode ser:

- *Tecnológica*: desastre com meios de transporte, com produtos perigosos, incêndios em parques industriais, rompimento de barragem;
- *Social*: desemprego, marginalização, fome;

- *Biológica*: epidemia de malária, cólera, dengue.

Os desastres mistos são aqueles que resultam na junção de fenômenos naturais com a atividade humana. Castro (1999) subdivide esta categoria em:

- *Geodinâmica terrestre externa*: como chuva ácida, poluição do ar provocada pela inversão térmica e efeito estufa;
- *Geodinâmica terrestre interna*: desertificação e salinização do solo, por exemplo.

Outra classificação para desastre muito utilizada está relacionada à intensidade. A intensidade de um desastre depende da correlação entre magnitude do evento e o grau de vulnerabilidade do sistema afetado (CASTRO, 1998). A avaliação quanto à intensidade é importante para facilitar o planejamento da resposta e da recuperação do local atingido. Tanto as ações como os recursos que serão utilizados para socorrer as vítimas irão depender da intensidade dos danos e dos prejuízos (TOMINAGA *et al.*, 2009). Na Tabela 2.3 são apresentados os níveis de intensidades dos desastres bem como a situação de cada um deles.

Tabela 2.3: Classificação dos desastres quanto à sua intensidade. Fonte: modificado de KOBAYAMA *et al.*, 2006.

Nível	Intensidade	Situação
I	Desastre de pequeno porte, onde os impactos causados são pouco importantes e os prejuízos pouco vultosos. (Prejuízo ≤ 5% PIB municipal)	Facilmente superável com os recursos do município.
II	De média intensidade, onde os impactos são de alguma importância e os prejuízos são significativos, embora não sejam vultosos. (5% < Prejuízo ≤ 10% PIB municipal)	Superável pelo município, desde que envolva uma mobilização e administração especial.
III	De grande intensidade, com danos importantes e prejuízos vultosos. (10 % < Prejuízo ≤ 30% PIB municipal)	A situação de normalidade pode ser restabelecida com recursos locais, desde que complementados com recursos estaduais e federais. (Situação de Emergência – SE).
IV	Com impactos muito significativos e prejuízos muito vultosos. (Prejuízo > 30% PIB municipal)	Não é superável pelo município, sem que receba ajuda externa. Eventualmente necessita de ajuda internacional (Estado de Calamidade Pública – ECP).

Em 2012 foi instituída a Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade), substituindo a então Codificação de Desastres, Ameaças e Riscos (Codar). Essa substituição teve o intuito de adequar a classificação brasileira às normas internacionais de acordo com os padrões estabelecidos pela ONU. Por isso, a Cobrade foi elaborada de acordo com a classificação utilizada pelo Banco de Dados Internacionais de Desastres (EM-DAT) do Centro de Pesquisa sobre Epidemiologia de Desastre (Cred) e da Organização Mundial de Saúde (OMS/ONU). Apesar de seguir as normas estabelecidas, a Cobrade conta com alguns desastres típicos do Brasil. (BRASIL, 2014).

A Cobrade divide os desastres em duas categorias: naturais e tecnológicos. Posteriormente, cada uma dessas categorias é subdividida em grupo, subgrupo, tipo e subtipo. Na Figura 2.12 é descrito como é a classificação dos movimentos de massa, segundo o Cobrade.

GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	COBRADE	SIMBOLOGIA		
1. NATURAIS	1. Geológico	3. Movimento de massa	1. Quedas, tombamentos e rolamentos	1. Blocos	As quedas de blocos são movimentos rápidos e acontecem quando materiais rochosos diversos e de volumes variáveis se destacam de encostas muito íngremes, num movimento tipo queda livre. Os tombamentos de blocos são movimentos de massa em que ocorre rotação de um bloco de solo ou rocha em torno de um ponto ou abaixo do centro de gravidade da massa desprendida. Rolamentos de blocos são movimentos de blocos rochosos ao longo de encostas, que ocorrem geralmente pela perda de apoio (descalçamento).	1.1.3.1.1		
				2. Lascas	As quedas de lascas são movimentos rápidos e acontecem quando fatias delgadas formadas pelos fragmentos de rochas se destacam de encostas muito íngremes, num movimento tipo queda livre.	1.1.3.1.2		
				3. Matacões	Os rolamentos de matacões são caracterizados por movimentos rápidos e acontecem quando materiais rochosos diversos e de volumes variáveis se destacam de encostas e movimentam-se num plano inclinado.	1.1.3.1.3		
				4. Lajes	As quedas de lajes são movimentos rápidos e acontecem quando fragmentos de rochas extensas de superfície mais ou menos plana e de pouca espessura se destacam de encostas muito íngremes, num movimento tipo queda livre.	1.1.3.1.4		
			2. Deslizamentos	1. Deslizamentos de solo e/ou rocha	São movimentos rápidos de solo ou rocha, apresentando superfície de ruptura bem definida, de duração relativamente curta, de massas de terreno geralmente bem definidas quanto ao seu volume, cujo centro de gravidade se desloca para baixo e para fora do talude. Frequentemente, os primeiros sinais desses movimentos são a presença de fissuras.	1.1.3.2.1		
			3. Corridas de massa	1. Solo/Lama	Ocorrem quando, por índices pluviométricos excepcionais, o solo/lama, misturado com a água, tem comportamento de líquido viscoso, de extenso raio de ação e alto poder destrutivo.	1.1.3.3.1		
				2. Rocha/ Detrito	Ocorrem quando, por índices pluviométricos excepcionais, rocha/detrito, misturado com a água, tem comportamento de líquido viscoso, de extenso raio de ação e alto poder destrutivo.	1.1.3.3.2		
				4. Subsidiências e colapsos	0	Afundamento rápido ou gradual do terreno devido ao colapso de cavidades, redução da porosidade do solo ou deformação de material argiloso.	1.1.3.4.0	

Figura 2.12: Movimentos de massa descritos por Cobrade. Fonte: modificado de COBRADE (2012).

2.3.2 – Desastres no Mundo

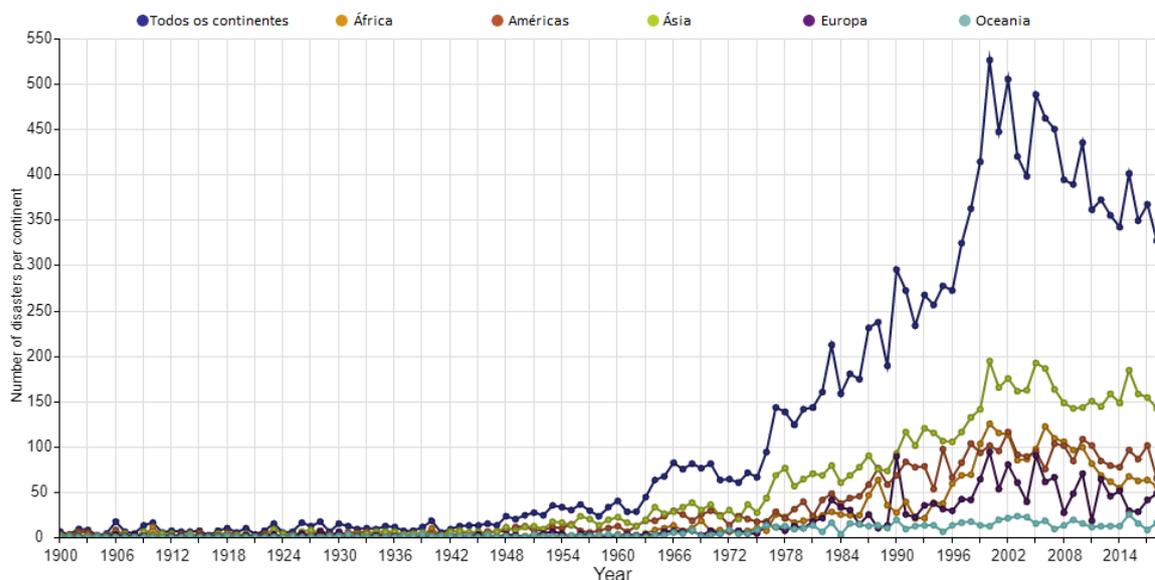
Em 1988 foi criado pelo Centro de Pesquisa em Epidemiologia de Desastres (Cred) o Banco de Dados de Eventos de Emergência (*Emergency Disaster Data Base – EM-DAT*) com o apoio da Organização Mundial de Saúde (OMS) e do governo da Bélgica. O intuito

principal da criação do EM-DAT era de servir aos propósitos da ação humanitária nos níveis nacionais e internacionais. Tal iniciativa buscava racionalizar a tomada de decisões para a preparação dos desastres e fornecer uma base objetiva para a avaliação de vulnerabilidades e estabelecimento de prioridades. (EM-DAT, 2019)

Anualmente, o EM-DAT divulga o Relatório Estatístico Anual Sobre Desastres. Nesse documento são descritos quantos desastres naturais ocorreram em todo o mundo no ano anterior, quantas pessoas foram atingidas e os prejuízos econômicos gerados. Porém, para que um desastre seja inserido nessa estatística é necessário que tenha ocorrido pelo menos uma das condições a seguir:

- 10 ou mais óbitos;
- 100 ou mais pessoas afetadas;
- Declaração de estado de emergência;
- Pedido de auxílio internacional.

O banco de dados do EM-DAT (2019) apresenta uma série de informações sobre os desastres mundiais ocorridos a partir de 1900. A Figura 2.13 apresenta a evolução dos desastres no mundo. É possível notar que houve um aumento significativo no número de desastres a partir da década de 1970 e uma tendência de queda nos últimos dez anos.



Source: EM-DAT: The Emergency Events Database - Université catholique de Louvain (UCL) - CRED, D. Guha-Sapir - www.emdat.be, Brussels, Belgium

Figura 2.13: Número de desastres no mundo entre os anos de 1900 e 2018. Fonte: modificado do EM-DAT (2019).

Ainda com base nos dados do EM-DAT (2019), a Tabela 2.4 apresenta o número de ocorrências, mortos, feridos, desabrigados e os valores dos danos associados aos desastres hidrológicos (que engloba os deslizamentos e as inundações) em todos os continentes entre os anos de 2014 e 2018.

Tabela 2.4: Quantidade e impactos dos desastres de 2014 a 2018. Fonte: modificado do EM-DAT (2019).

	Ano				
	2014	2015	2016	2017	2018
Ocorrências	15	20	13	25	13
Mortos	960	1006	361	2312	275
Feridos	89	125	48	737	220
Desabrigados	7865	11590	5000	2355	300
Danos (x1000 US\$)	273000	8000	725000	147300	928036

Teoricamente, os perigos naturais ameaçam igualmente qualquer pessoa. Porém, na prática, a população menos favorecida é a mais afetada pelos desastres. Isso ocorre devido a uma junção de fatores, como a ocupação em áreas mais suscetíveis a desastres (próximo ao leito de corpos hídricos, em áreas de relevos acidentados), à precariedade das moradias, ao adensamento populacional em determinadas áreas, além das condições socioeconômicas. (TOMINAGA *et al.*, 2009).

Por isso, Alcántara-Ayala (2002) esclarece que os desastres estão diretamente relacionados não somente à suscetibilidade dos eventos danosos, os quais dependem das características geoambientais, mas também à vulnerabilidade do sistema social que pode ser impactado. Nesse contexto, a autora afirma que os países em desenvolvimento, por não possuírem infraestrutura adequada, sofrem muito mais com os desastres do que países desenvolvidos.

2.3.3 – Desastres no Brasil

A quantidade crescente de desastres no país, bem como o aumento dos prejuízos sociais e econômicos por eles gerados, tem impulsionado cada vez mais pesquisas na área. Em 2012 foi lançado o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, realizado pela Secretaria Nacional de Defesa Civil – SEDEC em parceria com o Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres da Universidade de Santa Catarina – CEPED UFSC (2013).

O trabalho compila informações sobre os desastres ocorridos no país no período compreendido entre os anos de 1991 e 2012. O resultado final da pesquisa culminou com um volume sobre desastres em âmbito nacional e mais 26 volumes que contemplam, cada um, os registros de desastres ocorridos em cada estado da federação.

Antes de apresentar e comentar os resultados apontados por esse estudo vale ressaltar que esses registros não são, contudo, um retrato fidedigno da realidade. Isso se deve a fragilidade das informações sobre desastres presentes nas Defesas Civis. Dentre as principais adversidades encontradas pelos pesquisadores quanto ao processo de gerenciamento das informações, estão: ausência de unidades e campos padronizados para as informações declaradas nos documentos, ausência de método de coleta sistêmica e armazenamento dos dados, falta de cuidado quanto ao registro e integridade histórica, dificuldades na interpretação do tipo de desastre pelos responsáveis pela emissão dos documentos e dificuldades de consolidação, transparência e acesso aos dados (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2013). O estudo também aponta que o aumento do número de ocorrências pode estar relacionado com a evolução dos órgãos de Defesa Civil quanto ao registro de desastres pelos documentos oficiais. Por isso, acredita-se que pode haver uma carência de informações, principalmente entre os anos de 1991 e 2001, período que foi anterior ao uso do formulário de avaliação de danos – AVADAN.

As figuras seguintes apresentam a evolução dos desastres no país nos 22 anos estudados. A Figura 2.14 mostra o crescimento dos desastres no Brasil. Já a Figura 2.15 aponta a variação de cada ocorrência entre 1991 e 2012.

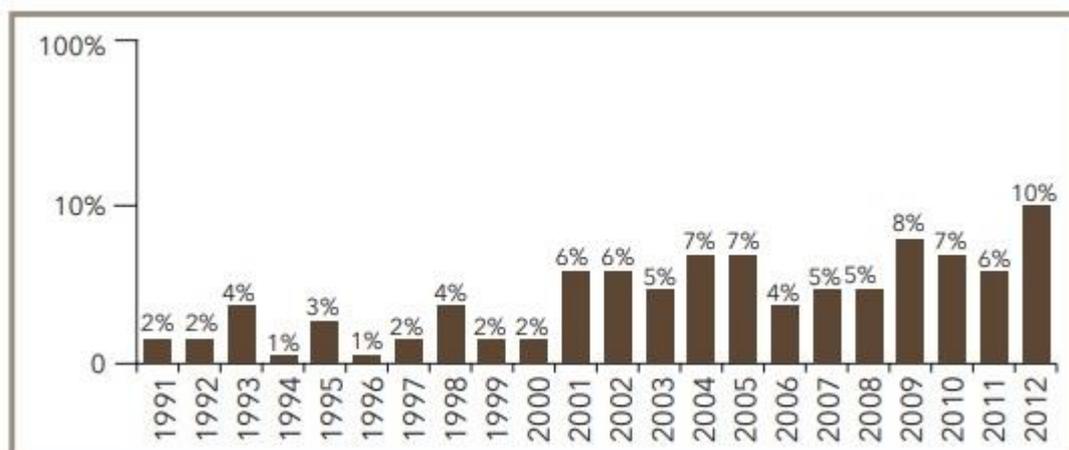


Figura 2.14: Número de desastres no Brasil entre os anos de 1991 e 2012. Fonte: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2013.

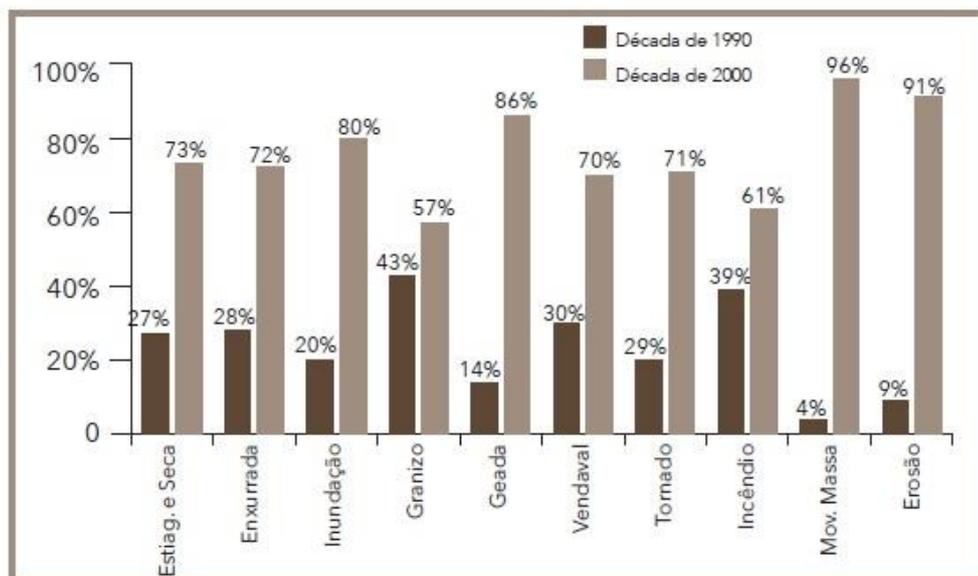


Figura 2.15: Evolução de cada tipo de desastres nas décadas de 1990 e 2000. Fonte: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2013.

Observa-se, segundo ao Atlas, que as principais ocorrências de desastres no Brasil foram estiagem e seca, enxurradas², inundações, vendavais e granizos. O número de registro de movimentos de massa em âmbito nacional foi pouco expressivo na escala temporal analisada, sendo classificado como “outros”, como mostra a Figura 2.16. Ressalta-se que não é raro o registro de desastres associados a movimentos como inundações ou enxurradas, como o caso de Região Serrana de janeiro de 2011, quando ocorreram mais de 3500 cicatrizes de deslizamentos (AVELAR *et al*, 2013). Mesmo assim, ao analisar os desastres ocorridos no Rio de Janeiro neste período, os movimentos de massa foram o terceiro tipo de desastre mais recorrente no estado, com 153 registros (Figura 2.17). Já a cidade de Niterói apresentou 5 registros de movimentos de massa nesses 22 anos.

² elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial (COBRADE, 2012).

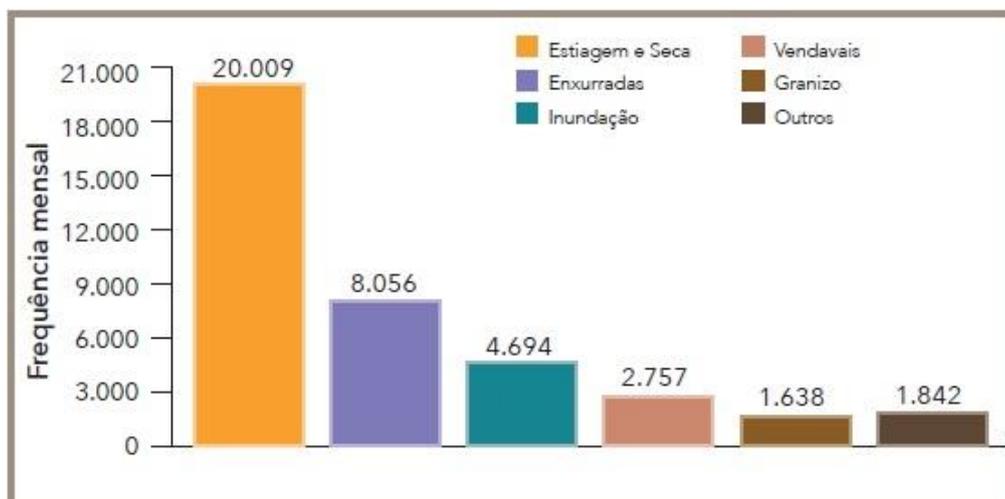


Figura 2.16: Totais de registro de desastres no Brasil entre os anos de 1991 e 2012. Fonte: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2013.

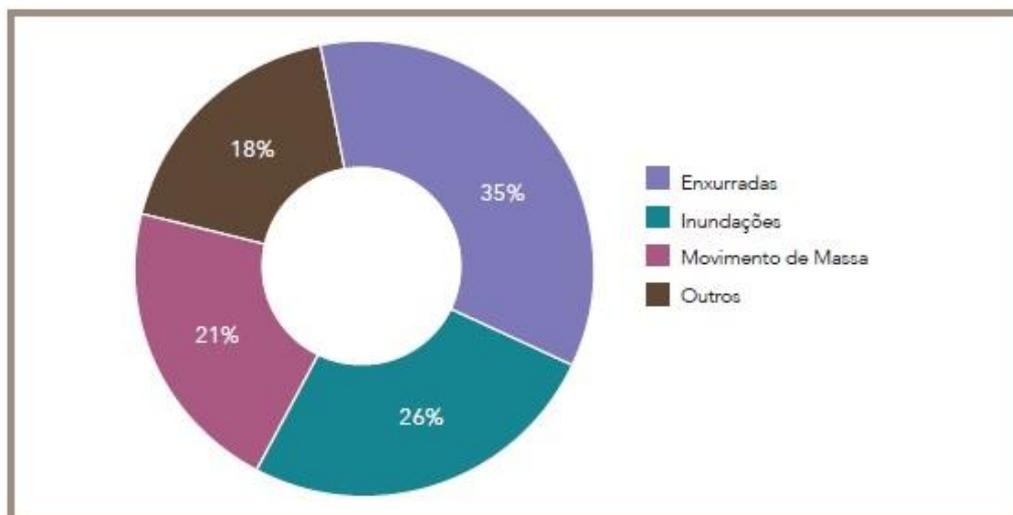


Figura 2.17: Percentual de desastres ocorridos no estado do Rio de Janeiro, entre os anos de 1991 e 2012. Fonte: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2013.

2.3.4 – Desastres Associados aos Movimentos de Massa no Brasil

Um dos primeiros registros de desastres associados aos movimentos de massa no Brasil ocorreu no século XIX. Em fevereiro de 1811, após sete dias ininterruptos de chuvas, houve deslizamentos no Morro Castelo, na cidade do Rio de Janeiro. O episódio, que ficou conhecido como “águas do monte”, destruiu diversas casas e fez dezenas de vítimas, algumas fatais. O príncipe regente D. João VI, que estava na cidade na época do ocorrido, ordenou a realização dos primeiros estudos para que fossem apuradas as causas da tragédia (ABREU, 1997 e COSTA, 2001).

Com o passar do tempo o número de ocorrências de desastres e, conseqüentemente, de vítimas, foi crescendo. Todos os anos diversas cidades brasileiras são afetadas por desastres envolvendo movimentos de massa provocados por chuvas duradouras ou intensas. Trabalhos como o de Nogueira (2002) e Dereczynski *et al.* (2017) evidenciam os danos causados pelo excesso de precipitação. Na Tabela 2.5 foram elencados alguns dos principais desastres relacionados aos movimentos de massa ocorridos no país.

Tabela 2.5: Desastres associados aos movimentos de massa no Brasil e seus respectivos números de vítimas fatais. Fonte: modificado de NOGUEIRA (2002) e DERECZYNSKI *et al.* (2017).

DATA	LOCAL	Nº DE VÍTIMAS FATAIS
Março de 1928	Santos (SP)	80
Fevereiro de 1938	Rio de Janeiro (RJ)	Dezenas
Janeiro de 1940	Rio de Janeiro (RJ)	10
Dezembro de 1948	Vale do Paraíba (MG/RJ)	250
Março de 1956	Santos (SP)	64
Dezembro de 1958	Rio de Janeiro (RJ)	29
Janeiro de 1966	Rio de Janeiro (RJ)	200
Janeiro de 1967	Rio de Janeiro (RJ)	220
Janeiro de 1967	Serra das Araras (RJ)	1.700
Março de 1967	Caraguatatuba (SP)	120
Fevereiro de 1971	Rio de Janeiro (RJ)	50
Dezembro de 1981	Rio de Janeiro (RJ)	67
Janeiro de 1985	Vitória (ES)	93
Abril de 1985	Salvador (BA)	35
Fevereiro de 1988	Petrópolis (RJ)	273
Fevereiro de 1988	Rio de Janeiro (RJ)	82
Mai de 1989	Salvador (BA)	67
Junho de 1989	Salvador (BA)	31
Março de 1992	Contagem (MG)	36
Fevereiro de 1993	Rio de Janeiro (RJ)	82
Junho de 1995	Salvador (BA)	58
Fevereiro de 1996	Rio de Janeiro (RJ)	200
Novembro 2008	Itajaí (SC)	135
Abril de 2010	Niterói (RJ)	Mais de 250
Janeiro de 2011	Região Serrana do Rio de Janeiro	Mais de 900

2.4 – Gerenciamento e Prevenção de Desastres

Os fenômenos naturais intensos sempre interferiram diretamente na vida humana. Ainda hoje, mesmo com todo o conhecimento e tecnologia que o homem adquiriu, foge da

capacidade humana evitá-los. Contudo, através de ações preventivas é possível minimizar os transtornos por eles causados.

Em 1991 a Agencia de Coordenação das Nações Unidas para o Socorro em Desastres (*United Nations Disaster Relief Coordinator – UNDRRO*) elaborou um método para enfrentar os desastres naturais. Tal método é baseado em dois tipos de atividades: de prevenção e de preparação.

As ações de prevenção referem-se aos estudos de natureza técnico-científica, que definem a magnitude de um desastre e estabelecem medidas que possibilitam a proteção da população, bem como seus bens. Já as atividades de preparação são de caráter logístico que auxiliam o enfrentamento de situações de emergências ligadas às ações da Defesa Civil (BRASIL, 2007).

