



PLUVIOSIDADE CRÍTICA E ASPECTOS AGRAVANTES DE DESLIZAMENTOS NAS
ENCOSTAS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO - PERÍODO DE 1998 A 2002

Bruna Julianelli Luiz

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-graduação em Engenharia
Civil, COPPE, da Universidade Federal do
Rio de Janeiro, como parte dos requisitos
necessários à obtenção do título de Mestre
em Engenharia Civil.

Orientador: Maurício Ehrlich

Rio de Janeiro
Setembro de 2017

PLUVIOSIDADE CRÍTICA E ASPECTOS AGRAVANTES DE DESLIZAMENTOS NAS
ENCOSTAS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO - PERÍODO DE 1998 A 2002

Bruna Julianelli Luiz

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM
ENGENHARIA CIVIL.

Examinada por:

Prof. Maurício Ehrlich, D.Sc.

Prof. Willy Alvarenga Lacerda, Ph.D.

Prof. Marcos Barreto de Mendonça, D.Sc.

Dr. Ricardo Neiva D'Orsi, D.Sc.

Prof. Rogério Luiz Feijó, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL
SETEMBRO DE 2017

Luiz, Bruna Julianelli

Pluviosidade crítica e aspectos agravantes de deslizamentos nas encostas da Cidade do Rio de Janeiro - Período de 1998 a 2002 / Bruna Julianelli Luiz. – Rio de Janeiro: UFRJ/ COPPE, 2017.

XXX, 157 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Maurício Ehrlich

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE / Programa de Engenharia Civil, 2017.

Referências Bibliográficas: p. 92-98.

1. Correlação chuvas deslizamentos 2. Determinação de limiares 3. Rio de Janeiro I. Ehrlich, Maurício. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Civil. III. Título.

Dedico este trabalho à minha avó amada Hermínia Julianelli da Silva.

Amo a senhora mais que tudo neste mundo. Sinto muito sua falta.

Agradecimentos

À Deus, por sempre estar ao meu lado, me ajudando a superar todos os momentos difíceis e possibilitando chegar ao final desta longa caminhada.

À minha mãe, Edwiges Julianelli da Silva e à minha avó, Hermínia Julianelli da Silva que me deram todas as oportunidades e ferramentas possíveis para que eu tivesse sucesso. Sem o apoio delas não chegaria aonde cheguei.

À amiga Camila Galdino Mendes, companheira de dissertação, sem você trabalhando junto comigo não teria a mesma motivação neste trabalho. Obrigada pelas risadas, parceria e apoio.

Ao meu orientador, Maurício Ehrlich pelos ensinamentos e conselhos, pelo apoio durante a elaboração desta dissertação e por ter acreditado que eu conseguiria desenvolver este trabalho.

Ao meu professor Willy Alvarenga Lacerda pela atenção prestada ao longo de todo o desenvolvimento deste trabalho e pelos conselhos dados com sabedoria.

Aos funcionários da GEO-RIO, em especial ao Marcelo Aldaher, Nelson Meirim Coutinho e Ricardo Neiva D'Orsi por sempre estarem dispostos a ajudar e que nos forneceram todas as informações necessárias para que este trabalho pudesse se concretizar.

À COPPE, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia, pela oportunidade de realizar este trabalho.

Ao CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão de bolsa de apoio financeiro.

Aos professores do PEC e ao professor Marcos Barreto de Mendonça da Escola Politécnica da UFRJ pelos importantes ensinamentos transmitidos ao longo deste período.

A todas as pessoas que tenho muito carinho que contribuíram de alguma forma nesta etapa da minha vida.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

PLUVIOSIDADE CRÍTICA E ASPECTOS AGRAVANTES DE DESLIZAMENTOS NAS
ENCOSTAS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO - PERÍODO DE 1998 A 2002

Bruna Julianelli Luiz

Setembro / 2017

Orientador: Maurício Ehrlich

Programa: Engenharia Civil

Neste trabalho, analisaram-se os escorregamentos ocorridos na cidade do Rio de Janeiro no período de 1998 a 2002 e comparou-se com as análises realizadas no período de 2010 a 2012. Constatou-se que os eventos pluviométricos são a principais causas dos movimentos de massa em encostas, porém, não são os únicos fatores deflagradores destes escorregamentos. Foi observado que, no período estudado, o número de ocorrências em locais onde houve algum tipo de intervenção humana, foram superiores àquelas sem quaisquer intervenções, já o número de ocorrências nas regiões de comunidades informais é maior em relação às áreas urbanas estruturadas. Os estudos consideraram os efeitos da intensidade de chuva horária e acumulados em 96h simultaneamente e se observou que as sub-regiões da cidade não apresentam o mesmo comportamento. As análises consideraram o produto da intensidade horária e o acumulado de chuvas, IA^n , e verificaram sua correlação com o número de ocorrências de escorregamentos por km^2 de área de suscetibilidade. Foi possível notar que algumas sub-regiões apresentam maior ou menor suscetibilidade ao deslizamento em relação as outras sub-regiões devido a chuvas, geologia, ocupação e intervenção do homem.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