Esta linha de abordagem inclui uma sequência de cinco ações de prevenção e preparação:

- Identificação dos riscos;
- Análise dos riscos;
- Medidas de prevenção;
- Planejamento para situações de emergência;
- Informações públicas e treinamento.

No Brasil, a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC, instituída pela Lei nº 12.608 de 10 de abril de 2012, abrange as seguintes etapas para a redução de desastres: prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação (Figura 2.18).



Figura 2.18: Gestão Integrada em Proteção e Defesa Civil. Fonte: BRASIL, 2017.

As três primeiras ações, prevenção, mitigação e preparação, são antecedentes aos desastres. As medidas de prevenção são destinadas a evitar ou reduzir a instalação de novos riscos de desastres. As ações de mitigação são atividades imediatamente adotadas para reduzir o impacto do evento danoso. E as atividades de preparação têm o objetivo de otimizar as ações de resposta e minimizar os danos e as perdas decorrentes do desastre (BRASIL, 2017). As ações de resposta ocorrem durante ou logo após o desastre. Essas medidas visam o socorro e a assistência das populações atingidas e o retorno dos serviços essenciais (BRASIL, 2017). Essas medidas podem envolver ações de evacuação, busca e resgate, por exemplo (CARDONA, 1996). Já as ações de recuperação são medidas desenvolvidas após o desastre. Essas medidas visam retornar à situação de normalidade da comunidade atingida. São ações de reconstrução de infraestrutura danificada ou destruída e reabilitação do meio ambiente e da economia (BRASIL, 2017).

Kobiyama *et al.* (2006) esclarece que há três tipos de corpo executor que deve atuar no gerenciamento de desastres: órgãos governamentais, órgão não governamentais e os indivíduos. Em seu trabalho os autores estabeleceram medidas para cada corpo em cada fase do gerenciamento (Tabela 2.6). Dentre essas medidas destacam-se:

Tabela 2.6: Atividades por tipo de órgãos e fases do processo de prevenção de desastres. Fonte: modificado de KOBAYAMA *et al.* (2006).

Organização Fase	Governamental	Não governamental (ongs)	Individual
Pré-evento (prontidão)	<ul style="list-style-type: none"> •Levantar, com base científica, perigos e riscos de desastres naturais; •Identificar as potencialidades da sociedade para a prevenção de desastres naturais (PDN); •Realizar o mapeamento e zoneamento de áreas de perigos e riscos; •Estabelecer uma legislação pertinente para a Prevenção de Desastres Naturais; •Criar órgão fiscalizador, com funcionários exclusivos e permanentes para a PDN, integrado aos diferentes setores institucionais (secretarias); •Criar centros para integração de estações telemétricas, sistema de previsão e de alerta; •Planejar medidas emergenciais; •Desenvolver tecnologia com baixo custo para reforçar a infraestrutura existente e obras de engenharia para contenção dos desastres; •Promover a educação e o desenvolvimento de uma cultura de PDN; •Campanha com a população para não ocupar as áreas de risco; •Preparar a população através de simulações. 	<ul style="list-style-type: none"> •Participar no mapeamento e zoneamento das áreas de risco; •Elaborar e divulgar os resultados e as vulnerabilidades de uma área ou região com base na simulação dos danos e prejuízos; •Participar no planejamento de medidas emergenciais; •Organizar grupos e/ou associações comunitárias; •Auxiliar na fiscalização de atividades em áreas de risco e denunciar ações de degradação ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> •Buscar informações a respeito das áreas de perigo e riscos de desastres naturais, da simulação dos danos e prejuízos, e da vulnerabilidade da região; •Participar nos treinamentos; •Evitar a ocupação de áreas de risco, cortes em terrenos inclinados e derrubada de árvores nas encostas dos morros; •Evitar o depósito de lixo em canais pluviais/fluviais ou encostas; •Organizar mutirão para limpeza e participar da coleta seletiva e reciclagem do lixo; •Colaborar na fiscalização.
Ação emergencial	<ul style="list-style-type: none"> •Levantar rapidamente os danos e prejuízos; •Fortalecer os sistemas para coleta, processamento e divulgação de dados; •Estabelecer rede de informação (imprensa, radio amadores, líderes comunitários, etc.); •Mobilizar população a ser retirada das áreas de risco; •Distribuição justa dos auxílios (financeiro, material, etc.) as comunidades afetadas; •Mobilizar equipes de saúde e alimentação, assim como máquinas e caminhões. 	<ul style="list-style-type: none"> •Divulgar alerta; •Fornecer informações para especialistas em PDN; •Identificar as necessidades das comunidades mais afetadas; •Participar na coleta e distribuição de alimentos, remédios e roupas. 	<ul style="list-style-type: none"> •Esperar em casa pelo resgate ou procurar abrigo antes do perigo iminente; •Ajudar os vizinhos; •Buscar informações e apoiar às atividades emergenciais.
Pós-evento (reconstrução e restauração)	<ul style="list-style-type: none"> •Identificar a situação anterior e atual das vítimas dos desastres; •Orçar os prejuízos e a reconstrução; •Revisar o Plano Diretor do local destruído; •Execução flexível dos projetos; •Orientar processo de limpeza e higienização 	<ul style="list-style-type: none"> •Auxílio psicológico às vítimas traumatizadas; •Participar no planejamento e execução do processo de reconstrução das comunidades afetadas. 	<ul style="list-style-type: none"> •Restauração e reconstrução das residências destruídas; •Modificação das construções e atitudes para a PDN.

2.4.1 – Medidas de Prevenção e Mitigação de Movimentos de Massa

As ações de prevenção e mitigação de desastres são, usualmente, subdivididas em dois tipos: estruturais e não estruturais.

As medidas estruturais englobam as obras de engenharia que, geralmente, possuem um custo elevado. Dentre as obras mais comuns estão a contenção de taludes, sistema de drenagem, barragens, diques e reurbanização de áreas. Já as medidas não estruturais referem-se as ações de políticas públicas destinadas ao planejamento do uso do solo e ao gerenciamento, como por exemplo, utilizando o zoneamento geoambiental, além dos planos preventivos de defesa civil e a educação ambiental (KOBİYAMA, *et al.*, 2006).

Uma das medidas não estruturais que vem sendo muito utilizada é o sistema de alerta. Segundo o Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN), o alerta é um instrumento que indica que a situação de risco de desastre é previsível em um curto período de tempo (CEMADEN, 2020). O sistema de alerta é usado no plano de contingência de desastre. De acordo com a Instrução Normativa nº 02 de 20 de Dezembro de 2016, plano de contingência é o documento que registra o planejamento elaborado a partir da percepção do risco de determinado tipo de desastre e estabelece os procedimentos e responsabilidades (BRASIL, 2017). Segundo Kobiyama *et al.* (2006), o sistema de alerta é muito importante quando se trata de sistemas urbanos já implantados, pois permite que a comunidade seja informada da ocorrência de eventos extremos e assim minimize os danos materiais e humanos.

Amorim (2014 *apud* GONZALEZ 2017) explica que o bom funcionamento dos planos de contingência voltados para desastres relacionados aos deslizamentos, em particular os sistemas de alertas, dependem da expectativa da ocorrência de eventos que, por sua vez, são dependentes do conhecimento prévio dos agentes deflagradores.

Sabe-se que um dos principais agentes deflagradores de movimentos de massa são as precipitações. Por isso, para que o sistema de alerta seja eficiente, é necessário estudos de correlação entre índices pluviométricos e ocorrência de movimentos de massa que possibilitem determinar os limiares pluviométricos para os quais existe uma grande expectativa de ocorrência de tais eventos. Como cada encosta possui condicionantes específicas, esses estudos devem ser exclusivos para cada região, considerando-se, para tal, os dados de pluviometria e de movimentos de massa mais representativos do local.

O primeiro Sistema de Alerta registrado foi elaborado pelo *Geotechnical Engineering Office* (GEO) em 1984, em Hong Kong. De acordo com Oliveira (2004), esse sistema tinha a finalidade de atuar no controle de risco de movimentos de massa em encostas naturais, taludes artificiais e estruturas de contenção.

Uma das atividades desenvolvidas pela GEO foi a implementação de um Sistema de Alarme de Movimentos de Massa. A partir de 1978, foram instalados 20 pluviômetros automáticos com a finalidade de desenvolver estudos de correlação entre a intensidade da chuva e os movimentos de massa. No ano de 1991, já haviam sido instalados 61 pluviômetros que transmitiam dados por telefone com intervalo de 5 minutos (OLIVEIRA, 2004).

O sistema utilizado pelo GEO foi baseado em estudos que correlacionam valores de intensidade de chuva em um período de 24 horas e o número de ocorrências de movimentos de massa registrados nesse período. O alerta era emitido para a população através dos meios de comunicação, como televisão e rádio, geralmente no início das chuvas e quando começam a ocorrer instabilizações, de modo que apenas acidentes pequenos aconteçam antes do alerta (OLIVEIRA, 2004).

Um exemplo do bom funcionamento do sistema de alerta da GEO ocorreu pelo evento de chuva do dia 8 de maio de 1992, quando 69 acidentes aconteceram após a emissão do alerta. Antes da emissão só havia ocorrido três acidentes. Posteriormente, esse sistema foi aprimorado passando a basear-se na intensidade da chuva horária e não mais diária (OLIVEIRA, 2004).

Outro exemplo de sistema de alerta é o Sistema de Alerta de Chuvas Intensas e de Deslizamentos em Encostas da Cidade do Rio de Janeiro, também conhecido como Sistema Alerta Rio. Este sistema, criado em 1996, tem o objetivo de emitir boletins informativos à população quando houver previsão de chuvas capazes de gerar inundações e acidentes associados à movimentos de massa (ANDRADE, 2006).

Atualmente, o Sistema Alerta Rio conta com um rede de 33 estações telemétricas sendo 26 estações pluviométricas (apenas leitura de chuva), 5 estações meteorológicas (leitura de chuva, temperatura e umidade do ar) e 2 estações meteorológicas completas (dados de chuva, vento, temperatura, umidade do ar e pressão atmosférica), distribuídas por todo o município. Essas estações enviam dados para a central a cada 15 minutos. A partir do final de 2010 o Sistema Alerta Rio também passou a operar o Radar Meteorológico do Sumaré, localizado a uma altitude de 695,51 metros no alto da Serra da Carioca, dentro do Parque Nacional da Tijuca. O radar, que possui um alcance operacional de 250 km que ultrapassa os

limites do município do Rio de Janeiro, transmite imagens atualizadas a cada 2 minutos, o que permite observar a localização, o deslocamento e a intensidade da chuva. Essas informações associadas a outros parâmetros meteorológicos, como vento e umidade, por exemplo, permite que os meteorologistas efetuem uma previsão de curtíssimo prazo (*nowcasting*) (ALERTA RIO, 2019 e CORREIO DO BRASIL, 2018).

Em caso de alta probabilidade de chuvas intensas sobre a cidade do Rio de Janeiro, o Sistema Alerta Rio emite avisos de acordo com a intensidade da chuva esperada. Os cinco novos estágios operacionais utilizados pelo Sistema Alerta Rio e pelo Centro de Operações do Rio são:

- *Estágio de Normalidade:* quando não há ocorrências que possam provocar grandes impactos no cotidiano da população. Nesse estágio, pode haver o acúmulo de água nas vias, mas sem causar riscos ou interferência na circulação do tráfego;
- *Estágio de Mobilização:* indica que há riscos de ocorrência de alto impacto na cidade, podendo haver a mudança de estágio nas horas seguintes;
- *Estágio de Atenção:* nesse estágio um ou mais incidentes estão impactando pelo menos uma região da cidade como, por exemplo, chuvas fortes;
- *Estágio de Alerta:* é recomendado que a população não se desloque pela cidade e procure um local seguro para se abrigar. O estágio de alerta é emitido quando uma ou mais ocorrências graves estão afetando a cidade ou há a incidência simultânea de vários problemas e de médio e alto impacto em vários locais,
- *Estágio de Crise:* último estágio da escala aponta grave ocorrência ou um evento inesperado de grande porte que está provocando transtornos na cidade. Nesse estágio se enquadram temporais com alto índice pluviométrico e o risco de deslizamento nas encostas.

O Sistema Alerta Rio também explica quais os valores para a intensidade de cada chuva:

- *Pancada de chuva:* precipitação intensa ocorrida em curto período de tempo e espacialmente restrita
- *Chuva Fraca:* Precipitação cuja intensidade é menor do que 5,0 mm/h
- *Chuva Moderada:* Precipitação cuja intensidade está compreendida entre 5,0 e 25 mm/h.

- *Chuva Forte*: Precipitação cuja intensidade está compreendida entre 25,1 e 50 mm/h.
- *Chuva Muito Forte*: Precipitação cuja intensidade é maior do que 50,0 mm/h.

O Sistema Alerta Rio também informa a probabilidade da ocorrência de deslizamento, quando os pluviômetros apontam valores de chuva que ultrapassam os limiares estabelecidos pela equipe de operadores. São eles:

- *Probabilidade Baixa*: possibilidade de escorregamentos circunstanciais, ou seja, não deflagrados pela ação das chuvas, mas por circunstâncias localizadas como rompimento de tubulação e dilatação térmica, por exemplo.
- *Probabilidade Média*: probabilidade de escorregamentos ocasionais, deflagrados por chuva, predominantemente em taludes de corte e/ou aterro, com distribuição pouco expressiva.
- *Probabilidade Alta*: escorregamentos deflagrados por chuvas em taludes naturais e artificiais com distribuição moderada a grande.
- *Probabilidade Muito Alta*: ocorrência de escorregamentos generalizados, causados por chuvas, em taludes naturais e artificiais, com ampla distribuição, especialmente em vias que cortam os maciços.

CAPÍTULO III – ÁREA DE ESTUDO

3.1 – Características Gerais do Município de Niterói

O município de Niterói é um dos 21 municípios que compõe a Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro. Faz fronteira com as cidades de São Gonçalo (ao Norte) e Maricá (a Leste), além de ser banhado pela Baía de Guanabara (a Oeste) e pelo oceano Atlântico (ao Sul). Os cinquenta e dois bairros que compõem o município estão divididos em cinco Regiões Administrativas (Região das Praias da Baía, Região Norte, Região de Pendotiba, Região Oceânica e Região Leste), definidas pela Lei Municipal 1.157 de 1992, que instituiu o Plano Diretor de Niterói (Figura 3.1).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), a cidade possui uma área de 134,074 km², ocupada por uma população aproximada de 513.584 mil habitantes, de acordo com a estimativa de 2019. Com o intuito de ilustrar a distribuição espacial da população no município, é apresentado na Tabela 3.1 o número de habitantes por bairro, porém com dados do censo de 2010, quando o total populacional era de 487.562. O município possuía, em 2010, densidade demográfica de 3.640,80 hab/km² e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0.837, o maior do estado do Rio de Janeiro e o sétimo do país (IBGE, 2019).

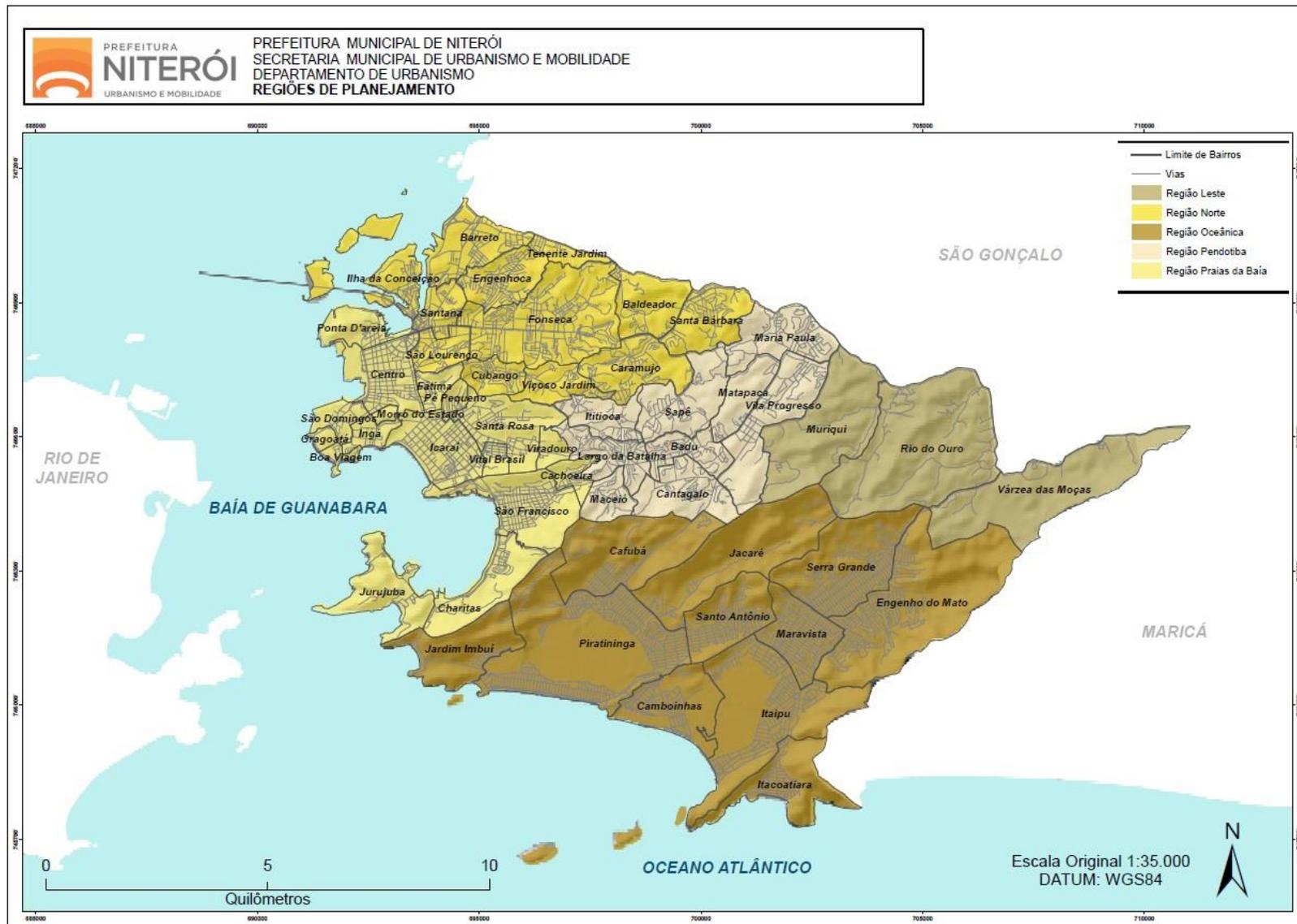


Figura 3.1: Mapa de Niterói com seus respectivos bairros e Regiões Administrativas. Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE NITERÓI, 2014.

Tabela 3.1: Número de habitantes por bairro no município de Niterói, segundo o Censo 2010. Fonte: POPULAÇÃO (2019).

Região	Bairro	População
Leste	Muriqui	735
	Rio do Ouro	3.085
	Várzea das Moças	2.900
Norte	Baldeador	2.825
	Barreto	18.133
	Caramujo	7.980
	Cubango	11.374
	Engenhoca	21.310
	Fonseca	52.629
	Ilha da Conceição	5.766
	Santa Bárbara	7.417
	Santana	7.720
	São Lourenço	9.685
	Tenente Jardim	3.623
Viçoso Jardim	4.085	
Oceânica	Cafubá	3.289
	Camboinhas	3.138
	Engenho do Mato	10.038
	Itacoatiara	1.354
	Itaipú	6.320
	Jacaré	3.563
	Jardim Imbuí	1.127
	Maravista	10.056
	Piratininga	16.098
	Santo Antônio	4.758
Serra Grande	9.246	
Pendotiba	Badu	6.198
	Cantagalo	8.556
	Ititioca	8.592
	Largo da Batalha	9.252
	Maceió	4.272
	Maria Paula	6.741
	Matapaca	1.037
	Sapê	7.194
	Vila Progresso	3.751
Praias da Baía	Boa Viagem	2.088
	Cachoeira	3.171
	Centro	19.349
	Charitas	8.121
	Fátima	4.004
	Gragoatá	127
	Icaraí	78.715
	Ingá	17.220
	Jurujuba	2.797
	Morro do Estado	4.073
	Pé Pequeno	4.112
	Ponta D'Areia	6.937
	Santa Rosa	30.701
	São Domingos	4.727
São Francisco	9.712	

	Viradouro	4.562
	Vital Brazil	3.299
Total:		487.562

3.2 – Histórico da Cidade de Niterói

No início da colonização do Brasil, os portugueses enfrentaram diversas batalhas ao longo da costa brasileira contra franceses e holandeses que também tinham interesse nas terras descobertas em 1500. A cidade do Rio de Janeiro foi um dos lugares ocupado. Em 1555, comandados por Nicolas Durand de Villegagnon, os franceses chegam à cidade e fundam a França Antártica. Dentre os seus interesses estavam a extração do pau-brasil, bem como a utilização do território para abrigo dos os protestantes que vinham sendo perseguidos na França (COSTA, 2017).

A história de Niterói, que na língua tupi significa “água escondida”, teve início no ano de 1573. Com a intenção de expulsar do Rio de Janeiro os franceses, Estácio de Sá, sobrinho do então governador-geral do Brasil Mem de Sá, se alia aos índios temiminós e juntos derrotam os franceses e recuperam a região. Com essa vitória, Mem de Sá aceita a petição do cacique temiminó Araribóia e cede as terras na “Banda d’Além”, ou seja, do outro lado da Baía de Guanabara. A extensão de terra doada aos temiminós compreendia a região das Barreiras Vermelhas (Praia Vermelha) até a área do Maruí. Araribóia, juntamente com sua tribo, fundam o primeiro povoado na região de São Lourenço dos Índios (MARIZ & PROVENÇAL, 2000 *apud* COSTA, 2017).

No século XVIII a região de Niterói e São Gonçalo era uma área predominantemente rural e a produção era voltada para o abastecimento da cidade do Rio de Janeiro. No início do século XIX a paisagem de engenhos e canaviais desta região começou, aos poucos, a ser substituída pela policultura (GEIGER, 1956 *apud* PINTO, 2015). Com a morte de Araribóia, houve uma diminuição no povoamento da região que só retomou seu crescimento após a chegada de Dom João VI, em 1808. De acordo com Fonseca e Santos (1999, *apud* PINTO, 2015) o processo de ocupação de ocupação de Niterói, desde sua fundação até o século XIX, se baseou em núcleos populacionais que se estabeleceram ao redor de igrejas detentoras do poder político-institucional e responsáveis pela manutenção da ordem social. Os autores também destacam que o processo de ocupação se consolidou por meio de obras de arruamento, construção de prédios públicos, aterros em diversas áreas e estruturação de transportes públicos.

Em 1834 Niterói foi escolhida para ser a capital do estado, já que a cidade do Rio de Janeiro se tornou um município neutro, ou seja, uma cidade livre da ação dos poderes provinciais. Essa condição de capital fez com que a cidade passasse por um processo de desenvolvimento urbano amplo ao longo dos anos, recebendo diversos benefícios como: primeira linha regular de barcas Rio – Niterói, iluminação pública a óleo de baleia, abastecimento de água, criação da Companhia de Navegação de Nictheroy e bondes elétricos (IBGE, 2019).

No auge da Revolta da Armada, em 1894, Niterói foi severamente atacada e a capital acabou sendo transferida para Petrópolis. A cidade só retomou a condição de capital em 1903 (IBGE, 2019). Tal posição fez com que Niterói sofresse inúmeras intervenções urbanas, influenciadas também pela reforma conduzida por Pereira Passos no Rio de Janeiro. A cidade recebeu iluminação a gás (1904), inauguração das linhas de bondes elétricos, a canalização do Rio Vicência no bairro Fonseca, pelo prefeito João Pereira Ferras (1909), e a construção da Alameda São Boaventura das margens deste rio (AMADOR, 1997 *apud* PINTO, 2015).

Os encantos naturais dos bairros praianos da zona sul de Niterói atraíram o capital imobiliário, o serviço de bondes da Companhia Cantareira e os investimentos públicos. Este modelo de incorporação foi o mesmo que ocorreu na zona Sul do Rio de Janeiro (AMADOR, 1997 *apud* PINTO, 2015). Essas áreas foram então ocupadas pelas classes mais altas da sociedade. Já a parte mais interior, na direção Norte, cresceram os bairros proletários e a zona industrial em terrenos mais baratos (GEIGER, 1956 *apud* PINTO, 2015).

Com a acentuada inflação durante a Segunda Guerra Mundial, houve um aumento da migração de trabalhadores em busca de residências mais baratas nas chamadas “cidades-dormitório” (aglomerados urbanos próximos de uma grande cidade que servem basicamente de moradia para os trabalhadores). Assim, Niterói recebeu um grande número de habitantes que ocuparam as áreas mais acidentadas formando as primeiras favelas da região. Tal processo ocorreu de forma desordenada e sem as devidas melhorias necessárias, como ruas pavimentadas e rede de esgoto e água encanada (IBGE, 2019 e GEIGER, 1956 *apud* PINTO, 2015).

A construção da Ponte Presidente Costa e Silva (também conhecida como Ponte Rio-Niterói) na década de 1970, intensificou o avanço imobiliário nas áreas centrais e bairros litorâneos, além de iniciar a ocupação em novas áreas de expansão do município, como na Região Oceânica e na Região de Pendotiba. (FONSECA E SANTOS, 1999 *apud* PINTO, 2015). Nas últimas décadas do século XX o crescimento populacional de Niterói não se

distribuiu uniformemente pelo território, concentrando-se na região das bacias da baía, onde vive 80% da população. Além disso, a população residente em áreas de favela cresceu em ritmo maior ao da média do município, devido ao empobrecimento das regiões metropolitanas. Os adensamentos populacionais que mais se destacaram foram o Morro do Estado (Centro), Preventório (Charitas) e Vila Ipiranga (Fonseca) (PINTO, 2015).

3.3 – Caracterização Física

3.3.1 – Geologia

De acordo com o levantamento realizado por Silva & Cunha (2001) para o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), o município de Niterói apresenta seis unidades litológicas, conforme indicado na Figura 3.2.

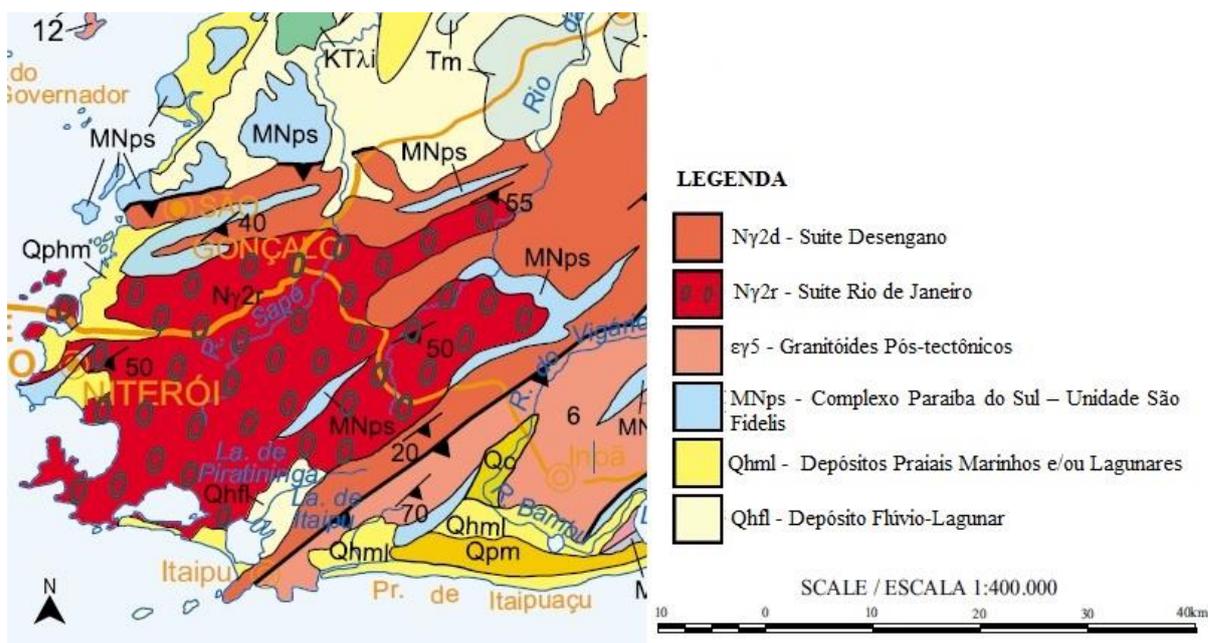


Figura 3.2: Unidades Geológicas presentes no município de Niterói. Fonte: modificado de SILVA & CUNHA, 2001.

A unidade litológica Suíte Desengano (Nγ2d) foi formada no período Neoproterozóico/Cambriano e se estende de Niterói (pontão de Itacoatiara) até próximo o município de Itaiuaçu. Essa unidade é caracterizada por uma dezena de lentes que variam de 1 a 4 km com alongamentos que chegam a 100 km, inseridas nos paragneisses pelíticos e grauvaqueanos do Complexo Paraíba do Sul. Seu granito tipo-S é formado por minerais como

muscovita, granada e biotita de granulação grossa e textura porfirítica (*augen*) e granoblástica com intensa foliação transcorrente (SILVA & CUNHA, 2001).

A unidade litológica predominante no município de Niterói é a unidade Suíte Rio de Janeiro (N γ 2r), que forma a maioria dos maciços rochosos e também é do período Neoproterozóico/Cambriano. É um granito homogêneo tipo-S, com granada, muscovita e biotita, de textura megaporfirítica com superposição de foliação tangencial em estado sólido (SILVA & CUNHA, 2001).

A unidade Granitóides Pós-tectônicos ($\epsilon\gamma 5$), também do período Neoproterozóico/Cambriano, foi formada entre 545 – 500 milhões de anos. Seus granitóides são do tipo-I, de granulação fina à média com textura equigranular (grãos iguais ou bem semelhantes) (SILVA & CUNHA, 2001). Em Niterói essa unidade está localizada na divisa com o município de Maricá, na Serra da Tiririca.

Datado do Meso/Neoproterozóico, há no município algumas evidências da unidade Complexo Paraíba do Sul – Unidade São Fidelis (MNps). Essa unidade é formada por metassedimentos, ou seja, rocha sedimentar parcialmente metamorfizada, detríticos, pelito-grauvaqueanos: granada-biotita-(sillimanita) gnaisses quartzo-feldspáticos (metagrauvacas), com ocorrência generalizada de bolsões e veios de leucossomas graníticos derivados de fusão parcial *in situ* e injeções (SILVA & CUNHA, 2001).

Do período Quaternário, encontram-se duas unidades geológicas, ambas do período holocênico, situadas nas áreas litorâneas. A primeira unidade é o Depósito Flúvio-Lagunar (Qhfl) relacionado a episódios distintos de progradação fluvial sobre um ambiente transicional/marinho raso, provavelmente em função de variações climáticas e/ou glácio-eustáticas. Esse depósito, situado na parte posterior da Lagoa de Itaipú, possui extensa sedimentação superficial areno-lamosa, assentado por cima de camadas de areias biodetríticas e sedimentos lamosos de fundo lagunar. Em algumas áreas há a presença de turfas (SILVA & CUNHA, 2001).

A segunda unidade são os Depósitos Praiais Marinhos e/ou Lagunares (Qhml). Esta unidade é composta por fácies praias marinhas com recobrimento eólico. As fácies praias marinhas são constituídas por areias quartzosas esbranquiçadas, finas a médias, bem selecionadas, apresentando estratificação plano-paralela com mergulho suave em direção ao mar. O depósito eólico que recobre é formado por areias com características semelhantes, de granulometria mais fina (SILVA & CUNHA, 2001).

3.3.2 – Pedologia

O município de Niterói é composto por três classes pedológicas de solos: argissolos, espodossolos e gleissolos (Figura 3.3). Além dessas classes de solo, também são encontrados afloramentos rochosos nos bairros da Ponta d’Areia, Charitas, Jurujuba, Piratininga, Itaipú, Itacoatiara e no limite entre os bairros Santana, Engenhoca e Fonseca.

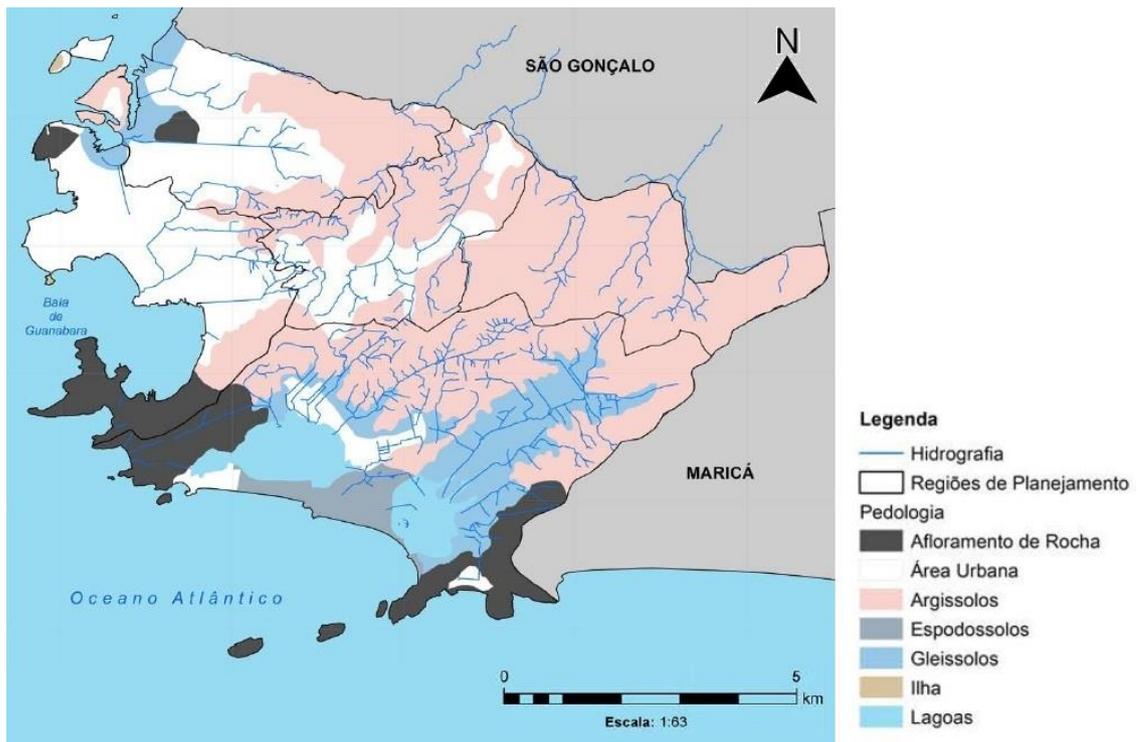


Figura 3.3: Classes de solo do município de Niterói. Fonte: modificado de PREFEITURA MUNICIPAL DE NITERÓI, 2015.

A classe de solo predominante no município são os argissolos. Esse tipo de solo é encontrado em todas as cinco regiões, mas principalmente na Região Leste de Niterói. Os argissolos são relativamente heterogêneos, uma vez que podem ser rasos ou muito profundos, argilosos ou arenosos em superfície e sua transição de textura pode ser gradual ou abrupta. São solos bastante intemperizados, apresentam aumento de argila em profundidade e podem estar presentes tanto em relevos montanhosos como em relevo suave ondulado (LEPSCH, 2010). Nas áreas de grandes declives os argissolos estão muito sujeitos à erosão o que pode tornar um risco à ocupação.

Os espodossolos são geralmente encontrados em áreas das praias oceânicas. Em Niterói estão situados exclusivamente nos bairros de Piratininga, Cambinhas e Itaipú,

densamente povoados. Esse tipo de solo possui textura predominantemente arenosa, podendo ser profundos até muito profundos, sendo encontrados em áreas de relevo plano à ondulado (LEPSCH, 2010).

Os gleissolos presentes no município estão localizados no litoral dos bairros da Ponta d'Areia, Santana e Barreto e na parte posterior das lagoas de Piratininga e Itaipú, se estendo pelos bairros de Maravista, Serra Grande e Engenho do Mato. São solos minerais, hidromórficos (saturado de água ou umidade), com sedimentos que podem ser argilosos, argilo-arenosos e arenosos. Esse tipo de solo é característico de áreas de várzeas, com lençol freático que chega próximo à superfície, o que faz com que haja risco de inundações e alagamentos caso a área não seja drenada adequadamente (LEPSCH, 2010).

3.3.3 – Geomorfologia

A Geomorfologia da cidade de Niterói é caracterizada por seis diferentes sistemas de relevo (Figura 3.4), que contemplam desde planície costeira pouco pronunciada até relevo escarpado com altitudes que superam 400 metros (Alto Mourão com 412 metros de altitude). O relevo da cidade é um grande influenciador na dinâmica da ocupação humana. As áreas densamente povoadas compreendem a região de planície costeira. Porém, as áreas escarpadas do município também foram ocupadas de modo irregular nas últimas décadas (UMMUS *et al*, 2008).

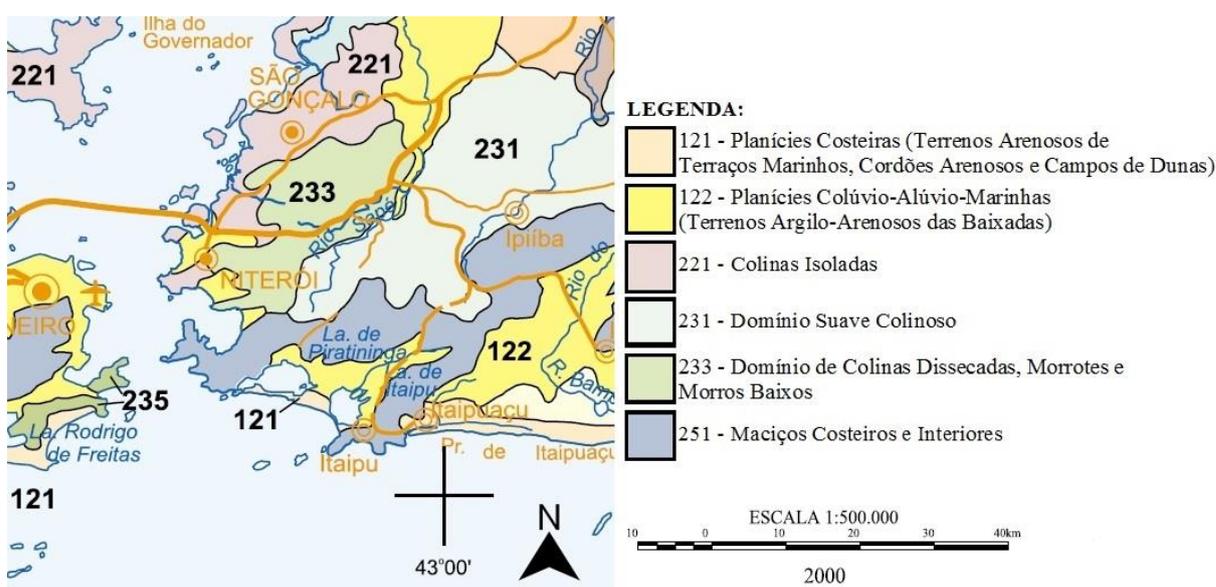


Figura 3.4: Sistemas de relevo encontrados no município de Niterói. Fonte: modificado de DANTAS, 2000.

No município encontram-se dois tipos de Relevo de Agradação Litorâneos: Planícies Costeiras e Planície Colúvio-Alúvio-Marinhas. Segundo Dantas *et al.* (2000), esses relevos são caracterizados como sendo:

RELEVOS DE AGRADAÇÃO LITORÂNEOS

121 - Planícies Costeiras (Terrenos Arenosos de Terraços Marinheiros, Cordões Arenosos e Campos de Dunas)

Superfícies subhorizontais, com microrrelevo ondulado de amplitudes topográficas inferiores a 20m, geradas por processos de sedimentação marinha e/ou eólica. Terrenos bem drenados com padrão de drenagem paralelo, acompanhando as depressões intercordões.

122 - Planícies Colúvio-Alúvio-Marinhas (Terrenos Argilo-Arenosos das Baixadas)

Superfícies subhorizontais, com gradientes extremamente suaves e convergentes à linha de costa, de interface com os Sistemas Depositionais Continentais (processos fluviais e de encosta) e Marinheiros. Terrenos mal drenados com padrão de canais meandrante e divagante. Presença de superfícies de aplainamento e pequenas colinas ajustadas ao nível de base das Baixadas.

As planícies encontradas em Niterói estão inseridas na Unidade Geomorfológica Baixadas da Região dos Lagos. Esse trecho do litoral do estado, com direção W-E, se estende de Niterói até o município de Cabo Frio. É comum a formação de pequenas lagunas confinadas entre os cordões arenosos. No caso de Niterói, a área de planície costeira se estende do bairro de Piratininga até o bairro de Itaipú e compreende os sistemas lagunares de Piratininga e Itaipú. Esses bairros foram intensamente povoados nas últimas décadas, o que tem gerado contaminação dos corpos lagunares, devido ao despejo de esgoto e detritos e de sucessivos aterros, além de apresentarem eventuais processos de erosão costeira. Já as planícies colúvio-alúvio-marinhas, situadas na parte posterior das lagunas, também são encontradas nos bairros de São Francisco, Icaraí, Centro e São Lourenço, ambos densamente urbanizados (DANTAS *et al.*, 2000).

Além dos Relevos de Agradação, o município também é formado por quatro tipos diferentes de Relevos de Degradação (DANTAS *et al.*, 2000):

RELEVOS DE DEGRADAÇÃO ENTREMADOS NA BAIXADA

221 - Colinas Isoladas:

Formas de relevo residuais, com vertentes convexas e topos arredondados ou alongados, com sedimentação de colúvios, remanescentes do afogamento generalizado do relevo produzido pela sedimentação flúvio-marinha que caracteriza as baixadas litorâneas. Densidade de drenagem muito baixa com padrão de drenagem dendrítico e drenagem imperfeita nos fundos de vales

afogados. Predomínio de amplitudes topográficas inferiores a 100m e gradientes suaves.

RELEVOS DE DEGRADAÇÃO EM PLANALTOS DISSECADOS OU SUPERFÍCIES APLAINADAS

231 - Domínio Suave Colinoso:

Relevo de colinas muito pouco dissecadas, com vertentes convexas e topos arredondados ou alongados, com expressiva sedimentação de colúvios e alúvios. Ocorrência subordinada de morrotes alinhados. Densidade de drenagem baixa a média com padrão de drenagem variável, de dendrítico a treliça ou retangular. Predomínio de amplitudes topográficas inferiores a 50m e gradientes muito suaves.

233 - Domínio de Colinas Dissecadas, Morrotes e Morros Baixos:

Relevo de colinas dissecadas, com vertentes convexo-côncavas e topos arredondados e/ou alongados e de morrotes e morros dissecados, com vertentes retilíneas e côncavas e topos aguçados ou alinhados, com sedimentação de colúvios e alúvios. Densidade de drenagem média a alta com padrão de drenagem variável, de dendrítico a treliça ou retangular. Predomínio de amplitudes topográficas entre 100 e 200m e gradientes suaves a médios.

RELEVOS DE DEGRADAÇÃO EM ÁREAS MONTANHOSAS

251 - Maciços Costeiros e Interiores:

Relevo montanhoso, extremamente acidentado, localizado em meio ao domínio das baixadas e planícies costeiras, ou em meio ao domínio colinoso, no caso dos maciços interiores. Vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, escarpadas e topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados. Densidade de drenagem alta a muito alta com padrão de drenagem variável, de paralelo a dendrítico, geralmente centrífugo. Predomínio de amplitudes topográficas superiores a 300m e gradientes muito elevados, com ocorrência de colúvios e depósito de tálus, solos rasos e afloramentos de rocha.

3.3.4 – Vegetação

Outro aspecto físico relevante no estudo de movimentos de massa é a vegetação, tendo em vista que a cobertura vegetal tem vários efeitos mecânicos e geohidrológicos.

Segundo Guidicini & Nieble (1984), a vegetação diminui a intensidade dos agentes do clima nas vertentes, favorecendo sua estabilidade, não somente em relação à escorregamentos como aos movimentos de rastejo. Os autores também afirmam que a cobertura vegetal pode atuar como retentora da massa mobilizada, em casos de escorregamentos, além de atuar como dissipadora de energia, reduzindo a velocidade do material deslocado, minimizando os danos em locais situados à jusante.

Prandini *et al.* (1976 *apud* TOMINAGA, 2007) aponta três ações específicas da cobertura vegetal. A primeira diz respeito as partes aéreas das florestas, como as copas das

árvores, que atuam através da interceptação, retenção e evapotranspiração, minimizando os efeitos da pluviosidade nas encostas. A segunda ação é das serrapilheiras, que contribuem para retenção de parte da água que chega ao solo; escoamento subsuperficial, junto com o sistema radicular superficial; e frenagem do escoamento superficial, em condições de maior pluviosidade, favorecendo o escoamento subsuperficial e evitando os efeitos erosivos e de instabilização. Já a terceira ação é realizada pelas raízes, que estabilizam as vertentes, fornecendo um acréscimo à resistência ao cisalhamento, além de permitir o estabelecimento de escoamento subsuperficial, que desvia e/ou reduz a intensidade da infiltração efetiva no maciço.

Niterói está inserido na Região Ecológica da Floresta Ombrófila Densa (Floresta Pluvial Tropical), que faz parte do Domínio da Mata da Mata Atlântica (BRASIL, 1992 *apud* FERREIRA, 2010). A vegetação do município era originalmente compreendida pelas Formações de Terras Baixas Submontana que apresentava ocorrência restrita da Floresta Aluvial nos terraços próximo aos rios, Formação Pioneiras de Influência Fluviomarina de porte arbóreo (Manguezal), Influência Marinha de porte herbáceo e arbustivo (Restinga) e Aluvial com porte herbáceo e arbustivo também (Brejos Salinos) (FERREIRA, 2010).

Devido à grande especulação imobiliária ocorrida nas últimas décadas, muitas áreas foram desmatadas. Segundo o Atlas das Unidades de Conservação (UCs) do Município de Niterói elaborado pela Prefeitura Municipal de Niterói (2018), o município apresenta 33% do seu território, ou seja, 89 m²/habitante, composto por nove unidades de conservação estaduais e municipais (Figura 3.5 e Tabela 3.2). Três UCs são Unidades de Proteção Integral (área onde é admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais):

- Parque Natural Municipal de Niterói;
- Reserva Ecológica Darcy Ribeiro;
- Parque Estadual da Serra da Tiririca.

As outras seis UCs são Unidades de Uso Sustentável (áreas que conciliam a conservação da natureza com o uso sustentável dos recursos naturais):

- Área de Proteção Ambiental do Morro do Gragoatá;
- Área de Proteção Ambiental Água Escondida;
- Área de Proteção Ambiental SIMAPA;
- Reserva Extrativista Marinha de Itaipú;
- Área de Proteção Ambiental do Morro do Morcego, da Fortaleza de Santa Cruz

e dos Fortes do Pico e do Rio Branco;

- Área de Proteção Ambiental das Lagunas e Florestas de Niterói.



LEGENDA

-  Parque Natural Municipal de Niterói;
-  Reserva Ecológica Darcy Ribeiro;
-  Parque Estadual da Serra da Tiririca;
-  Área de Proteção Ambiental do Morro do Gragoatá;
-  Área de Proteção Ambiental Água Escondida;
-  Área de Proteção Ambiental SIMAPA;
-  Reserva Extrativista Marinha de Itaipú;
-  Área de Proteção Ambiental do Morro do Morcego, da Fortaleza de Santa Cruz e dos Fortes do Pico e do Rio Branco;
-  Área de Proteção Ambiental das Lagunas e Florestas de Niterói.

Figura 3.5: Unidades de Conservação do município de Niterói. Fonte: modificado de PREFEITURA MUNICIPAL DE NITERÓI, 2018.

Tabela 3.2: Unidades de Conservação do município de Niterói. Fonte: modificado de PREFEITURA MUNICIPAL DE NITERÓI, 2018.

UC	Categoria	Grupo	Área (ha)	Ano	Tipologia	Região administrativa
Reserva Ecológica Darcy Ribeiro	Reserva Ecológica*	Proteção integral	1229	19970	Floresta	Oceânica/ Leste/ Pendotiba
Parque Natural Municipal de Niterói	Parque	Proteção integral	918	2014	Mangue/ Floresta/ Brejo/ Restinga	Praias da Baía/ Pendotiba/ Oceânica
Parque Estadual da Serra da Tiririca	Parque	Proteção integral	3493	1991	Mangue/ Floresta/ Brejo/ Restinga	Oceânica/ Leste/ Pendotiba
Área de Proteção Ambiental das Lagunas e Florestas de Niterói	Área de Proteção Ambiental	Uso sustentável	8632	1992	Mangue/ Floresta/ Brejo/ Restinga	Oceânica/ Leste/ Pendotiba
Área de Proteção Ambiental do Morro do Morcego, da Fortaleza de Santa Cruz e os Fortes do Pico e do Rio Branco	Área de Proteção Ambiental	Uso sustentável	141	2002	Floresta/ Restinga	Praias da Baía
Área de Proteção Ambiental do Morro do Gragoatá	Área de Proteção Ambiental	Uso sustentável	9	2003	Floresta	Praias da Baía
Área de Proteção Ambiental da Água Escondida	Área de Proteção Ambiental	Uso sustentável	54	2008	Floresta	Praias da Baía/ Norte
Sistema Municipal de Áreas de Proteção Ambiental	Área de Proteção Ambiental	Uso sustentável	598	2014	Floresta	Norte
Reserva Extrativista Marinha de Itaipú	Reserva Extrativista	Uso sustentável	3943	2013	Marinho/ Lagunar	Oceânica

*Categoria não contemplada no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Reserva Ecológica, Decreto Federal Nº 89.336 de 1984

3.3.5 – Clima

O clima predominante no Brasil é o clima tropical, caracterizado por chuvas que se concentram nos meses de verão. Por isso, esse período apresenta os maiores registros de desastres socioambientais relacionados a movimentos de massa.

De acordo com Alvares *et al.* (2013), que utilizaram a classificação de Köppen para identificar os tipos climático existentes no país, a cidade de Niterói se insere no clima Aw, ou seja, clima de savana tropical. Esse clima é caracterizado por ter as maiores concentrações de chuvas no período de verão (entre janeiro e março) e, nos meses de inverno (entre julho e setembro), apresentarem baixos índice pluviométricos (secos).

Ainda segundo o *Climate-Data* (2019), a precipitação média anual é de 1.204 mm. A média do acumulado do mês mais chuvoso (março) é de 147 mm e o mês mais seco (julho) possui uma média pluviométrica de 50 mm. Já a temperatura média anual é de 23,4°C (Figura 3.6).

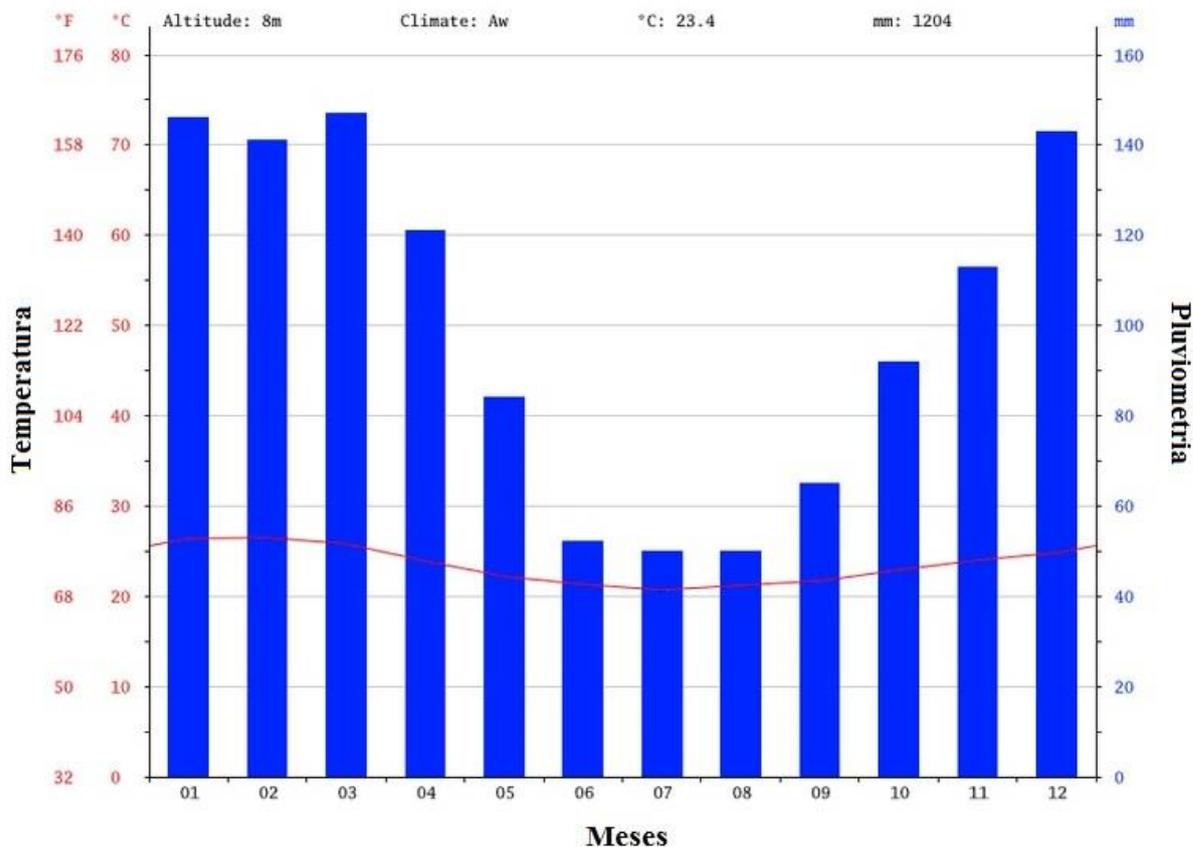


Figura 3.6: Climograma do município de Niterói. As barras azuis representam o acumulado de precipitação e a linha vermelha demarca a temperatura média mensal. Fonte: CLIMATE-DATA, 2019.

A Figura 3.7 apresenta a distribuição espacial da precipitação anual do estado do Rio de Janeiro. Pode-se notar que o município de Niterói está situado na faixa de precipitação média anual que fica entre 1.000 e 1.300 mm.

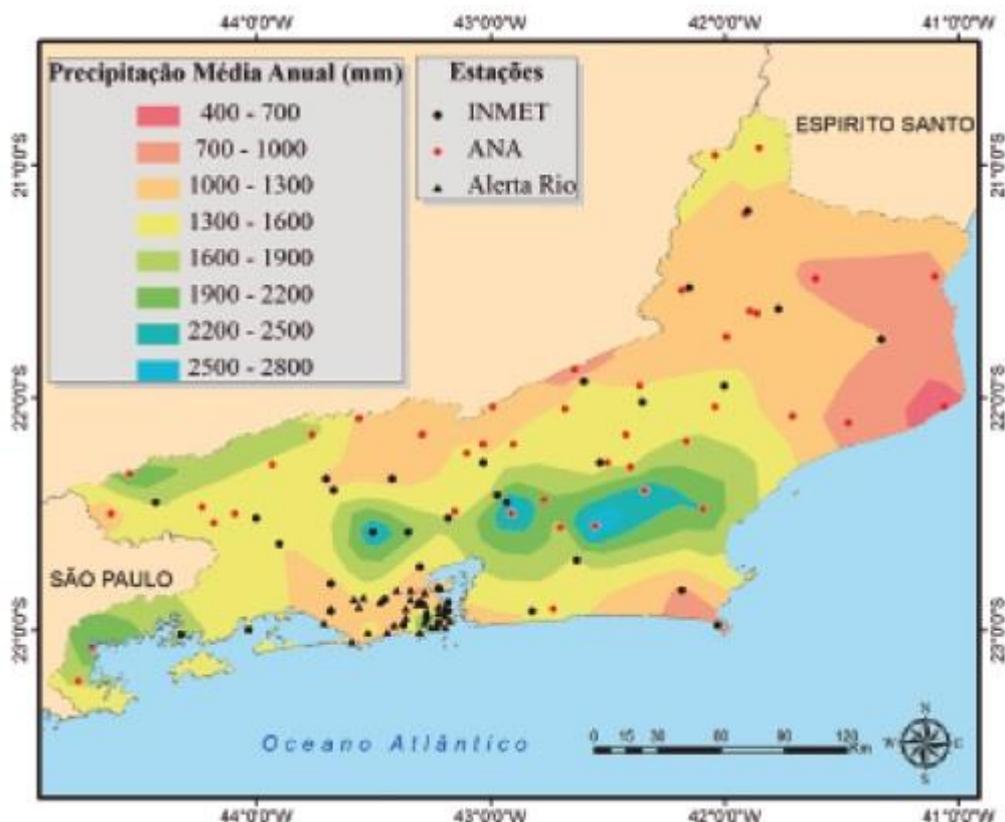


Figura 3.7: Totais pluviométricos (mm) anuais no estado do Rio de Janeiro. Valores médios no período 1961 – 2012 a partir dos dados observacionais do INMET, da ANA e do Alerta Rio. Fonte: SILVA & DERECZYNSKI (2014).

3.4 – Desastres Associados aos Movimentos de Massa em Niterói

Todos os anos, principalmente nos meses mais chuvosos, o município de Niterói registra ocorrências movimentos de massa, devido às suas condições fisiográficas e à ocupação irregular em áreas de risco. Algumas dessas ocorrências, porém, causadoras de desastres.

Pinto (2015) realizou, por meio de reportagens de jornais antigos, um levantamento dos temporais que atingiram as cidades de Niterói e São Gonçalo entre os anos de 1878 e 1979 e suas respectivas consequências. O estudo apontou registros que indicam que, desde o século XIX, os eventos intensos de precipitação já causavam transtornos à cidade. Niterói já

sofria com deslizamentos e inundações que traziam, além de prejuízos materiais, a perda de vidas humanas.

Porém, dentre os inúmeros casos de desastres no município, o pior deles ocorreu em abril de 2010, destacando-se o evento ocorrido na comunidade conhecida como Morro do Bumba. Situado no bairro Viçoso Jardim, o Morro do Bumba era um antigo lixão da cidade de Niterói que foi desativado na década de 1980. Com a ausência de fiscalização, a área foi sendo ocupada por famílias carentes e, posteriormente, recebeu investimentos públicos de infraestrutura e serviços, como abastecimento de água, energia elétrica, escolas e creches.

O evento ocorreu na noite do dia 07 de abril de 2010 (Figura 3.8). Entretanto, desde o dia 05 do mesmo mês grandes volumes pluviométricos estavam atingindo a área metropolitana do Rio de Janeiro, causando deslizamentos em diversos pontos do município (Figuras 3.8, 3.9 e 3.10) e do estado. Segundo Dereczynski *et al.* (2011), em 24 horas foram registrados 323 mm de precipitação. Esse elevado volume pluviométrico provocou deslizamentos em toda a Região Metropolitana. Ao todo foram mais de 250 mortes em todo o estado, 167 mortes só em Niterói, 66 no Rio de Janeiro além de 3.262 desabrigados e 11.439 desalojados.



Figura 3.8: Morro do Bumba após o deslizamento em 2010. Fonte: <https://extra.globo.com/noticias/rio/oito-anos-depois-de-tragedia-no-bumba-niteroi-ainda-tem-casas-em-areas-de-risco-22562698.html>



Figura 3.9: Destruição ocorrida na comunidade do Beltrão, no bairro de Santa Rosa, após o rolamento de uma rocha. Fonte: <https://internacional.estadao.com.br/blogs/olhar-sobre-o-mundo/drama-no-rio/>



Figura 3.10: Escorregamentos translacionais ocorridos na Rua Castro Alves, Baldeador – Niterói.
Fonte: MENDONÇA, 2020.

O último grande evento de movimento de massa registrado no município ocorreu no dia 10 de outubro de 2018, na comunidade Boa Esperança, no bairro de Piratininga (Figuras 3.11 e 3.12). Segundo a Defesa Civil houve uma ruptura no talude, o que gerou uma mobilização de solo e rocha, destruindo e danificando 07 construções, vitimando 25 pessoas, sendo 15 óbitos. A cidade estava em estágio de “atenção” (o segundo em uma escala de quatro estágios) devido à chuva constante que vinha atingindo a cidade nos dias anteriores ao desastre. De acordo com informações do portal G1³, o coronel da Defesa Civil Wallace Medeiros afirmou que a precipitação ocorrida nos dias anteriores ao deslizamento não foram fortes o suficiente para transformar a área em um local de alto risco de deslizamentos.



Figura 3.11: Desastre na comunidade Boa Esperança, em 10 de outubro de 2018. Fonte: Arquivo pessoal.

³<https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2018/11/12/levantamento-aponta-risco-de-deslizamento-no-morro-da-boa-esperanca-desde-2009.ghtml>



Figura 3.13: Visão aérea do desastre na comunidade Boa Esperança, 2018. Fonte: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2018/11/12/levantamento-aponta-risco-de-deslizamento-no-morro-da-boa-esperanca-desde-2009.ghtml>

3.5 – Defesa Civil de Niterói

A Defesa Civil de Niterói começou a atuar na década de 1980, através do decreto nº 4.018/83, como COMDEC – Coordenação Municipal de Defesa Civil. Inicialmente os trabalhos da COMDEC eram voltados em apoiar órgãos municipais, além de atender problemas reportados pelas associações de moradores (PREFEITURA MUNICIPAL DE NITERÓI, 2019). Somente em 2008 foi criada a Secretaria de Defesa Civil e Integração Comunitária e normatizadas as diretrizes que regem a Defesa Civil do município. Desta forma, a secretaria passou a ser mais conhecida pela população e, conseqüentemente mais acionada, aumentando significativamente o número de ocorrências relatadas, principalmente em épocas de chuvas intensas. Um ano depois, a Secretaria de Defesa Civil e Integração Comunitária foi modificada para Secretaria Municipal de Segurança e Defesa Civil. Em 2010, com a sanção da Lei 2.720/2010, a estrutura da Defesa Civil foi separada da de segurança e criada a Secretaria Municipal de Defesa Civil (PREFEITURA MUNICIPAL DE NITERÓI, 2019).

Após o desastre de abril de 2010, a Defesa Civil passou a atuar de forma mais efetiva não só na resposta aos desastres, como também passou a investir em ações de prevenção e preparação da comunidade para eventos adversos. Sua equipe técnica, de caráter

multidisciplinar, foi ampliada e, atualmente, conta com engenheiros, geólogos, geógrafos, meteorologistas, advogados e profissionais de Tecnologia da Informação.

Dentre as principais atividades promovidas pela Defesa Civil estão (PREFEITURA MUNICIPAL DE NITERÓI, 2019):

- Núcleos de Defesa Civil (NUDEC): grupos de moradores voluntários que são treinados através de cursos oferecidos pela própria Defesa Civil para atuar junto às comunidades onde residem, quando necessário. Esses voluntários aprendem desde noções básicas de proteção e defesa civil até primeiros socorros e análise de riscos geológicos e estruturais. Ao todo o município já conta com 52 NUDECs.
- Projeto “Praticando Defesa Civil nas Escolas”: o projeto tem parceria com a Fundação Municipal de Educação de Niterói. Os agentes de Defesa Civil promovem cursos para ensinar crianças (matriculadas no 5º e 6º anos), professores, diretores e demais funcionários, como evitar ou minimizar desastres, além de técnicas e ações necessárias em caso de eventos adversos.

Além dessas ações, o município de Niterói recebeu pluviômetros instalados pelo CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais) e sirenes que são acionadas em caso de chuvas intensas. A Defesa Civil também desenvolveu um aplicativo de celular que alerta a população sobre a situação atual de chuva e fogo em vegetação no município, informa sobre as condições do tempo, emite avisos sobre ressaca, aponta os locais onde as sirenes estão instaladas e os pontos de apoio à população em caso de emergência. A respeito da precipitação, a Defesa Civil de Niterói utiliza os seguintes estágios para designar a intensidade das chuvas:

- Vigilância: Ausência de chuva ou chuva fraca, com pouca a nenhuma possibilidade de intensificação para as próximas horas. Os agentes da Defesa Civil realizam o monitoramento das condições meteorológicas.
- Atenção: Chuva moderada ocasionalmente forte/muito forte, com possibilidade de continuidade e/ou intensificação nas próximas horas, podendo causar pontos de alagamentos e deslizamentos isolados, gerando transtornos para a cidade. Nesse estágio os agentes da Defesa Civil estão em comunicação com todos os órgãos municipais que atuam na mitigação dos danos causados pela chuva.

- Alerta: Chuva forte ocasionalmente muito forte, com possibilidade de continuidade e/ou intensificação nas próximas horas, podendo causar alagamentos e deslizamentos generalizados em várias regiões da cidade. Neste estágio as equipes de emergências já estarão atuando a fim de, garantir a segurança da população que se encontra em locais de vulnerabilidade.
- Alerta Máximo: Chuva muito forte registrada nas últimas horas, com alta possibilidade de continuidade e/ou intensificação nas próximas horas. Neste estágio as equipes de emergências da prefeitura e agentes da Defesa Civil atuam nas ações de respostas, visando socorrer e auxiliar as pessoas atingidas; reduzir os danos e prejuízos; e garantir o funcionamento dos sistemas essenciais das comunidades e população.

CAPÍTULO IV– METODOLOGIA

4.1 – Apresentação

No presente capítulo será apresentada a metodologia utilizada neste trabalho para correlacionar os eventos pluviométricos e os movimentos de massa no município de Niterói. A pesquisa foi desenvolvida seguindo cinco etapas: a primeira fase consistiu na obtenção dos dados diários de chuva; na segunda etapa foi realizado um levantamento das ocorrências de movimentos de massa na cidade, por meio dos registros da Defesa Civil de Niterói; a terceira etapa foi destinada à verificação do volume pluviométrico diário no dia das ocorrências e o acumulado dos três dias anteriores às ocorrências; na quarta etapa foi calculado o percentil 99 com o intuito de determinar o valor mínimo de chuva intensa no município e; na quinta etapa foi verificado quantos deslizamentos ocorreram em dias de chuva intensa (≥ 39 mm em 24 horas), dias de chuva não intensa (entre 0,2 mm e 38,99 mm em 24 horas) e dias sem chuva, bem como o valor médio de movimentos de massa nesses dias. A Figura 4.1 apresenta o fluxograma metodológico do presente trabalho, onde as etapas são expostas de forma sucinta.

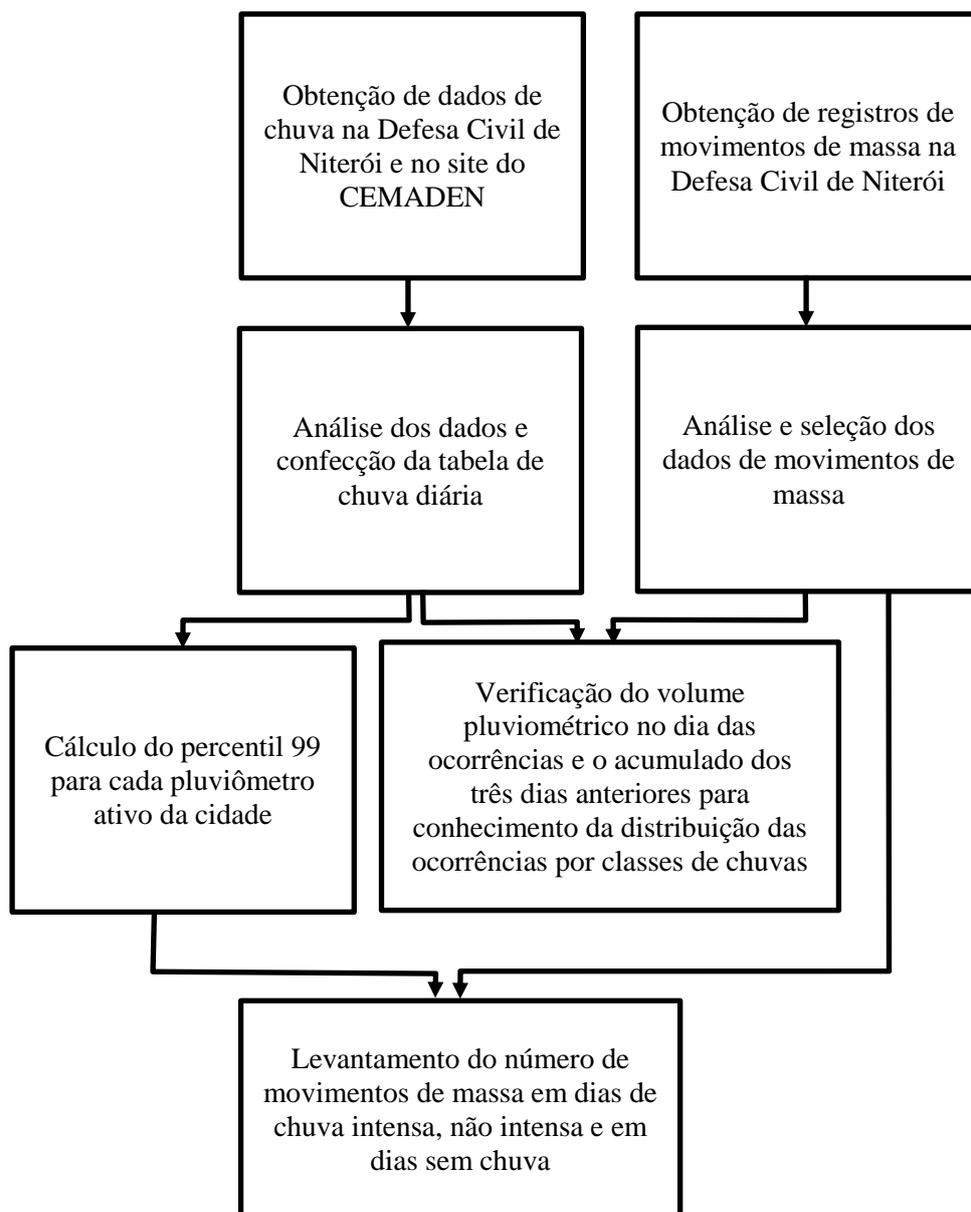


Figura 4.1– Fluxograma das etapas da pesquisa.

4.2 – Coleta e Organização dos Dados

4.2.1 – Dados Pluviométricos Diários

Os dados considerados na presente pesquisa referem-se ao período de 01 de janeiro 2014 a 31 de dezembro de 2018, já que este era o período disponível. O levantamento dos dados pluviométricos diários foi realizado, inicialmente, pelos arquivos digitais da Defesa Civil de Niterói e, posteriormente, através do endereço eletrônico do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN (www.cemaden.gov.br). Vale ressaltar que os dados pluviométricos obtidos na Defesa Civil de Niterói são os mesmos disponíveis no site do CEMADEN e que foram registrados pelos pluviômetros automáticos instalados na cidade pelo próprio CEMADEN.

Ao longo do período estudado, o município chegou a apresentar uma rede de pluviômetros automáticos com 18 equipamentos distribuídos por 13 bairros. Porém, durante a pesquisa notou-se que alguns aparelhos foram desativados e, por isso, foram coletadas informações de apenas 16 pluviômetros. Niterói também conta com pluviômetros semi-automáticos e sirenes com pluviômetros acoplados em algumas comunidades que não foram utilizados neste estudo, devido as informações não estarem disponíveis para acesso no portal do CEMADEN. Na tabela 4.1 são apresentadas as informações dos pluviômetros automáticos presentes na cidade utilizados na pesquisa, conforme consta no site da Agência Nacional de Águas - ANA (www.ana.gov.br). Vale ressaltar que a estação “NITERÓI_Varzea das Moscas” consta nos arquivos do CEMADEN como pluviômetro automático do município de Niterói. Porém, pelas informações contidas no site da ANA, a mesma estação está inscrita como pertencente ao município vizinho de São Gonçalo.

Tabela 4.1: Informação dos pluviômetros automáticos presentes no município de Niterói. Fonte: AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (www.ana.gov.br).

Nome da Estação	Código	Responsável	Operador	Coordenadas	Altitude (m)
NITERÓI_Badu	02243397	CEMADEN	CEMADEN	S 22° 54' 21.96" / W 43° 3' 11.16"	97
NITERÓI_Barreto	02243393	CEMADEN	CEMADEN	S 22° 51' 42.84" / W 43° 5' 56.04"	11
NITERÓI_Charitas	02243400	CEMADEN	CEMADEN	S 22° 56' 2.04" / W 43° 5' 53.16"	14
NITERÓI_Fonseca	02243403	CEMADEN	CEMADEN	S 22° 52' 59.16" / W 43° 4' 59.16"	33
NITERÓI_Itaipu	02243396	CEMADEN	CEMADEN	S 22° 57' 14.04" / W 43° 1' 41.16"	6
NITERÓI_Jurujuba	02243398	CEMADEN	CEMADEN	S 22° 55' 54.84" / W 43° 6' 57.96"	10
NITERÓI_Largo da Batalha	02243391	CEMADEN	CEMADEN	S 22° 54' 24.84" / W 43° 4' 0.84"	109
NITERÓI_Maria Paula	02243395	CEMADEN	CEMADEN	S 22° 52' 51.96" / W 43° 1' 48.00"	65
NITERÓI_Morro do Castro	02243392	CEMADEN	CEMADEN	S 22° 52' 8.04" / W 43° 4' 12.00"	126
NITERÓI_Piratininga	02243399	CEMADEN	CEMADEN	S 22° 56' 30.84" / W 43° 3' 24.84"	12
NITERÓI_Piratininga 1	02243401	CEMADEN	CEMADEN	S 22° 55' 44.04" / W 43° 3' 50.04"	22
NITERÓI_Piratininga 2	02243402	CEMADEN	CEMADEN	S 22°57'3.99" / W 22°57'3.99"S	6
NITERÓI_Praia João Caetano	02243390	CEMADEN	CEMADEN	S 22° 54' 18.00" / W 43° 7' 15.96"	31
NITERÓI_Santa Barbara	02243394	CEMADEN	CEMADEN	S 22° 52' 36.84" / W 43° 2' 56.04"	92
NITERÓI_Varzea das Moscas	2242370	CEMADEN	CEMADEN	S 22° 54' 29.16" / W 42° 59' 6.00"	78
NITERÓI_Visconde de Itaboraí	02243389	CEMADEN	CEMADEN	S 22° 52' 54.84" / W 43° 7' 23.16"	10

Após a obtenção dos dados, foi realizada uma análise para averiguar falhas (ausência) de informações na série histórica estudada. Foi verificado que todos os pluviômetros automáticos possuíam ausência de registros que variaram de alguns dias até meses. A tabela 4.2 aponta as falhas de cada pluviômetro entre os anos de 2014 e 2018.

Tabela 4.2: Falhas de cada pluviômetro automático da cidade de Niterói.

Estações	Períodos de falhas na medição				
	2014	2015	2016	2017	2018
NITERÓI_Badu	Dark Green	Light Green	Yellow	Orange	Dark Green
NITERÓI_Barreto	Dark Green	Light Green	Yellow	Orange	Dark Green
NITERÓI_Charitas	Dark Green	Dark Green	Light Green	Light Green	Light Green
NITERÓI_Fonseca	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Light Green	Dark Green
NITERÓI_Itaipu	Light Green	Dark Green	Light Green	Dark Green	Light Green
NITERÓI_Jurujuba	Light Green	Dark Green	Light Green	Orange	Dark Green
NITERÓI_Largo da Batalha	Light Green	Dark Green	Light Green	Light Green	Dark Green
NITERÓI_Maria Paula	Dark Green	Dark Green	Light Green	Dark Green	Dark Green
NITERÓI_Morro do Castro	Light Green	Dark Green	Light Green	Dark Green	Light Green
NITERÓI_Piratininga	Dark Green	Dark Green	Light Green	Dark Green	Light Green
NITERÓI_Piratininga 1	Dark Green	Light Green	Light Green	Dark Green	Dark Green
NITERÓI_Piratininga 2	Dark Green	Light Green	Light Green	Dark Green	Dark Green
NITERÓI_Praia João Caetano	Dark Green	Dark Green	Light Green	Light Green	Dark Green
NITERÓI_Santa Barbara	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Dark Green
NITERÓI_Varzea das Moscas	Light Green	Dark Green	Light Green	Dark Green	Light Green
NITERÓI_Visconde de Itaboraí	Light Green	Dark Green	Light Green	Light Green	Dark Green

LEGENDA:						
Falhas ao ano	Sem Falhas	Dias	1 - 3 meses	4 - 6 meses	7 - 9 meses	10 - 12 meses
	Dark Green	Light Green	Yellow	Orange	Dark Green	Dark Green

Além das ausências de registros, foi verificado que algumas medições não condiziam com o real volume pluviométrico ocorrido no dia. Essa verificação foi realizada por meio da comparação dos valores de chuvas registrados pelos pluviômetros do próprio município e pelos pluviômetros dos municípios vizinhos, como Rio de Janeiro, São Gonçalo e Maricá. Por meio dessa comparação, foi possível verificar erros, como por exemplo, o registro de 0 mm em dias chuvosos ou com volumes muito inferiores ao que realmente ocorreu. Essas falhas foram observadas em todos os aparelhos, incluindo o pluviômetro de Charitas, que apresentou o menor número de ausência de registros.

Para verificar a consistência dos dados foi realizada uma comparação entre os valores médios de precipitação mensal das estações pluviométricas do município e as informações contidas no site Climatempo (2019) sobre a climatologia do município de Niterói (Figura

4.2). Para a elaboração do gráfico, foram utilizados os dados pluviométricos de todos os 16 pluviômetros da cidade. Porém, os dias e meses que não continham informações foram descartados para que não houvesse erros nas médias. Cabe ressaltar que as normais climatológicas elaboradas pelo INMET e obtidas pelo site Climatempo são baseadas em cálculos de uma série de dados de 30 anos, ao contrário das informações dos pluviômetros da cidade, que contêm apenas cinco anos de dados pluviométricos. Por isso, a variação de valores encontrados neste resultado deriva, primeiramente, das falhas de informações dos pluviômetros automáticos e, posteriormente, de possível variabilidade pluviométrica interanual que possam ter ocorrido no período de anos estudados.

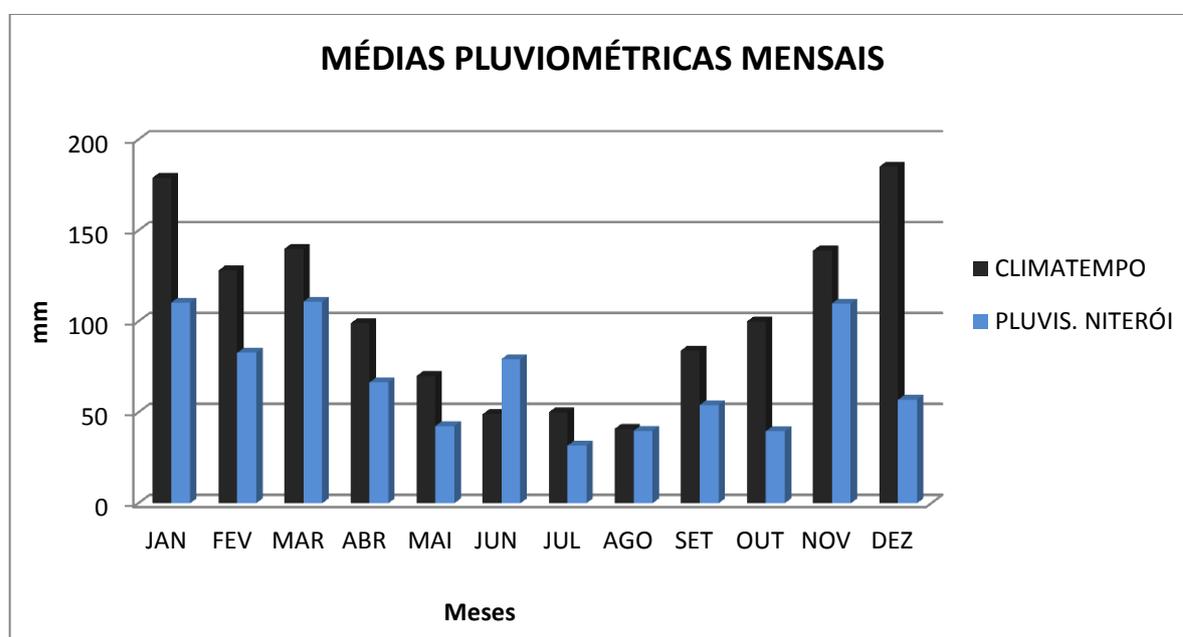


Figura 4.2 – Médias mensais da precipitação baseadas nas informações dos pluviômetros automáticos presentes na cidade de Niterói (2014-2018) e nos dados do site Climatempo.

4.2.2 – Dados dos Movimentos de Massa

Os dados sobre as ocorrências de movimentos de massa no município de Niterói foram obtidos junto à Defesa Civil de Niterói, formando um conjunto de 1960 registros entre os anos de 2014 e 2018. As informações sobre esses registros estavam dispostas em tabelas que continham as seguintes informações:

- *Tipo;*
- *Motivo;*
- *Bairro;*

- *Endereço;*
- *Solicitação (número);*
- *Data_solicitação;*
- *Data_ocorrência/atendimento;*
- *UTM_Est;*
- *UTM_Nor;*
- *Vit_não_fatal;*
- *Vit_fatal;*
- *Desalojados;*
- *Desabrigados.*

Vale ressaltar que alguns desses campos não possuíam informações completas, como os campos das coordenadas (UTM_Est e UTM_Nor), das vítimas, dos desalojados e desabrigados. Outros campos estavam com informações contraditórias, como no caso das datas de solicitação e de ocorrência (em alguns casos a data de solicitação era anterior à data de ocorrência).

Após a coleta dos registros, os mesmos foram analisados para selecionar aqueles que seriam utilizados na pesquisa. A seleção dos registros ocorreu por meio de uma filtragem dos dados a começar pelo “*tipo*” de registro, em que havia uma subdivisão: “*ocorrências*” e “*ameaça/prevenção*”. Dos registros cujo “*tipo*” se referia a “*ameaça/prevenção*” só foram utilizados aqueles que continham no relatório da Defesa Civil a confirmação da ocorrência de movimentos de massa com a respectiva data. Os demais registros de “*ameaça/prevenção*” sem data confirmada foram descartados por não haver a certeza que o sinistro realmente aconteceu. Posteriormente, foram excluídos os dados cujo campo “*motivo*” apresentava uma das seguintes informações: “*ameaça/queda de árvore*”, “*avaliação pós-incêndio*”, “*destelhamento*”, “*infiltração*”, “*queda de vegetal/árvore*”, “*avaliação de risco estrutural*”, “*avaliação de risco geológico*”, “*avaliação técnica*”, “*desabamento*”, “*desabamento parcial*”, “*risco de deslizamento*”, “*risco de escorregamento*” e “*risco estrutural*”, pois não tratava da concretização do evento de movimento de massa. Desta maneira, foram utilizados apenas os dados cujo “*tipo*” era referente à “*ocorrência*” e cujo “*motivo*” dizia respeito a movimentos de massa, que era expresso por “*deslizamento*”, “*deslizamento de encosta/talude*”, “*deslizamento/desabamento*”, “*erosão*”, “*escorregamento*”, “*movimento/queda de bloco/lascas*” e “*solapamento*”. Ainda quanto à organização de dados, todas as ocorrências registradas no mesmo dia e na mesma rua com o número dos imóveis

muito próximos foram unificadas por entender que faziam parte de um mesmo movimento de massa. Ao final, foram totalizadas 395 ocorrências.

4.3 – Análise da Relação entre Precipitação e Ocorrências dos Movimentos de Massa

4.3.1 – Médias da Precipitação e Distribuição dos Movimentos de Massa

Os primeiros resultados obtidos tinham a finalidade de revelar o comportamento da precipitação nos anos estudados. Assim, foram elaborados gráficos que mostram as médias anuais e mensais de precipitação a partir da análise diária da precipitação dos postos pluviométricos presentes na cidade.

A distribuição mensal e anual dos movimentos de massa registrados no município foi demonstrada por meios de gráficos. Já o número de registros por bairros e Regiões Administrativas foi apresentado em uma tabela.

4.3.2 – Cruzamento de Dados de Precipitação e Movimentos de Massa

Na continuação do trabalho, buscou-se relacionar os movimentos de massa com as classes de chuvas. Para isso, foi necessário averiguar o índice pluviométrico no dia de cada ocorrência e nos três dias anteriores. Em cada ocorrência buscou-se utilizar as informações do pluviômetro mais próximo ao sinistro. Porém, na ausência de registros ou nos casos de informações dúbias foi utilizado o segundo pluviômetro mais próximo e assim sucessivamente.

Posteriormente, foram elaborados gráficos usando as seguintes classes de chuvas diárias: igual a 0 mm; 0,1 – 5 mm; 5 – 15 mm; 15 – 25 mm; 25 – 50 mm; 50 – 100 mm; 100 – 150 mm; acima de 150 mm. Já as classes de chuvas para acumulados de três dias de precipitação foram: igual a 0 mm; 0,1 – 25 mm; 25 – 50 mm; 50 – 100 mm; 100 – 150 mm; 150 – 200 mm. Esses resultados visaram apontar com quais valores de chuva (tanto diário como acumulado) os movimentos de massa são mais frequentes. Também é importante destacar que para esta análise foi considerado que os movimentos de massa ocorreram às 24h do dia do seu registro. Assim, o valor da precipitação diária diz respeito ao valor total do dia do registro e os valores acumulados referem-se aos valores de três dias anteriores, ou seja, 72 horas antes do ocorrido, conforme indicado na Figura 4.3.

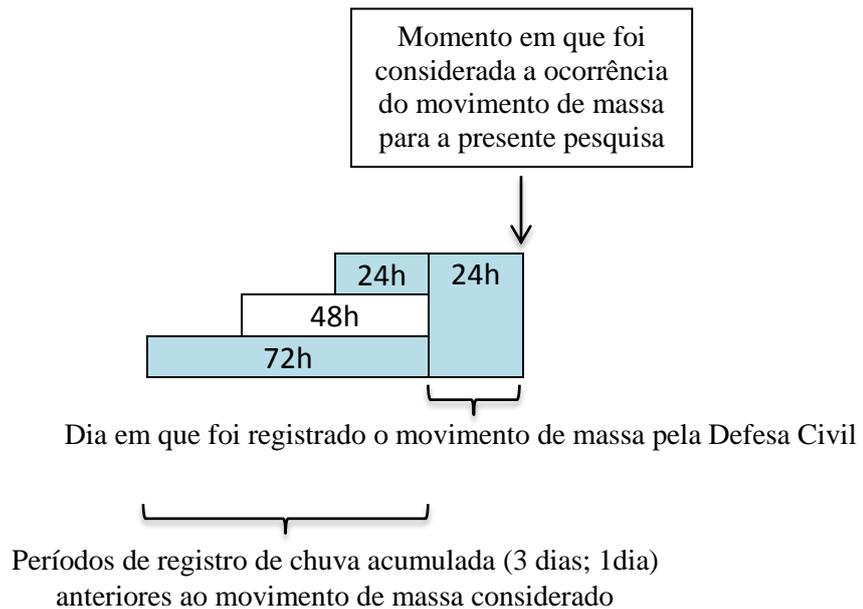


Figura 4.3 – Identificação dos períodos de chuvas acumuladas e do período de ocorrência de movimentos de massa.

Após essa análise as informações sobre a ocorrência de movimentos de massa foram dispostas em um gráfico de dispersão, onde o eixo das ordenadas corresponde aos valores das precipitações no dia da ocorrência e o eixo das abscissas contém os valores dos acumulados de três dias de precipitação. O intuito deste gráfico é mostrar com quais valores de precipitação diária e acumulada as ocorrências são mais frequentes.

4.4 – Análise da Influência de Chuvas Intensas nos Movimentos de Massa

Para que fosse analisada a influência das chuvas intensas no desencadeamento dos movimentos de massa, primeiramente foi necessário determinar o valor mínimo a partir do qual uma chuva seria considerada como intensa. Este valor foi determinado a partir do cálculo do percentil 99, tal como o trabalho da Dereczynski *et al.* (2009) aplicado no município do Rio de Janeiro. Percentis são valores que separam um conjunto de elementos, em ordem crescente, em 100 partes iguais, variando do percentil 1 (P1) ao percentil 99 (P99). Portanto, o percentil 99 é o valor tal que 99% dos elementos da amostra são menores ou iguais a ele.

O cálculo do percentil 99 foi realizado para cada um dos 16 pluviômetros. Ao final desta análise foi determinado um valor limite inferior único para todos os pluviômetros, sendo este o menor valor de percentil 99 encontrado entre todos os pluviômetros.

Seguindo o trabalho da Dereczynski *et al.* (2009), que considerou evento de chuva intensa no município quando os volumes diários em pelo menos 5 postos pluviométricos foram maiores que o estipulado pelo percentil 99, para o município de Niterói, devido ao seu tamanho ser aproximadamente dez vezes menor do que o município do Rio de Janeiro, o evento de chuva intensa foi considerado quando o percentil 99 foi ultrapassado em pelo menos um pluviômetro. Também foram contabilizados quantos dias apresentaram chuva abaixo do percentil 99 (chuva não intensa) e os dias em que nenhum pluviômetro tenha registrado precipitação (dias sem chuva).

Após a determinação do percentil 99 foi realizado um levantamento de todos os dias que apresentaram eventos de chuva intensa em pelo menos um pluviômetro e verificado os valores pluviométricos nos demais aparelhos da cidade. Todas essas informações foram dispostas em uma tabela para uma melhor análise.

Posteriormente, foi analisada a distribuição dos 395 registros de movimentos de massa selecionados para esse estudo em dias de chuva intensa, chuva não intensa ou em dias sem chuva. Para tal, foi calculado o valor médio de movimentos de massa em dias de chuva intensa, não intensa ou sem chuva, a partir da divisão do número das ocorrências pelo número de dias. Esses resultados foram comparados para verificar a influência das chuvas intensas no desencadeamento dos movimentos de massa.

Tabela 4.3: Parâmetros alhas de cada pluviômetro automático da cidade de Niterói.

Parâmetros de relação entre movimentos de massa e pluviometria diária	Descrição do parâmetro
A) N° de dias com chuva intensa (≥ 39 mm)	Número absoluto de dias com chuva ≥ 39 mm, considerando o valor do percentil 99.
B) N° de dias com chuva não intensa (0,2 até 38,99 mm)	Número absoluto de dias com chuva entre 0,2 e 38,99 mm, considerando o valor do percentil 99.
C) Porcentagem de dias com chuva intensa em relação ao total de dias com chuva	Razão entre o número de dias com chuva intensa e o total de dias com chuva.
D) N° de dias sem chuva (0 mm)	Número absoluto de dias sem chuva.
E) N° total de ocorrências de movimento de massa no ano	Número absoluto de movimentos de massa em cada ano.
F) N° total de ocorrências de movimentos de massa em dias com chuva intensa (≥ 39 mm)	Número absoluto de ocorrências de movimentos de massa em dias com precipitação ≥ 39 mm, por cada ano.
G) N° total de ocorrências de movimentos de massa em dias com chuva não intensa (0,2 até 38,99 mm)	Número absoluto de ocorrências de movimentos de massa em dias com precipitação entre 0,2 até 38,99 mm, por cada ano.

H) Porcentagem de ocorrências de movimento de massa em dias de chuva intensa, em relação ao total de movimentos de massa	Razão entre o número de ocorrências de movimentos de massa em dias de chuva intensa e o total de ocorrências de movimentos de massa.
I) Porcentagem de ocorrências de movimentos de massa em dias de chuva não intensa em relação ao total de movimentos de massa	Razão entre o número de ocorrências de movimentos de massa em dias de chuva não intensa e o total de ocorrências de movimentos de massa.
J) N° total de ocorrências de movimentos de massa em dias sem chuva (0 mm)	Número absoluto de ocorrências de movimentos de massa em dias sem precipitação, por cada ano.
L) Valor médio de ocorrências de movimentos de massa em dia de chuva intensa (≥ 39 mm)	Razão entre o número de movimentos de massa em dias de chuva intensa e o número de dias com chuva intensa
M) Valor médio de ocorrências de movimentos de massa em dia de chuva não intensa (0,2 até 38,99 mm)	Razão entre o número de movimentos de massa em dias de chuva não intensa e o número de dias com chuva não intensa
N) Valor médio de ocorrências de movimentos de massa em dia sem chuva (0 mm)	Razão entre o número de movimentos de massa em dias sem chuva e o número de dias sem chuva
O) Valor médio de ocorrências de movimentos de massa em dia de chuva não intensa ou sem chuva (0 mm até 38,99 mm)	Razão entre o número de movimentos de massa em dias de chuva não intensa ou sem chuva e o número de dias de chuva não intensa ou sem chuva
P) Razão entre os valores médios de movimento de massa em dia de chuva intensa e dia de chuva não intensa	Divisão dos valores médios de movimento de massa em dia de chuva intensa pelos valores médios de movimento de massa em dia de chuva não intensa

CAPÍTULO V– RESULTADOS

5.1 – Panorama Geral das Chuvas e dos Movimentos de Massa em Niterói entre 2014 e 2018

Os primeiros resultados deste estudo foram obtidos a partir da análise das chuvas diárias registradas pelos pluviômetros automáticos instalados na cidade.

Como foi explicitado anteriormente, o município de Niterói possui 16 pluviômetros automáticos ativos e que foram utilizados nesta pesquisa. Por isso, para que fossem definidos os acumulados pluviométricos anuais e mensais foi necessário calcular a média dos valores encontrados em todos os pluviômetros. Vale ressaltar que os dias que não apresentaram medições de chuva, ou seja, ausência de dados, não foram contabilizados para o cálculo dos acumulados anuais e das médias mensais. A Figura 5.1 detalha os acumulados anuais de cada aparelho. É possível notar uma variabilidade espacial da chuva com valores mais elevados nas regiões litorâneas e na Região de Pendotiba e valores mais baixos nas regiões mais interiores. Cabe ressaltar também que os valores sofreram influência das falhas de medições encontradas nos aparelhos, conforme foi exposto na Tabela 4.2. Verificou-se que o ano com o maior acumulado pluviométrico do período estudado foi 2016 com 994,9 mm. Na sequência estão os anos de 2015 quando precipitaram 792,8 mm, 2018 com 668,7 mm, 2017 com 634,2 mm de precipitação e 2014 com o menor acumulado, 461,6 mm. Vale ressaltar que esta distribuição pluviométrica mensal e anual pode não traduzir com exatidão o comportamento padrão da precipitação em Niterói, por se limitar aos anos de 2014 e 2018. Vale ressaltar também que os anos de 2014, 2015 e 2017 tiveram os verões mais secos das últimas décadas na Região Sudeste, o que interferiu nas médias mensais.

Ao contabilizar o número de ocorrências aos movimentos de massa registradas pela Defesa Civil de Niterói entre os anos de 2014 e 2018, foi possível identificar que a quantidade destes eventos acompanhou a dinâmica pluviométrica do município. O ano com maior número de registro de ocorrências foi 2016 com 172 casos, posteriormente, 2015 com 104 eventos, 2018 com 78 registros, 2017 com 36 ocorrências e 2014 com 5 episódio, totalizando 395 ocorrências do período (Figura 5.2).

Quanto aos dados mensais de movimentos de massa, a maior parte dos registros ocorreu nos meses de verão, principalmente entre janeiro e março, quando a os índices pluviométricos são maiores (Figura 5.3).

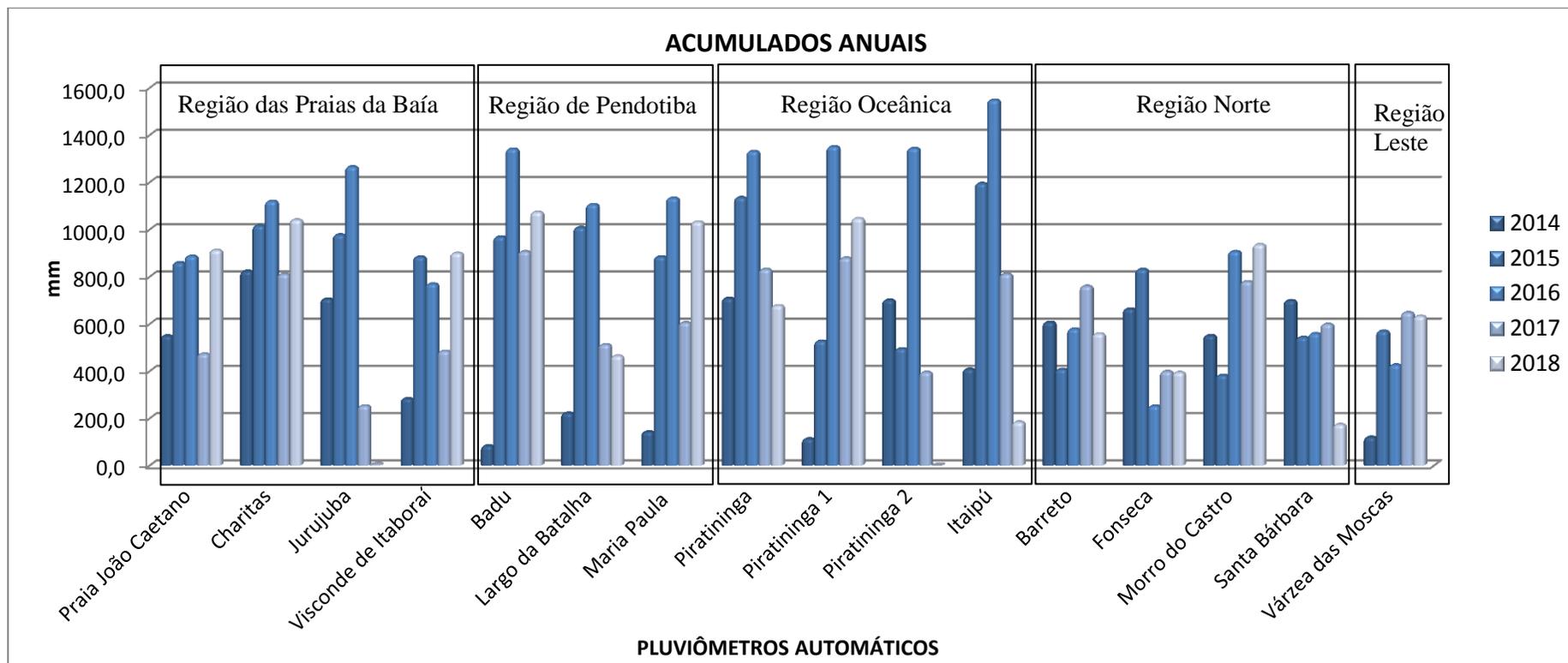


Figura 5.1 – Acumulados anuais de cada pluviômetro automático de Niterói entre 2014 e 2018.

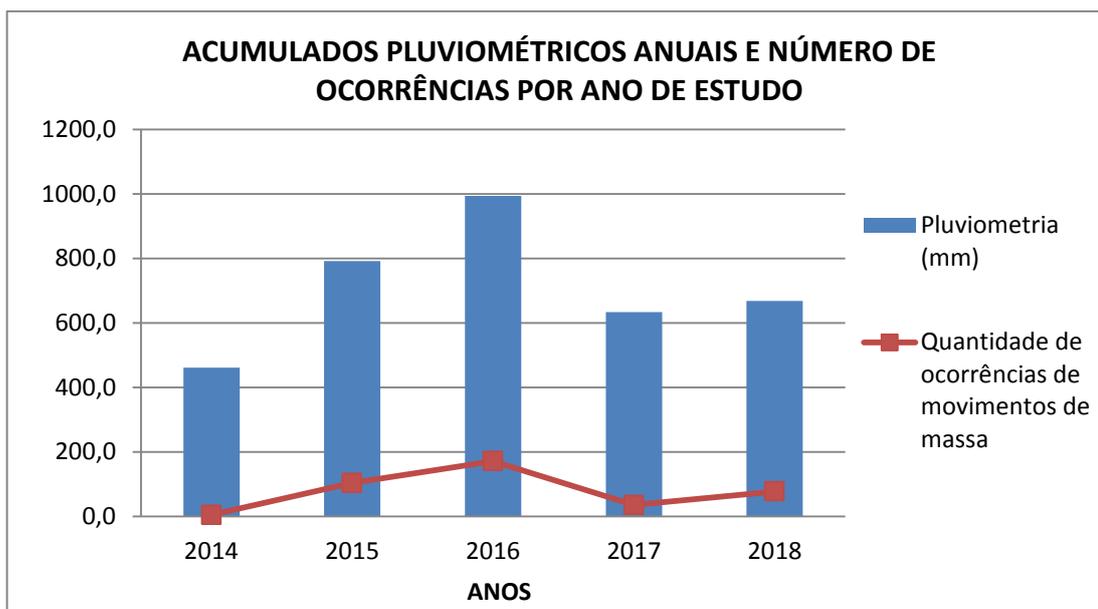


Figura 5.2 – Acumulados médios pluviométricos anuais e ocorrências de movimentos de massa no município de Niterói entre 2014 e 2018.

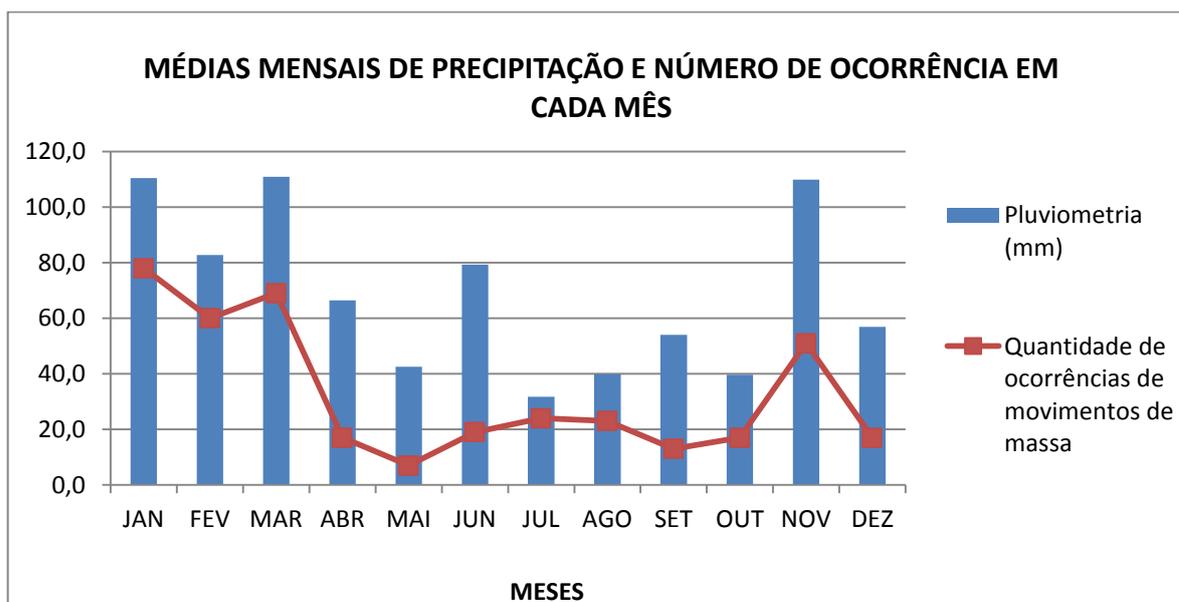


Figura 5.3 – Médias mensais de precipitação e número mensal de ocorrências dos movimentos de massa no período de 2014 à 2018.

Também foi possível identificar o número de eventos registrados em cada bairro (Tabela 5.1). Os dois bairros que apresentaram o maior número de casos, com valores muito superiores em relação aos demais, foram os bairros Fonseca (segundo bairro mais populoso) e Caramujo com 58 e 38 registros, respectivamente. Juntos esses dois bairros detiveram 24,3% das ocorrências no período estudado. Ambos estão situados na região Norte que apresentou quase metade dos casos de sinistros (46,08%) e possui o maior número de favelas

do município, que surgiram de forma desordenada, em áreas de relevo acidentado, com moradias precárias. Outro bairro populoso que também apresentou alto número de movimentos de massa (24) foi o bairro de Santa Rosa que, assim como o Fonseca, possui diversas favelas. Ao contrário desses bairros, Icaraí, que possui a maior população do município, registrou poucas ocorrências (5), devido ao fato de ser uma região plana, na maior parte de sua extensão. A Tabela 5.2 apresenta o número de favelas por região administrativa, segundo os dados oficiais da Prefeitura de Niterói. A Figura 5.4 mostra a distribuição das favelas de Niterói e a localização dos movimentos de massa ocorridos no município entre 2014 e 2018.

Tabela 5.1 – Número de ocorrências por bairro e percentual de ocorrências por região administrativa.

Região	Bairro	Número de ocorrências	Percentual de ocorrências por região (%)
Leste	Muriqui	1	1,5
	Rio do Ouro	1	
	Várzea das Moças	4	
Norte	Baldeador	15	46,1
	Barreto	9	
	Caramujo	38	
	Cubango	19	
	Engenhoca	17	
	Fonseca	58	
	Ilha da Conceição	0	
	Santa Bárbara	12	
	Santana	1	
	São Lourenço	2	
	Tenente Jardim	6	
Viçoso Jardim	5		
Oceânica	Cafubá	6	9,9
	Camboinhas	2	
	Engenho do Mato	4	
	Itacoatiara	0	
	Itaipú	12	
	Jacaré	0	
	Jardim Imbuí	0	
	Maravista	5	
	Piratininga	10	
	Santo Antônio	0	
Serra Grande	0		
Pendotiba	Badu	5	17

	Cantagalo	9	
	Ititioca	7	
	Largo da Batalha	19	
	Maceió	10	
	Maria Paula	2	
	Matapaca	3	
	Sapê	8	
	Vila Progresso	4	
Praias da Baía	Boa Viagem	0	25,6
	Cachoeira	2	
	Centro	13	
	Charitas	9	
	Fátima	0	
	Gragoatá	0	
	Icaraí	5	
	Ingá	1	
	Jurujuba	18	
	Morro do Estado	4	
	Pé Pequeno	2	
	Ponta D'Areia	0	
	Santa Rosa	24	
	São Domingos	0	
	São Francisco	18	
Viradouro	5		
Vital Brazil	0		
Total:		395	100,00 %

Tabela 5.2 – Número de favelas por região administrativa.

Número de favelas por região administrativa	
Leste	2
Norte	34
Oceânica	28
Pendotiba	33
Praias da baía	20
Total	117

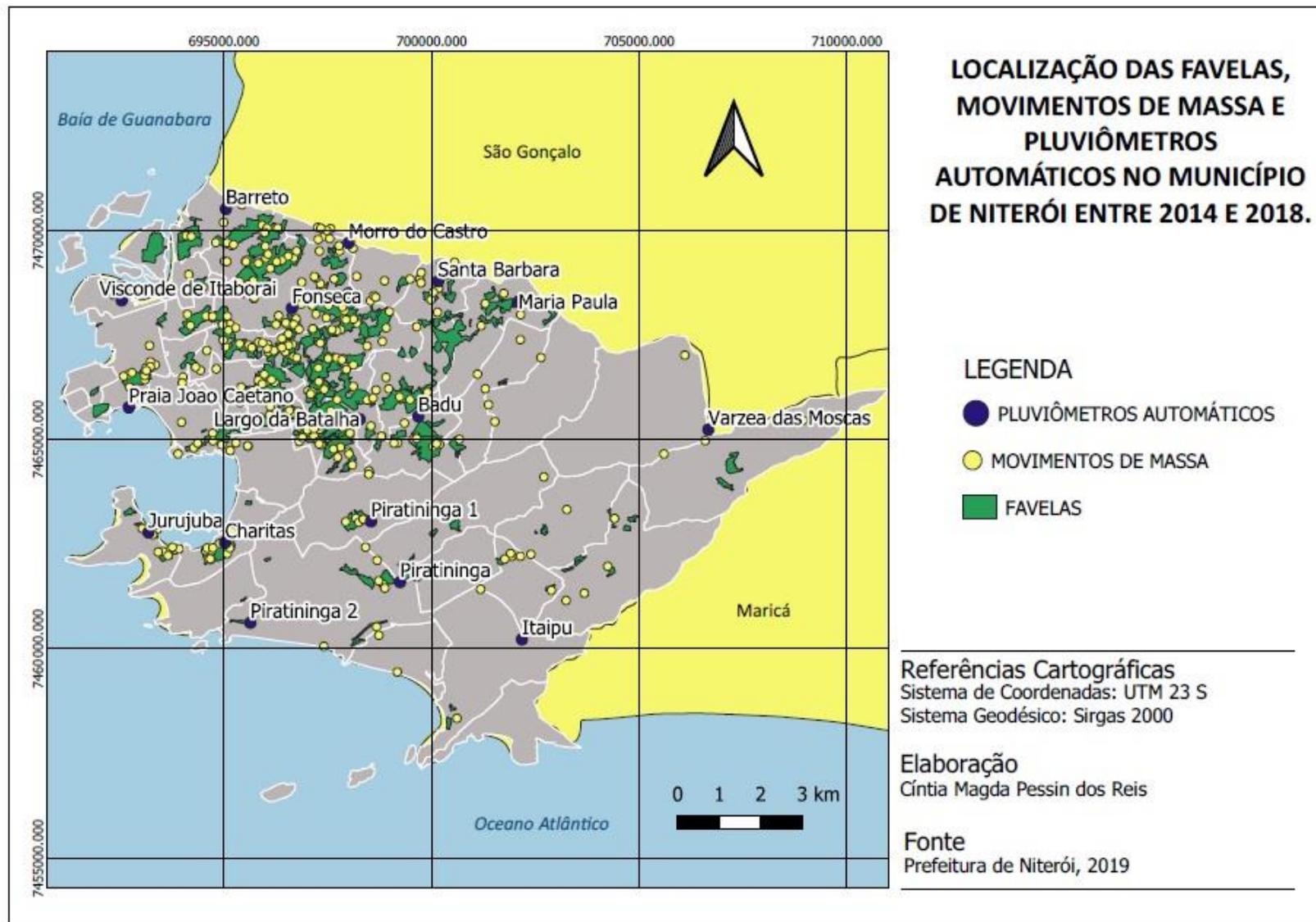


Figura 5.4 – Localização das favelas, movimentos de massa e pluviômetros automáticos no município de Niterói entre 2014 e 2018.

5.2 – Relação entre Movimentos de Massa e Classes de Chuva

A fim de relacionar as ocorrências dos movimentos de massa na cidade de Niterói com o volume pluviométrico, foram realizadas análises para verificar a quantidade de chuva nos dias dos deslizamentos e o acumulado de precipitação dos três dias anteriores ao sinistro. Todas as informações descritas abaixo se encontram também no Anexo 1.

O gráfico representado pela Figura 5.5 mostra a distribuição das ocorrências de movimentos de massa de acordo com as classes de chuvas diárias, baseadas no índice pluviométrico. Observa-se que das 98 ocorrências (24,8% do total) registradas em dias sem precipitação, em 43 (10,9%) não foram registradas chuvas nos três dias anteriores e em 33 ocorrências (8,35%) a chuva acumulada nos três dias anteriores não passou de 25 mm (Figura 5.6).

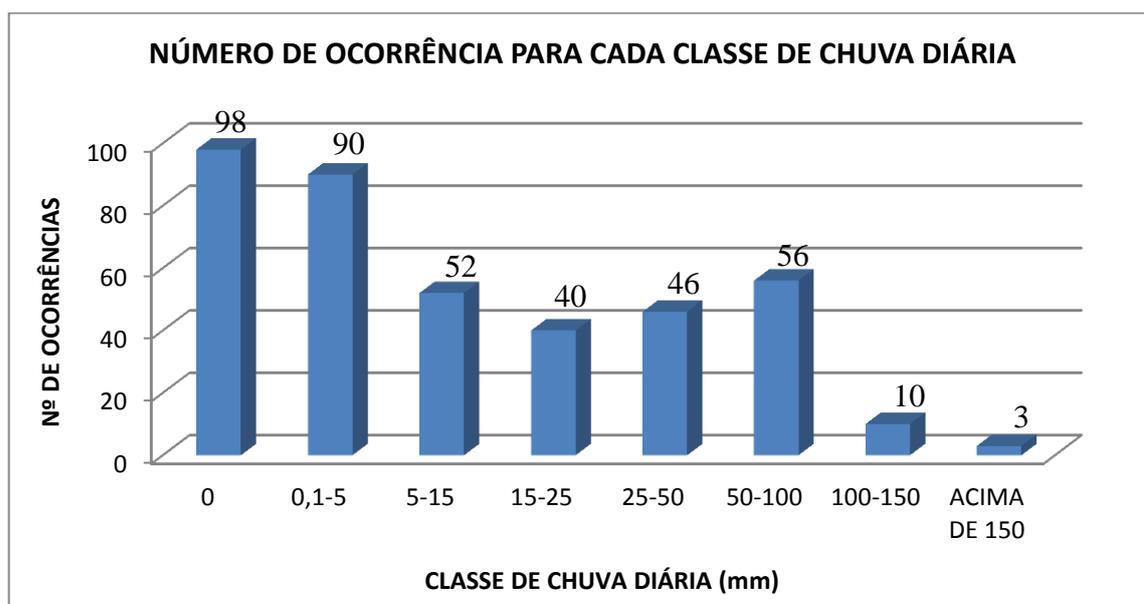


Figura 5.5 – Distribuição dos 395 registros de movimentos de massa, ocorridos entre 2014 e 2018, segundo a classe de chuva diária.

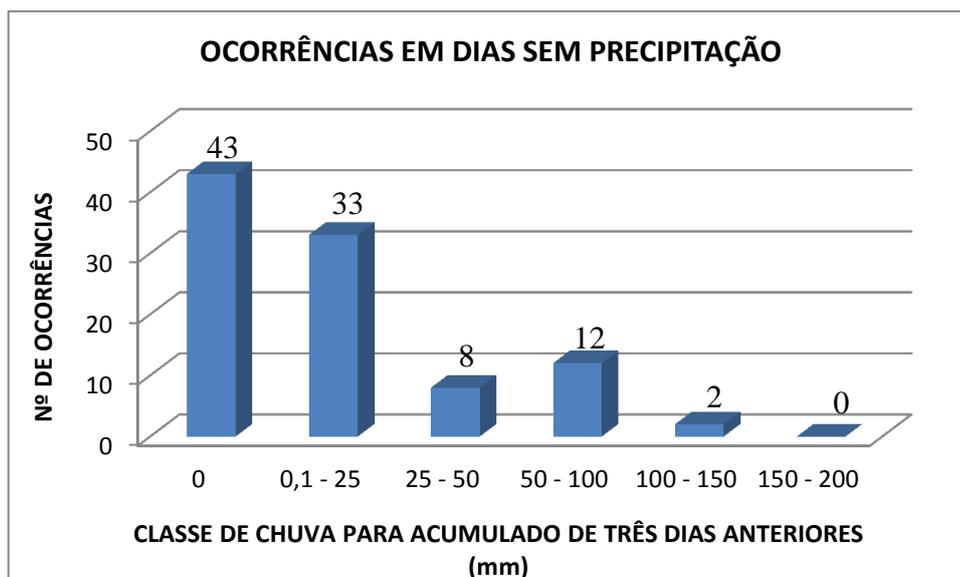


Figura 5.6 – Distribuição dos 98 registros de movimentos de massa ocorridos em dias secos por intervalo de chuvas acumuladas nos três dias anteriores, entre os anos de 2014 e 2018.

No caso dos 90 registros de movimentos de massa ocorridos em dias com precipitação entre 0,1 – 5 mm, quase metade dos casos ocorreram em dias sem acumulado pluviométrico (12 registros – 3% do total) ou com acumulados entre 0,1 – 25 mm (30 registros, ou seja, 7,6%), como mostra a Figura 5.7.

Estes elevados percentuais de registros de movimentos de massa com pouco ou nenhuma precipitação no dia do evento e nos dias anteriores apontaria que a precipitação não seria o único agente desencadeador dessas ocorrências, ainda mais considerando o grau de urbanização. Entretanto, isso não é evidenciado na prática, o que leva a crer que os conjuntos de dados podem conter falhas, tanto em relação ao volume de precipitação registrado pelos pluviômetros, quanto em relação à data de registros de ocorrência de movimentos de massa.

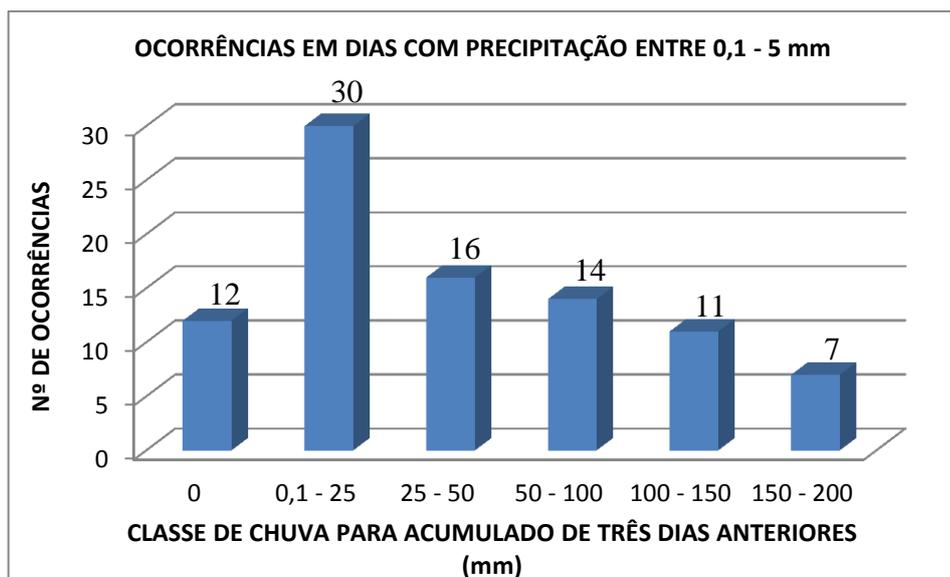


Figura 5.7 – Distribuição dos 90 registros de movimentos de massa ocorridos em dias com precipitação entre 0,1 – 5 mm em cada intervalo de chuvas acumuladas de três dias, entre os anos de 2014 e 2018.

No caso das 52 ocorrências (13,2%) registradas em dias com precipitação entre 5 – 15 mm, 18 (4,5%) registros ocorreram após acumulado de chuva entre 25 – 50 mm (Figura 5.8). Apesar do valor diário ser considerado relativamente baixo, o acumulado de três dias de chuva apresentou valores relativamente moderados a altos.

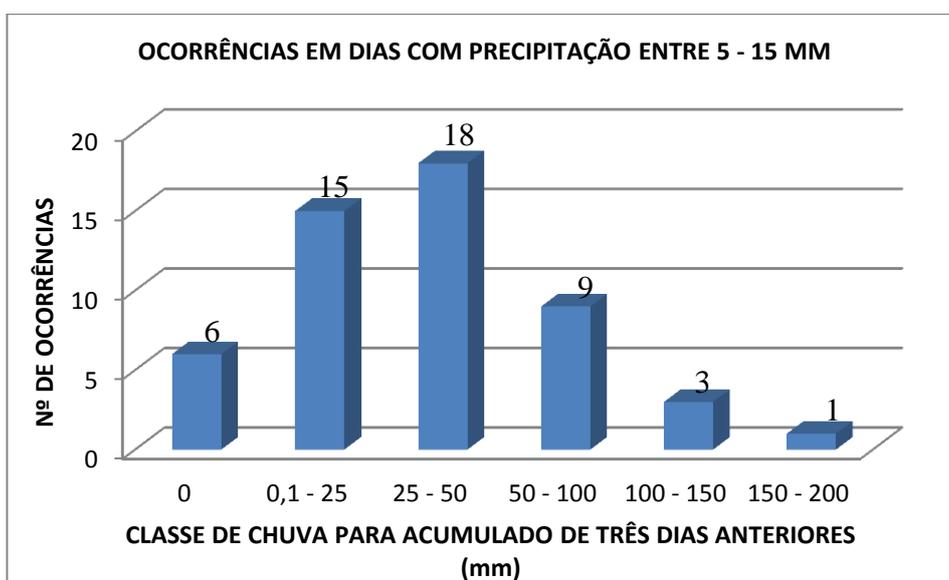


Figura 5.8 – Distribuição dos 52 registros de movimentos de massa ocorridos em dias com precipitação entre 5 – 15 mm em cada intervalo de chuvas acumuladas de três dias, entre os anos de 2014 e 2018.

Dentre os 40 registros de movimentos de massa (10,1%) que ocorreram em dias com precipitação entre 15 – 25 mm (Figura 5.9), quase metade das ocorrências (16, ou seja, 4%) foi registrada em dias com acumulado pluviométrico de três dias na faixa entre 25 – 50 mm.

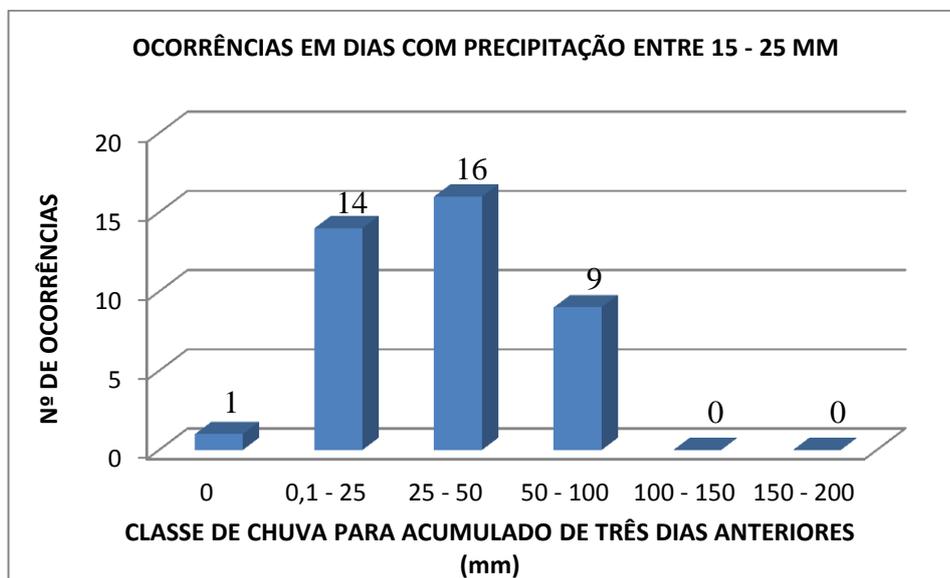


Figura 5.9 – Distribuição dos 40 registros de movimentos de massa ocorridos em dias com precipitação entre 15 – 25 mm em cada intervalo de chuvas acumuladas de três dias, entre os anos de 2014 e 2018.

No intervalo de classes de chuva diárias entre 25 – 50 mm foram contabilizados 46 registros (11,6%) de movimentos de massa. Neste caso, a maioria dos eventos (30 – 7,6% do total) ocorreu após acumulados de três dias de precipitação entre 0,1 – 25 mm, conforme o gráfico apresentado na Figura 5.10.

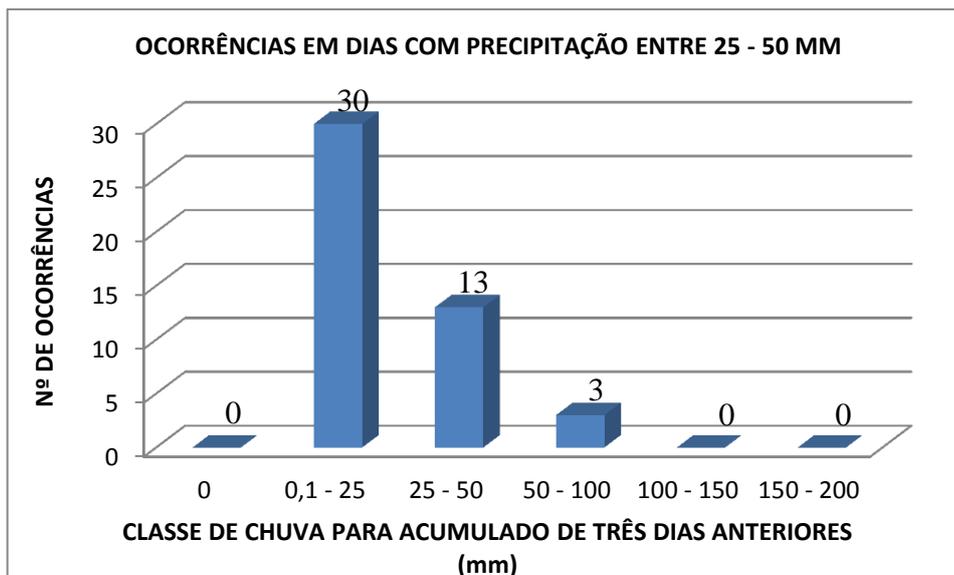


Figura 5.10 – Distribuição dos 46 registros de movimentos de massa ocorridos em dias com precipitação entre 25 – 50 mm em cada intervalo de chuvas acumuladas de três dias, entre os anos de 2014 e 2018.

Das 56 ocorrências (14,1%) registradas em dias com precipitação variando entre 50 – 100 mm, 24 casos (6%) ocorreram após acumulados de três dias de chuva com valores entre 50 – 100 mm (Figura 5.11).

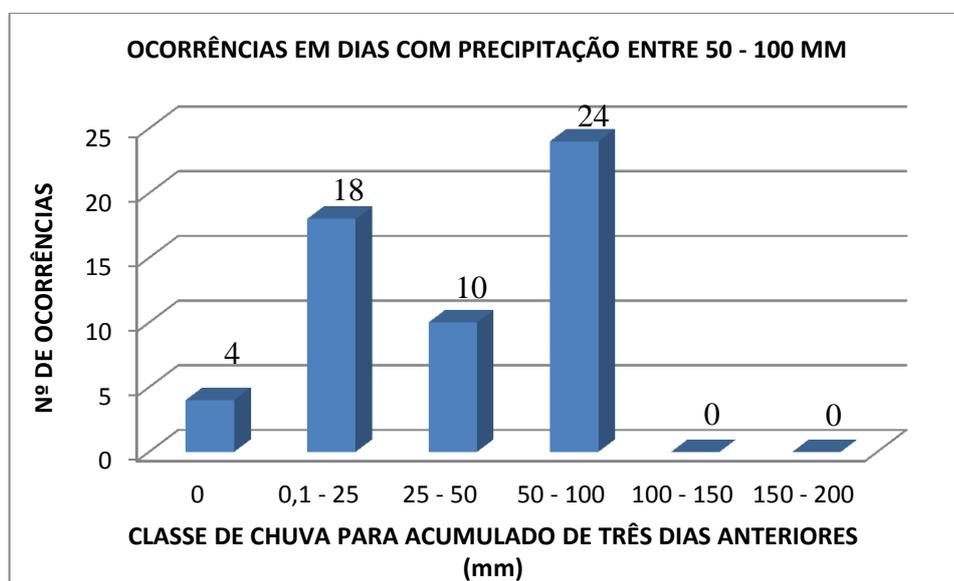


Figura 5.11 – Distribuição dos 56 registros de movimentos de massa ocorridos em dias com precipitação entre 50 – 100 mm em cada intervalo de chuvas acumuladas de três dias, entre os anos de 2014 e 2018.

No penúltimo intervalo de chuva diária, entre 100 – 150 mm, houve registro de 10 ocorrências (2,5%), onde 7 (1,8%) delas não houve chuva acumulada nos três dias que antecedem os deslizamentos (Figura 5.12).

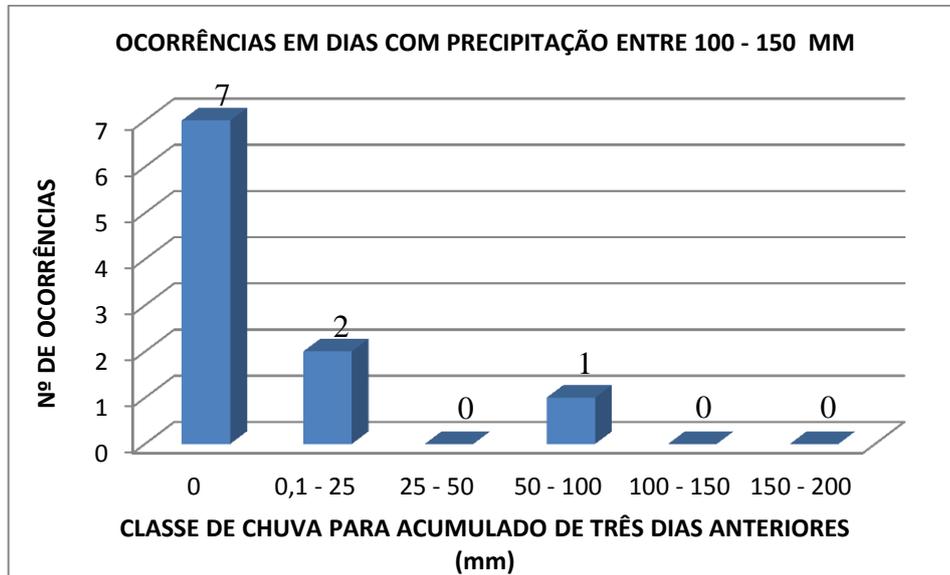


Figura 5.12 – Distribuição dos 10 registros de movimentos de massa ocorridos em dias com precipitação entre 100 – 150 mm em cada intervalo de chuvas acumuladas de três dias, entre os anos de 2014 e 2018.

Por fim, no último intervalo de chuvas diárias, ou seja, dias com precipitação acima de 150 mm, foram registradas apenas 3 (0,7%) ocorrências (0,7%). Todas foram registradas em dias sem que houvesse acumulado pluviométricos nos dias anteriores (Figura 5.13).

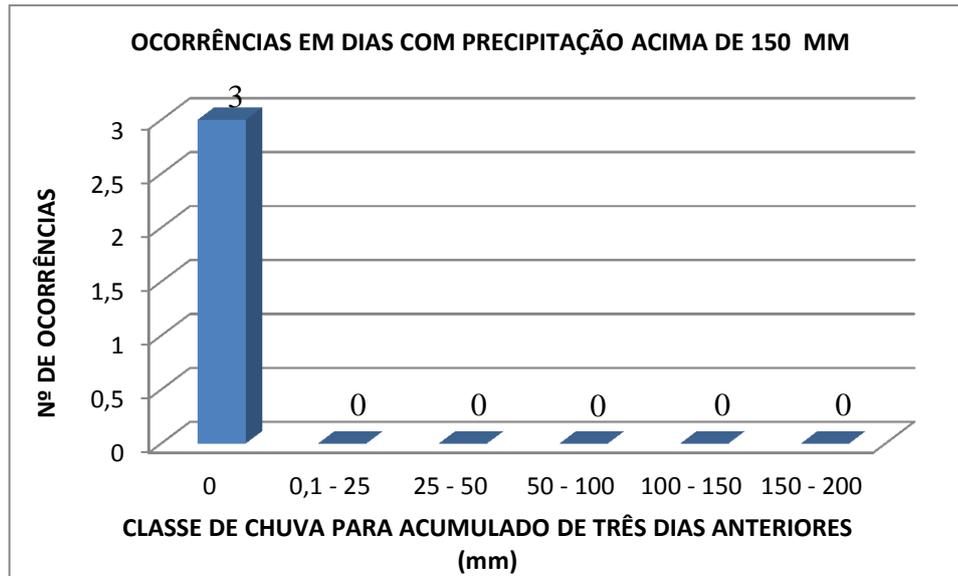


Figura 5.13 – Distribuição dos 3 registros de movimentos de massa ocorridos em dias com precipitação acima de 150 mm em cada intervalo de chuvas acumuladas de três dias, entre os anos de 2014 e 2018.

Após a verificação dos valores de precipitação no dia das ocorrências e nos três dias anteriores, foi elaborado um gráfico com o intuito de mostrar a distribuição das ocorrências de movimentos de massa em relação aos respectivos volumes acumulados de chuva (Figura 5.14). A expectativa era que este gráfico apresentasse uma concentração maior de pontos na região do gráfico formada pela combinação de valores altos de pluviometria no dia da ocorrência de movimentos de massa com valores baixos de pluviometria acumulada nos três dias anteriores (porção superior à esquerda) até a combinação de valores baixos de pluviometria no dia da ocorrência de movimentos de massa com valores altos de pluviometria acumulada nos três dias anteriores (porção inferior e à direita). Porém, isso não foi observado. Como é possível notar, a maioria dos pontos se aglomerou na parte inferior e à esquerda do gráfico, mostrando que ocorreram com baixos valores de precipitação diária e acumulada nos três dias anteriores. Como reportado anteriormente, esse resultado pode apontar que existem falhas tanto na medição pluviométrica quanto nos registros de movimentos de massa.

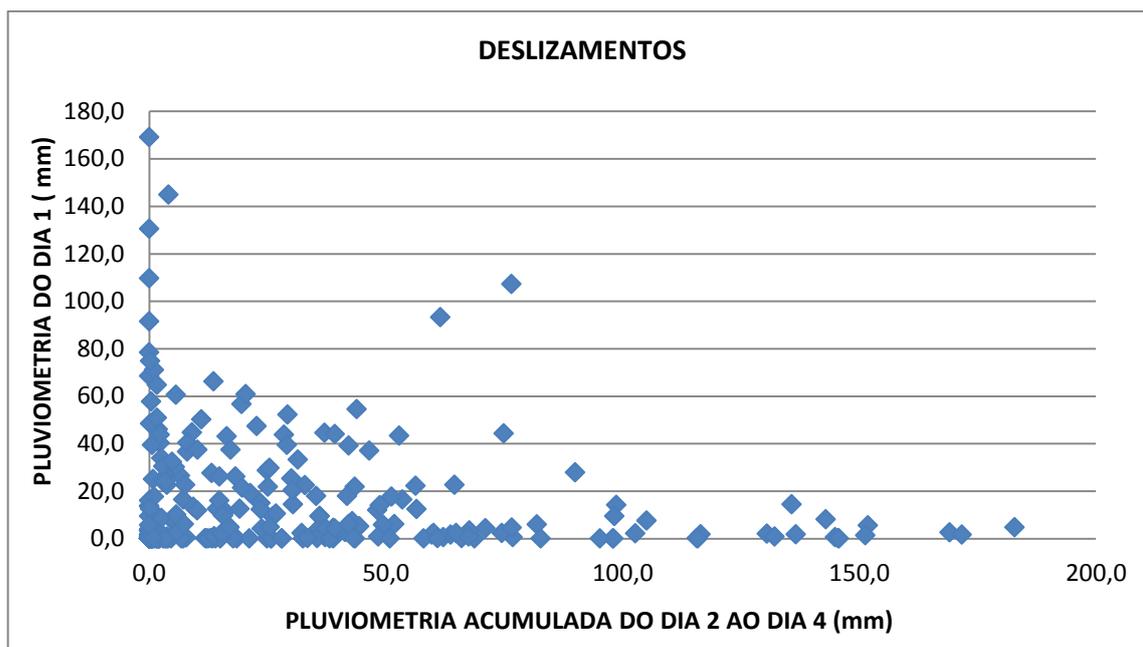


Figura 5.14 – Distribuição dos registros de movimento de massa em relação ao volume diário e o volume acumulado de precipitação, entre os anos de 2014 e 2018.

5.3 – Relação entre Movimentos de Massa e Chuvas Intensas

Nesta terceira parte dos resultados, buscou-se conhecer os valores de pluviometria característicos de chuvas intensas ocorridas no município de Niterói no período estudado, bem como verificar a existência de uma possível correlação com uma maior incidência de movimentos de massa nos dias em que ocorreram esses episódios de chuva.

Foram consideradas chuvas intensas aquelas acima do percentil 99, tal qual foi adotado no trabalho da Dereczynski *et al.* (2009) para o município vizinho do Rio de Janeiro. O cálculo foi realizado individualmente em cada pluviômetro ativo de Niterói (Figura 5.15). Vale ressaltar que cada pluviômetro apresentou um valor diferente para o percentil 99. Isso ocorreu devido à distribuição espacial das chuvas e as falhas de cada aparelho.

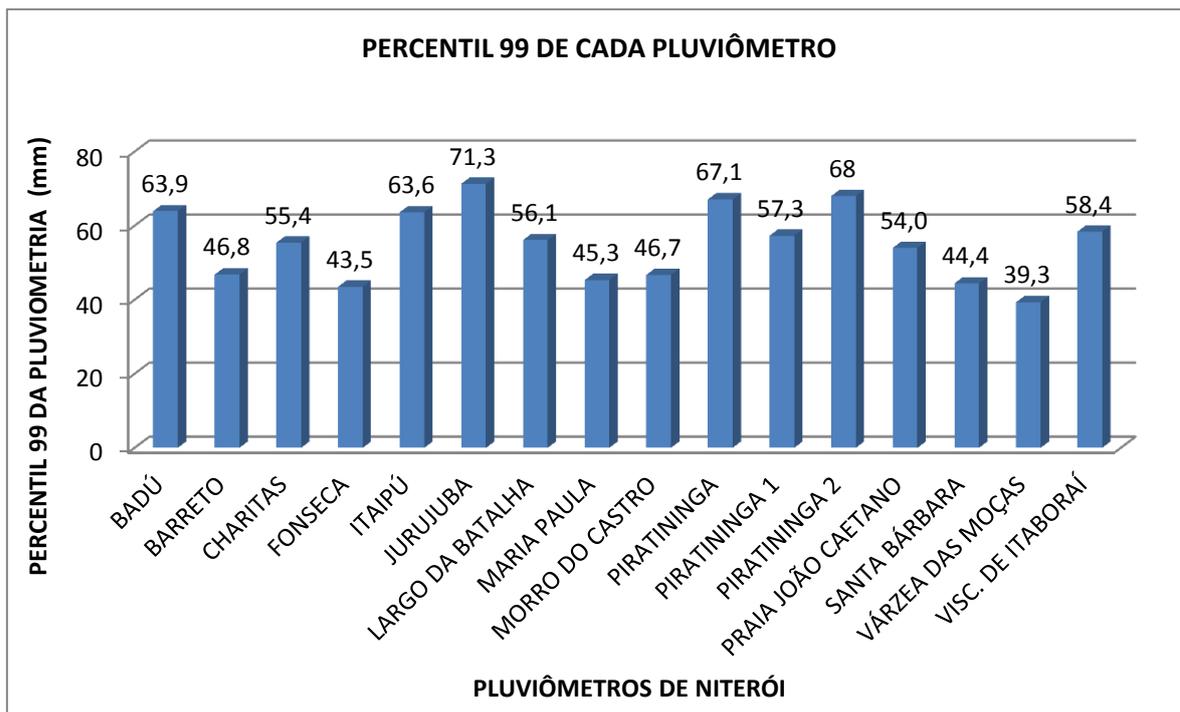


Figura 5.15 – Totais pluviométricos diários correspondentes ao percentil 99 para os pluviômetros ativos do município de Niterói, entre os anos de 2014 e 2018.

Como é possível notar na Figura 5.15, para todos os pluviômetros a precipitação correspondente ao percentil 99 foi acima de 39,3 mm. Por esta razão, adotou-se o limiar 39 mm/dia para a definição dos episódios de chuvas intensas para todo o município.

Outra observação a respeito dos valores do percentil 99 é em relação à distribuição espacial. Todos os pluviômetros localizados no litoral do município, nas regiões das Praias da Baía e Oceânica (Charitas, Itaipú, Jurujuba, Piratininga, Piratininga 1, Piratininga 2, Praia João Caetano e Visconde de Itaboraá) e os da região de Pendotiba (Badú e Largo da Batalha), situados em uma área mais elevada, apresentaram valores entre 54 mm e 71,3 mm. Já os pluviômetros localizados no interior do município, nas regiões Norte e Leste (Barreto, Fonseca, Maria Paula, Morro do Castro, Santa Bárbara e Várzea das Moças), apresentaram percentil 99 mais baixos, variando entre 39,3 mm e 46,8 mm (Figura 5.16).

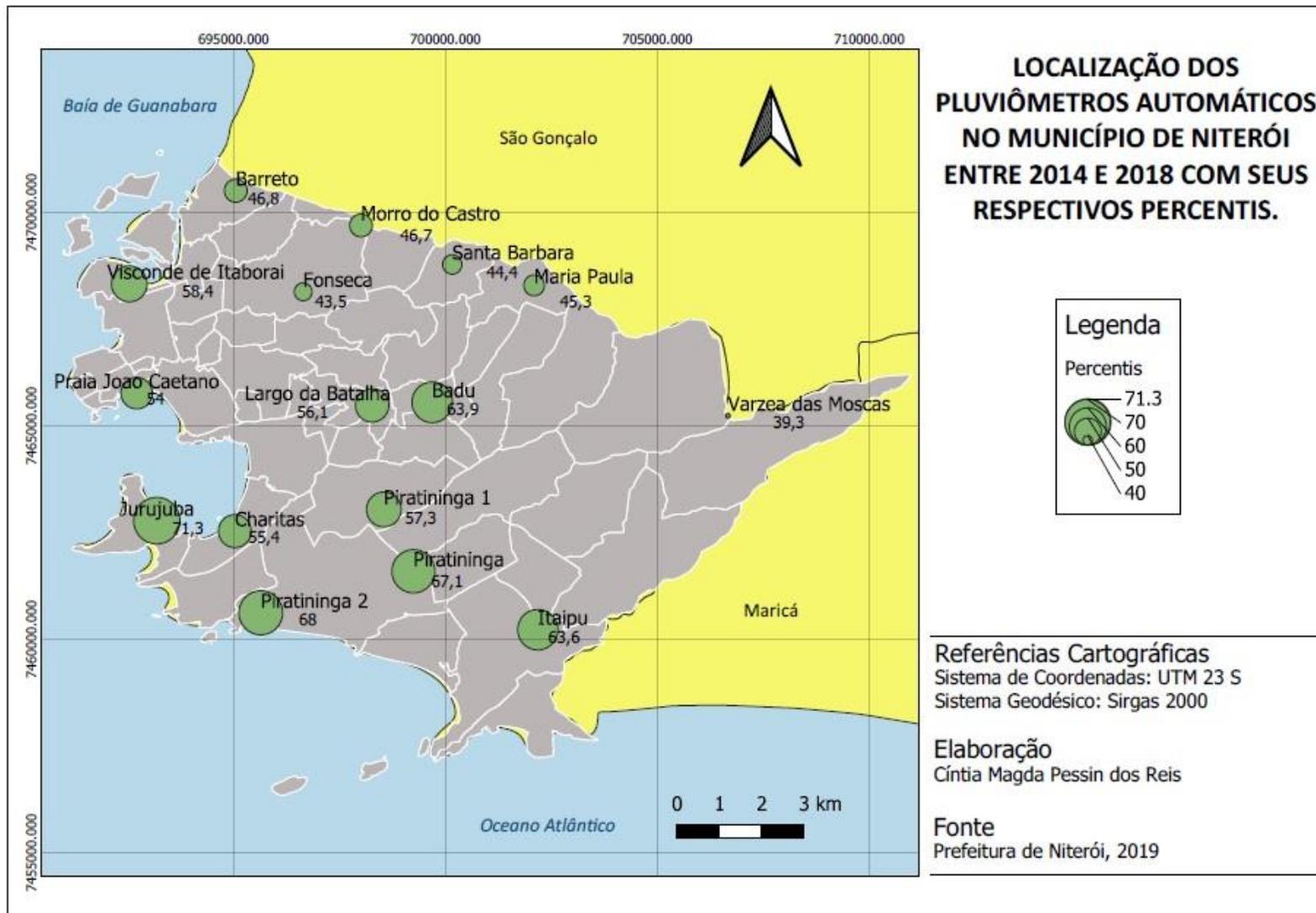


Figura 5.16 – Distribuição geográfica dos pluviômetros automáticos com seus respectivos percentis.

Após a determinação do percentil 99 para todo o município foi possível verificar em cada pluviômetro o número de dias que apresentaram chuva intensa (≥ 39 mm/dia), chuva não intensa (maior que zero e menor que 38,99 mm/dia) e dias sem chuva (0 mm). Em seguida, fez-se a distribuição das 395 ocorrências de movimentos de massa segundo essas classes de intensidade de chuva (Tabela 5.2 e Figura 5.17).

Vale ressaltar que, ao comparar esses resultados com os resultados apresentados no trabalho da Dereczynski *et al.* (2009), pode-se notar a variabilidade dos valores dos percentis, já que no trabalho referente à cidade do Rio de Janeiro, os autores estipularam como percentil 99 o valor de 30 mm/dia. É importante destacar que o município do Rio apresenta pluviômetros com uma série histórica maior e com dados mais completos e com menos falhas do que os aparelhos de Niterói. Além disso, essa variabilidade de valores também pode ser explicada pelo fato do Rio de Janeiro apresentar maciços costeiros elevados que interferem na pluviometria da cidade, o que não acontecem em Niterói.

Tabela 5.2 – Número de dias de chuva intensa, não intensa, sem chuva e as respectivas quantidades de ocorrências de movimentos de massa por ano.

Ano	2014	2015	2016	2017	2018
A) N° de dias com chuva intensa (≥ 39 mm)	4	10	18	8	13
B) N° de dias com chuva não intensa (0,2 até 38,99 mm)	173	238	231	229	241
C) Porcentagem de dias com chuva intensa em relação ao total de dias com chuva	2,3%	4%	7,2%	3,4%	5,1%
D) N° de dias sem chuva (0 mm)	188	117	117	128	111
E) N° total de ocorrências de movimento de massa no ano	5	104	172	36	78
F) N° total de ocorrências de movimento de massa em dias com chuva intensa (≥ 39 mm)	1	4	48	7	31
G) N° total de ocorrências de movimento de massa em dias com chuva não intensa (0,2 até 38,99 mm)	3	83	111	24	46
H) Porcentagem de ocorrências de movimento de massa em dias de chuva intensa, em relação ao total de movimentos de massa	20%	3,8%	27,9%	19,4%	39,7%
I) Porcentagem de ocorrências de movimentos de massa em dias de chuva não intensa em relação ao total de movimentos de massa	60%	79,8%	64,5%	66,6%	59%

J) Nº total de ocorrências de movimento de massa em dias sem chuva (0 mm)	1	17	13	5	1
L) Valor médio de ocorrências de movimento de massa em dia de chuva intensa (≥ 39 mm)	0,25	0,40	2,67	0,88	2,38
M) Valor médio de ocorrências de movimento de massa em dia de chuva não intensa (0,2 até 38,99 mm)	0,02	0,35	0,48	0,10	0,19
N) Valor médio de ocorrências de movimentos de massa em dia sem chuva (0 mm)	0,01	0,15	0,11	0,04	0,01
O) Valor médio de ocorrências de movimentos de massa em dia de chuva não intensa ou sem chuva (0 mm até 38,99 mm)	0,01	0,28	0,36	0,08	0,13
P) Razão entre os valores médios de ocorrências de movimento de massa em dia de chuva intensa e dia de chuva não intensa	12,5	1,14	5,56	8,8	12,5
Q) Porcentagem de ocorrências de movimento de massa em dias com chuva intensa, em relação ao total (≥ 39 mm)	20%	3,8%	27,9%	19,4%	39,7%

Apesar da variabilidade dos valores por ano, é possível notar que os valores médios de movimentos de massa em dias com chuva intensa (item L) são, de uma forma geral, significativamente superiores (com exceção do ano de 2015) aos valores médios de movimentos de massa em dias de chuva não intensa ou sem chuva (item O). Observou-se que a razão entre os valores médios de movimentos de massa em dia de chuva intensa e dia de chuva não intensa (item P) variou de 1,14 a 12,5, com média de 8,1. Esse fato comprova que há consideravelmente maior incidência de movimentos de massa nos dias de chuvas intensas, ou seja, com precipitação diária igual ou superior à 39 mm. Também foi possível notar que o percentual de movimentos de massa em dias de chuva intensa (item H) variou de 3,8% à 39,7%, com média de 22,16%, sendo que os dias de chuva intensa corresponderam a uma parcela pequena do total de dias de chuva (item C), 2,3% à 7,2%, com média de 4,4%.

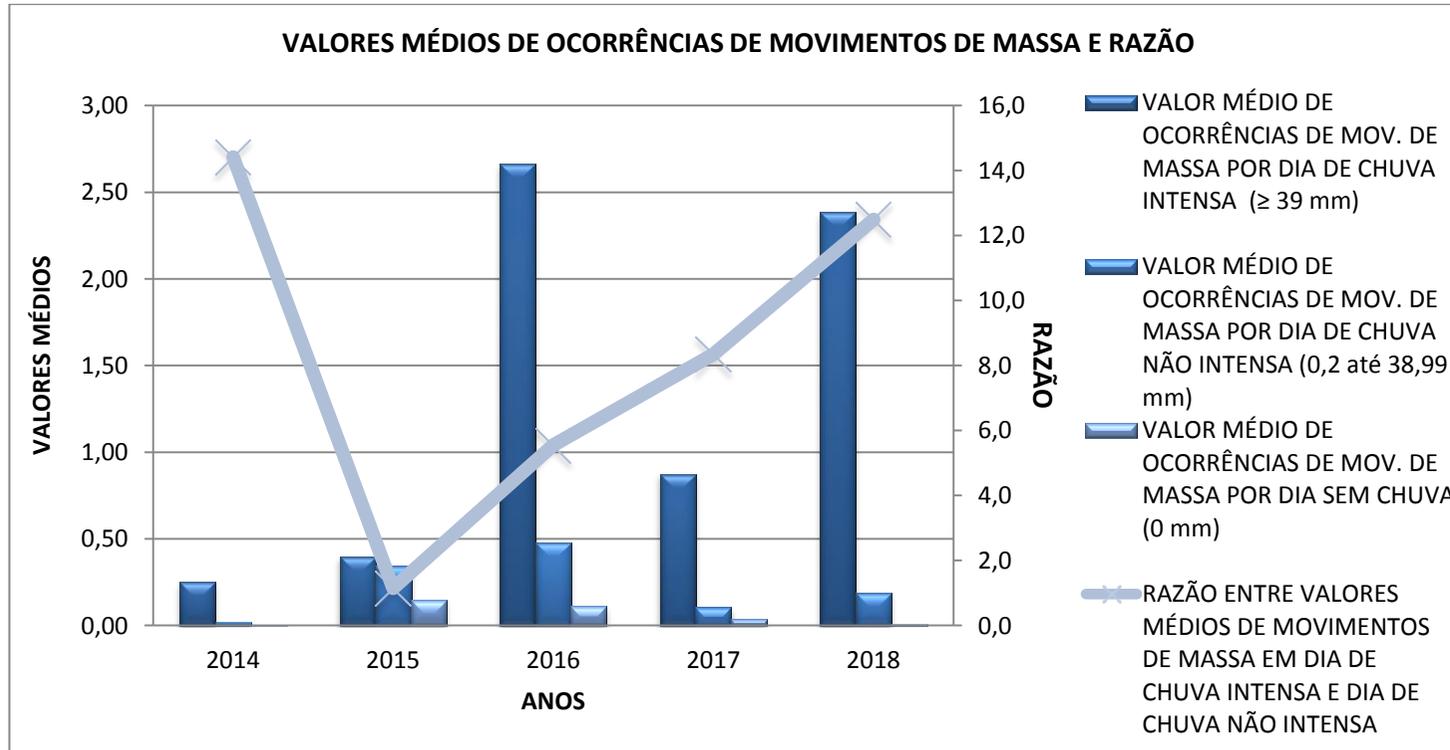


Figura 5.17 – Valores médios das ocorrências de movimentos de massa e a razão entre os valores médios.

CAPÍTULO VI – CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS FINAIS

O município de Niterói tem recebido nas últimas décadas uma série de investimentos em segurança e defesa civil. No entanto, só muito recentemente, houve maiores investimentos no monitoramento de movimentos de massa e pluviosidade.

Mesmo com as deficiências dos dados pluviométricos e dos registros de movimentos de massa, optou-se por realizar esta análise como meio de verificar a influência das chuvas intensas no desencadeamento de movimentos de massa no município de Niterói, com base nas informações que foram disponibilizadas para este trabalho.

Após a análise da ocorrência de movimentos de massa no município de Niterói no período compreendido entre os anos de 2014 e 2018, foi possível concluir que as ocorrências de movimentos de massa se concentram nos meses de primavera e verão (entre setembro e março) quando o volume pluviométrico é mais elevado. Além disso, também foi possível notar que as ocorrências seguiram a dinâmica pluviométrica anual do município, ou seja, os anos que apresentaram valores de precipitação anuais mais elevados, conseqüentemente apresentaram maior número de registros de ocorrências.

Quanto à distribuição geográfica dos movimentos de massa no município, foi possível verificar que os registros se concentraram principalmente em dois bairros da Região Norte, Caramujo e Fonseca, caracterizados por apresentarem um grande número de comunidades carentes, que se formaram ao longo das décadas sem o devido planejamento urbano, recebendo moradores que construíram suas casas em áreas naturalmente suscetíveis a movimentos de massa.

Ao analisar a relação dos acumulados de chuvas diárias e dos três dias anteriores com os registros de movimentos de massa, notou-se que uma parte significativa dessas ocorrências foi registrada em dias com poucos volumes de precipitação, mesmo nos dias anteriores, não se configurando num cenário típico para a deflagração de desses fenômenos. Este panorama levou a crer que as falhas encontradas nos registros de precipitação (dias e meses sem medições de chuva) como as falhas nas informações quanto às datas dos movimentos de massa podem ter prejudicado esses resultados. Apesar disso, um número razoável de ocorrências apontou que há uma relação direta entre os movimentos de massa e a precipitação no município.

Ao analisar a influência da precipitação intensa (percentil 99 = 39mm/dia) no desencadeamento dos movimentos de massa, chegou-se à conclusão que há uma influência

dessas chuvas na ocorrência desses fenômenos. O percentual de deslizamentos em dias de chuvas intensas variou de 3,8% à 39,7% em relação ao total de eventos. A razão entre os valores médios de movimentos de massa em dia de chuva intensa e dia de chuva não intensa apresentou valor médio de 8,1.

Cabe ressaltar que durante a elaboração do estudo foram encontradas dificuldades tanto para se trabalhar com os dados de precipitação como com os dados da Defesa Civil. Os pluviômetros automáticos só foram instalados na cidade pelo CEMADEN no final do ano de 2013, ou seja, um período curto para se obter resultados mais exatos sobre a dinâmica pluviométrica do município. Além disso, os dados pluviométricos contêm diversas falhas de medições e períodos sem que haja qualquer informação sobre a pluviometria. Apesar da Defesa Civil estar empregando melhorias em sua equipe técnica, as informações sobre os registros de ocorrências também ainda apresentam muitas falhas, como informações contraditórias, ausência de relatórios de vistorias e informações incompletas sobre os movimentos de massa e suas datas de ocorrência.

Mesmo com os contratemplos encontrados durante o estudo, espera-se que o trabalho contribua para entender a relação entre pluviometria e movimentos de massa no município de Niterói para, através de futuras pesquisas, avançar na definição racional de limiares de chuva para a emissão de alerta de iminência de movimentos de massa para a população e órgãos de gestão de risco municipal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. A. A cidade e os temporais: uma relação antiga. In: **Tormentas Cariocas – Seminário de Prevenção e Controle dos Efeitos dos Temporais no Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, 1997.

AGÊNCIA DE NOTÍCIAS IBGE. **IBGE divulga as estimativas da população dos municípios para 2019** <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/25278-ibge-divulga-as-estimativas-da-populacao-dos-municipios-para-2019>> Acesso em 28 de maio de 2020.

A.N.A. Agência Nacional de Águas. **Séries históricas e estações**. Disponível em <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>> Acesso em: 15 de agosto de 2019.

ALCÁNTARA-AYALA, I. Geomorphology, Natural Hazards, Vulnerability and Prevention of Natural Disasters in Developing Countries. **Geomorphology**, v. 47, n. 2-4, p. 107-124, 2002.

ALERTA RIO. **Sistema de alerta da Prefeitura do Rio de Janeiro**. Disponível em: <alertario.rio.rj.gov.br>. Acesso em 30 de maio de 2019.

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

ANDRADE, J. P. M. DE. **Previsão hidrometeorológica visando sistema de alerta antecipado de cheias em bacias urbanas**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 2006.

AUGUSTO FILHO, O. Caracterização Geológico-Geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica. In: **I Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas**. Rio de Janeiro, 1992. pp. 721-733

AVELAR, S. A. NETTO, A. L. C., LACERDA, W. A., BECKER, L. B., MENDONÇA, M. B. **Mechanisms of the recent catastrophic landslides in the mountainous range of Rio de Janeiro, Brazil.** *Proceedings of the Second World Landslide Forum*, Roma, 2011.

BARATA, F.E. Landslides in tropical Region of Rio de Janeiro. In: **Proceedings of 7th International Conference of Soil Mechanics and Foundation Engineering.** v.2, 5a sessão, pp. 507-516, Mexico City, Mexico, 1969.

BRAND, E.W., PREMCHITT, J., PHILLIPSON H. B. Relationship between rainfall and landslides in Hong Kong. In: **Proceedings of 4th International Symposium on Landslides,** v.1, pp. 377–384, Toronto, Canada, 1984.

BRASIL. Instrução normativa nº 02, de 20 de Dezembro de 2016. Disponível em: <http://www.mi.gov.br/web/guest/defesacivil/legislações>

BRASIL, Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios.** Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, organizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Anuário Brasileiro de Desastres Naturais: 2013.** Brasília: CENAD, 2014.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Departamento de Prevenção e Preparação. **Módulo de formação: noções básicas em proteção e defesa civil e em gestão de riscos: livro base.** Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, Departamento de Minimização de Desastres. – Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2017.

BRASIL, Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINTPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nºs 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239,

de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm>. Acesso em 10 de outubro de 2019.

CALBETE, N. O.; CALBETE, S. R.; ROZANTE, J. R.; LEMOS, C. F. **Precipitações intensas ocorridas no período de 1986 a 1996 no Brasil**. 1996. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br>>. Acesso em 30 de abril de 2019.

CAMPBELL, R. H. Soil slips, debris flows, and rainstorms in the Santa Mônica Mountains and vicinity, southern California. In: **US Geological Survey Professional**, Paper # 851, pp. 51, U.S. Government Printing Office, Washington DC, 1975.

CARDONA, O.D. 1996. El manejo de riesgos y los preparativos para desastres: compromiso institucional para mejorar la calidad de vida. In: MASKREY, A. (Ed.) Desastres: modelo para armar. Colección de piezas de n rompecabezas social. 1996, cap.9. Disponível em: <<https://www.desenredando.org/public/libros/1996/dma/html/7cap9.htm>>. Acesso em 20 de janeiro de 2020.

CARVALHO, C. S., GALVÃO, T. **Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais**. Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006.

CASTRO, A. L. C. Glossário de defesa civil: estudo de riscos e medicina de desastres. Brasília: MPO/ Departamento de Defesa Civil, 1998. 283 p.

CASTRO, A. L. C. Manual de planejamento em defesa civil. Vol.1. Brasília: Ministério da Integração Nacional/Departamento de Defesa Civil, 1999. 133 p.

CASTRO, V. M. **Estudo sobre a estabilidade da encosta do morro de Sapinhatuba I, Angra dos Reis, RJ**. 2012. 76 f. Projeto de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 2012.

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais. **O Alerta**. 2020. Disponível em: <<https://www.cemaden.gov.br/o-alerta/>> Acesso em: 05 de fevereiro de 2020.

CLIMATE-DATA. **Clima: Niterói**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/rio-de-janeiro/niteroi-1772/>>. Acesso em 03 de março de 2019.

CLIMATEMPO. **Climatologia**. Disponível em <<https://www.climatempo.com.br/climatologia/313/niteroi-rj>> Acesso em: 10 de outubro de 2020.

COBRADE - CLASSIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO BRASILEIRA DE DESASTRES. 2012. Disponível em: <https://defesacivil.es.gov.br/Media/defesacivil/Publicacoes/Simbologia%20dos%20Desastres.pdf> Acesso em 12 de fevereiro de 2020.

COLÚVIO. **Avaliação geológica e geotécnica de alternativas de traçados para ferrovia (Miguel Burnier/MG e Campos/RJ)**. Disponível em: <<http://coluvio.com.br/avaliacao-geologica-e-geotecnica-de-alternativas-de-tracados-para-ferrovia-miguel-burnier-mg-e-campos-rj/>> Acesso em: 20 de novembro de 2020.

CORREIO DO BRASIL. **Rio começa a operar radar meteorológico do Sumaré**. Disponível em <<https://arquivo.correiodobrasil.com.br/rio-comeca-a-operar-radar-meteorologico-do-sumare/>> Acesso em 28 de maio de 2020.

COSTA, H. Enchentes no Estado do Rio de Janeiro – uma abordagem geral. Rio de Janeiro: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMADS, 2001. 160p.

COSTA, M. O. **Áreas de risco permanente em Niterói – o caso da Ponta d’Areia: uma visão do ontem (2010) e do hoje**. 2017. 102 f. Dissertação (Mestrado em Defesa e Segurança Civil) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 2017.

DANTAS, M. E. Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro – Brasília: CPRM, 2000. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geologia%2C-Meio-Ambiente-e-Saude/Projeto-Rio-de-Janeiro-3498.html>> Acesso em 11 de fevereiro de 2019.

DANTAS, M. E., SHINZATO, E., MEDINA, A. I. M., ET AL. Diagnóstico Geoambiental do Estado do Rio De Janeiro – Brasília: CPRM, 2000. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/17229/14/rel_proj_rj_geoambiental.pdf>. Acesso em 24 de junho de 2019.

DAVIS, E. G., NAGHETTINI, M. C. Estudo de chuvas intensas no estado do Rio de Janeiro – Brasília: CPRM, 2000. Disponível em <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/17229/12/rel_proj_rj_chuvas.pdf>. Acesso em 03 de março de 2019.

DERECZYNSKI, C. P., CALADO, R. N., BARROS, A. B. Chuvas extremas no município do Rio de Janeiro: histórico a partir do século XIX. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 40, n. 2, p. 17 – 30, 2017.

DERECZYNSKI, C. P., SILVA, W. L. Caracterização climatológica e tendências observadas em extremos climáticos no estado do Rio de Janeiro. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 37, n. 2, p. 123 – 138, 2014.

DERECZYNSKI, C., MARENGO, J., SILVA, M. G. A. J., SANTOS, I. A. Clima e Mudanças Climáticas na Cidade do Rio de Janeiro. In: **Megacidades, Vulnerabilidades e Mudanças Climáticas: Região Metropolitana do Rio de Janeiro** (pp. 41–74). Rio de Janeiro: CST/INPE e NEPO/UNICAMP, 2011. p. 43-73.

D'ORSI, R. N. **Correlação entre pluviometria e escorregamentos no trecho da serra dos órgãos da rodovia federal BR-116 RJ (Rio-Teresópolis)**. 2011. 303 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2011.

EM-DAT. Emergency Database. OFDA/CRED – The Office of US Foreign Disaster Assistance/ Centre for Research on the Epidemiology of Disasters – Université Catholique de

Louvain, Brussels, Belgium. Disponível em: <http://www.emdat.be/> Database. Acesso 04 de abril de 2019.

ESTADÃO. Drama no Rio. Disponível em: <https://internacional.estadao.com.br/blogs/olhar-sobre-o-mundo/drama-no-rio/>
Acesso em 05 de fevereiro de 2020.

ESTADÃO. Vila Velha decreta emergência após queda de pedra: desalojados chegam a 733. Disponível em: <https://brasil.estadao.com.br/noticias/geral,mais-de-400-pessoas-ficam-desalojadas-apos-queda-de-pedra-drone-monitora-local,1817288>> Acesso em 19 de novembro de 2020.

EXTRA. Oito anos depois de tragédia no Bumba, Niterói ainda tem casas em áreas de risco. Disponível em: <https://extra.globo.com/noticias/rio/oito-anos-depois-de-tragedia-no-bumba-niteroi-ainda-tem-casas-em-areas-de-risco-22562698.html>> Acesso em: 05 de fevereiro de 2020.

EXTRA. Maior tragédia natural da história do país, com 1.700 mortos no Rio, completa 50 anos. Disponível em <https://extra.globo.com/noticias/rio/maior-tragedia-natural-da-historia-do-pais-com-1700-mortos-no-rio-completa-50-anos-21649727.html>> Acesso em 25 de agosto de 2019.

FERNANDES, N. F., AMARAL, C. P. Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (Org.) **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. Cap. 3, p. 123-194.

FERNANDES, N. F., GUIMARÃES, R. F., GOMES, R. A. T., VIEIRA, B. C., MONTGOMERY, D. R., GREENBERG, H. Condicionantes geomorfológicos dos deslizamentos nas encostas: avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, n. 1, p. 51-71, 2001.

FERREIRA, T. C. **Análise espaço-temporal do uso e cobertura do solo da Bacia Hidrográfica da Região Oceânica de Niterói – RJ: subsídio ao planejamento e gestão ambiental.** 2010. 138 f. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência Ambiental), Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 2010.

FILGUEIRAS, R. A. C., COSTA, B. C. O., CORTELETTI, R. C., GOMES, R. C., SANTOS, A. E. M., SILVA, F. M. Proposta de correlação entre pluviometria e movimentos de massa no morro do Itararé, São Vicente (SP). **XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica**, Belo Horizonte, MG, 2016.

G1. **Levantamento apontava em 2009 risco de deslizamento no Morro da Boa Esperança.** Disponível em <<https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2018/11/12/levantamento-aponta-risco-de-deslizamento-no-morro-da-bo-esperanca-desde-2009.ghtml>> Acesso em 05 de fevereiro de 2020.

GODOIS, J. V. S. **Estudo do comportamento de um escorregamento ativo na Serra da Cantareira – SP.** 2011. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geotécnica) – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2011.

GONZALEZ, F. C. G. **Probabilidade de ocorrência de movimentos de massa em função da pluviometria na bacia do Rio Quitandinha Petrópolis, RJ.** 2017. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2017.

GUIDICINI, G., NIEBLE, C. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação.** 2.ed. São Paulo: Editora Blucher, 1984.

GUZZETTI, F., PERUCCACCI, S., ROSSI, M., STARK C.P. 2007. Rainfall thresholds for the initiation of landslides in Central and Southern Europe. Disponível em:<<http://www.irpi.cnr.it>>. Acesso em 26 de março de 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. **Censo 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 07 de fevereiro de 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. **Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/niteroi/panorama> >. Acesso em 07 de fevereiro de 2019.

LEPSCH, I. F. Formação e conservação dos solos, São Paulo. Oficina de Textos, 2010.

KOBIYAMA, M., MENDONÇA, M., MORENO, D. A., MARCELINO, I.P.V. O., MARCELINO, E. V., GONÇALVES, E. F., BRAZETTI, L.L. P., GOERL, R. F., MOLLERI, G.S. F., RUDORFF, F.M. 2006. **Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos**. Curitiba: Ed. Organic Trading. 109 p. Disponível em: <<http://logatti.edu.br/images/prevencaodesastres.pdf>>. Acesso em 08 de maio de 2019.

MARCELINO, E. V. **Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos básicos**. Santa Maria: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2008.

MENDONÇA, M.B. E GUERRA, A.T., 1997. **A Problemática dos Processos Geodinâmicos frente ao Ocupação Encostas**, Anais *2nd Panamerican Symposium on Landslides*, Rio de Janeiro, vol. 2, pp.935-940.

MENDONÇA, M. B. Imagens do arquivo pessoal. Disponíveis em marco de 2020.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Capacitação em mapeamento e gerenciamento de risco. Brasília: Ministério das Cidades, 2006, 111 p.

NOGUEIRA, F. R. **Gerenciamento de riscos ambientais associados a escorregamentos: contribuição às políticas públicas municipais para áreas de ocupação subnormal**. 2002. 269f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP.

NUNES, A. J. C. Landslides in soils of decomposed rock due to intense rainstorms. In: **Proceedings of 7th International Conference of Soil Mechanics and Foundation Engineering**, v.2. 5ª sessão, pp. 547-554, Mexico City, Mexico. 1969.

OGURA, A., MACEDO, E. S. Procesos y riesgos geológicos. In: **II Curso internacional de aspectos geológicos de protección ambiental: notas de clases**. Montevideo: UNESCO, 2002. p. 112-135.

OLIVEIRA, L. C. D. **Análise quantitativa de risco de movimentos de massa com emprego de estatística bayesiana**. 2004. 541 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2004.

OLIVEIRA, N. S. **Relação entre chuva e deslizamento em Nova Friburgo/RJ**. 2014. 171 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2014.

PEDROSA, M. G. A. **Análise de correlação entre pluviometria e escorregamento de taludes**. 1994. 367 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 1994.

PICHLER, E. Aspectos geológicos dos escorregamentos de Santos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, v. 6, n. 2, p. 69-77, 1957.

PINTO, R. C.; PASSOS, E.; CANEPARO, S. C. Considerações a respeito dos condicionantes utilizados em pesquisas envolvendo movimentos de massa. **Geoingá: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia**, v. 5, n. 1, p. 102–124, 2013.

PINTO, R. L. **Um século de temporais e mudanças na paisagem em Niterói e São Gonçalo (RJ) – 1878 – 1979**. 2015. 278 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, RJ, 2015.

POPULAÇÃO. **População de Niterói**. Disponível em: <http://populacao.net.br/populacao-niteroi_rj.html>. Acesso em 10 de janeiro de 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE NITERÓI. Atlas das Unidades de Conservação do Município de Niterói. 2018. Disponível em

<https://docs.wixstatic.com/ugd/cf2ece_b33fa3dffc6f4516bd49f9fc8509e0dd.pdf>. Acesso em 26 de junho de 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE NITERÓI. Leitura técnica da revisão do plano diretor de desenvolvimento urbano de Niterói: caderno de mapas. 2015. Disponível em <http://urbanismo.niteroi.rj.gov.br/wp-content/uploads/2015/10/diagnostico-tecnico-volume-3-3_caderno_de_mapas.pdf>. Acesso em 22 de janeiro de 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE NITERÓI. Regiões de planejamento. 2014. Disponível em <http://urbanismo.niteroi.rj.gov.br/wp-content/uploads/2014/09/SMU_MapasBairros_2014.pdf>. Acesso em 20 de janeiro de 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE NITERÓI. Secretaria Municipal de Defesa Civil, 2019.

PRISTO, M. V. J., DERECHYNSKI, C. P., SOUZA, P. R., MENEZES, W. F. Climatologia de chuvas intensas no município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 4, p. 615 – 630, 2018.

REDE BRASIL ATUAL. **Comunidade em Niterói atingida por deslizamentos reclamam por ajuda**. Disponível em: <<https://www.redebrasilatual.com.br/cidades/2010/04/comunidade-em-niteroi-atingida-por-deslizamentos-reclamam-por-ajuda/>> Acesso em 05 de fevereiro de 2020.

ROSA FILHO, A.; CORTEZ, A.T.C. Os deslizamentos de encostas nas favelas em áreas de risco da “suíça brasileira”: Campos do Jordão (SP). In: **1º SIMPGEO/SP**, Rio Claro, 2008. p.587-595.

SIEBERT, C. Resiliência Urbana: Planejando as Cidades para Conviver com Fenômenos Climáticos Extremos. VI Encontro Nacional da Anppas. Belém - PA – Brasil. 2012.

SILVA, L. C., CUNHA, H. C. S. (organizadores). Geologia do Estado do Rio de Janeiro – Brasília: CPRM. 2ª edição revista em 2001. Disponível em:

<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/17229/4/rel_proj_rj_geologia.pdf>. Acesso em 11 de fevereiro de 2019.

TATIZANA, C., OGURA, A. T., CERRI, L. E. S., ROCHA, M. C. M. Análise de Correlação entre Chuvas e Escorregamentos – Serra do Mar, Município de Cubatão. In: **Anais do 5º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia**, v. 2, p. 225-236, ABGE, São Paulo, SP, 1987.

TCE – Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro. **Estudo Socioeconômico 217 – Niterói**. Coordenadoria de Comunicação Social, Imprensa e Editoração, Rio de Janeiro, 2017.

TOMINAGA, L. K. **Avaliação de metodologias de análise de risco a escorregamentos: aplicação de um ensaio em Ubatuba, SP**. 2007. 240f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

TOMINAGA, L. K., SANTORO, J., AMARAL, R. **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

UMMUS, M. E., MATOS, P. P. O., JESUS, S. C. O avanço da urbanização no município de Niterói (RJ) entre 1987 e 2007. In: **II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Informação**, 2008, Recife – PE.

UNDP – United Nations Development Programme. **Reducing disaster risk: a challenge for development**. New York, USA: UNDP, 2004. 129p.

UNDRR – United Nations Office for Disaster Risk Reduction. **Terminology**. 2019. Disponível em <<https://www.undrr.org/terminology#R>>. Acesso em 25 de novembro de 2019.

UNESP. Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE). 2001. **Riscos Geológicos**. Disponível em: <www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/riscos>. Acesso em 03 de abril de 2019.

UNESP. <<https://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09d.html>> Acesso em 25 de abril de 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012 / Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. 2. ed. rev. ampl. – Florianópolis: CEPED UFSC, 2013.

CEPED UFSC. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2012: volume Rio de Janeiro**. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: 2013.

VARNES, D. J. **Landslide hazard zonation: a review of principles and practice**. Paris: UNESCO, 1984.

VARNES, D. J. Slope movement types and processes. In: **Landslides Analysis and Control**. WASHINGTON, D. C.: National Academy of Sciences, 1978. p. 11-33.

ANEXO I – OCORRÊNCIAS DE
MOVIMENTOS DE MASSA
DISTRIBUÍDAS EM CLASSES
DE CHUVA DIÁRIA E
ACUMULADA DE TRÊS DIAS
ANTERIORES.

Chuvas do dia	Ocorrência	%	Chuva 2 à 4 dias	Ocorrências	%
Igual a 0	98	24,8	0	43	43,9
			0,1 - 25	33	33,7
			25 - 50	8	8,2
			50 - 100	12	12,2
			100 - 150	2	2,0
			150 - 200	0	0,0
0,1 - 5	90	22,8	0	12	13,3
			0,1 - 25	30	33,3
			25 - 50	16	17,8
			50 - 100	14	15,6
			100 - 150	11	12,2
			150 - 200	7	7,8
5 - 15	52	13,2	0	6	11,5
			0,1 - 25	15	28,8
			25 - 50	18	34,6
			50 - 100	9	17,3
			100 - 150	3	5,8
			150 - 200	1	1,9
15 - 25	40	10,1	0	1	2,5
			0,1 - 25	14	35,0
			25 - 50	16	40,0
			50 - 100	9	22,5
			100 - 150	0	0,0
			150 - 200	0	0,0
25 - 50	46	11,6	0	0	0,0
			0,1 - 25	30	65,2
			25 - 50	13	28,3
			50 - 100	3	6,5
			100 - 150	0	0,0
			150 - 200	0	0,0
50 - 100	56	14,2	0	4	7,1
			0,1 - 25	18	32,1
			25 - 50	10	17,9
			50 - 100	24	42,9
			100 - 150	0	0,0
			150 - 200	0	0,0
100 - 150	10	2,5	0	7	70,0
			0,1 - 25	2	20,0
			25 - 50	0	0,0
			50 - 100	1	10,0
			100 - 150	0	0,0
			150 - 200	0	0,0
Acima de 150	3	0,8	0	3	100,0

			0,1 - 25	0	0,0
			25 - 50	0	0,0
			50 - 100	0	0,0
			100 - 150	0	0,0
			150 - 200	0	0,0