CRITICAL RAINFALL AND TRIGGERING FACTORS OF LANDSLIDES ON THE
SLOPES OF THE CITY OF RIO DE JANEIRO - FROM 1998 TO 2002

Bruna Julianelli Luiz

September / 2017

Advisor: Maurício Ehrlich

Department: Civil Engineering

This study analyzes the effects of rainfall in the landslides in the city of Rio de Janeiro for the years of 1998 to 2002 and the results compared to those from the years of 2010 to 2012. These results show that the rainfall events are the predominant cause of landslides; however, they are not the only triggering factor. In addition to that, a higher number of occurrences, for the period of 1998 to 2002, occurred in areas with human interventions than in areas without these interventions. Furthermore, the results also show that the number of occurrences is higher in areas with low-income communities than in other areas of the city. The analyses was made considering the product of the hourly rainfall intensity and accumulated rainfall for 96h, simultaneously, showing that the different regions in Rio de Janeiro do not have the same behavior. Additional analysis, considering the product of the hourly rainfall intensity and accumulated rainfall, IA^n , made possible to verify its correlation with the number of occurrences of landslides per km² of area susceptible to landslide. Moreover, the results also show that some regions of the city present a significantly differences susceptibility to landslide due to rainfall compared to the average behavior of the city due to their different geology, occupancy and human intervention.

SUMÁRIO

SUMÁRIO	VIII
LISTA DE FIGURAS	XII
LISTA DE TABELAS	XXVIII
LISTA DE SIGLAS.....	XXX
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Generalidades	1
1.2. Apresentação e justificativa.....	2
1.3. Objetivo.....	2
1.4. Estrutura do trabalho	3
CAPÍTULO 2	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Caracterização da cidade do Rio de Janeiro	5
2.1.1. Clima.....	5
2.1.1.1. Pluviometria	5
2.1.2. Vegetação.....	8
2.1.3. Geologia.....	10
2.1.4. Geomorfologia	10
2.1.5. Pedologia	13
2.1.6. Demografia	14
2.1.6.1. A ocupação urbana e os aglomerados.....	15
2.1.6.2. A evolução dos aglomerados	18

2.1.6.3. Principais aglomerados	22
2.2. Área de Risco.....	24
2.2.1. Gerenciamento de risco	25
2.2.2. Sistema Alerta Rio	27
2.2.3. Investimentos em contenção de encostas no Rio de Janeiro	29
2.3. Estudo de correlação entre chuvas e movimentos de massa.....	31
CAPÍTULO 3	39
3. METODOLOGIA	39
3.1. Introdução	39
3.2. Determinação da área em estudo.....	39
3.3. Levantamento dos dados	41
3.4. Área de suscetibilidade e número de deslizamento	41
3.5. Dados pluviométricos	43
3.5.1. Eventos pluviométricos significativos (EPS)	43
3.5.2. Acumulados de chuva considerados	45
3.6. Laudos técnicos da GEO-RIO	45
3.6.1. Situação da drenagem	46
3.6.2. Tipologia predominante de movimentos de massa	46
3.6.3. Volume deslizado	47
3.6.4. Tipo de ocupação	47
3.6.5. Condição da estrutura de contenção	48
3.6.6. Sítio vistoriado	48
3.6.7. Intervenção humana.....	49
3.6.8. Fatores influenciadores	49
3.7. Elaboração dos gráficos.....	49

3.8.	Nova classificação dos EPS	50
CAPÍTULO 4		54
4.	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	54
4.1.	Tipologias dos escorregamentos.....	54
4.2.	Tipo de ocupação	54
4.3.	Volumes deslizados	55
4.4.	Intervenção humana.....	56
4.4.1.	Fatores influenciadores	57
4.4.2.	Combinação de fatores	59
4.5.	Comparação com os limiares determinados por MARTINS (2014)	61
4.6.	Escorregamentos vs. intensidade horária e acumulado de chuva	63
4.6.1.	Tipo de ocupação	63
4.6.2.	Tipo de intervenção humana.....	66
4.6.3.	Fatores combinados	70
4.7.	Limiares de chuva para diferentes categorias de eventos	74
4.8.	Correlação entre número de escorregamentos e EPS	80
4.8.1.	Comparação entre 1998 a 2002 e 2010 a 2012	82
CAPÍTULO 5		88
5.	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS	88
	Correlação dos EPS vs. tipo de ocupação e intervenção.....	89
	Correlação entre EPS e o número de deslizamentos.....	90
5.1.	Recomendações e sugestões para novas pesquisas.....	91
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92

7.	ANEXO A – COMPARAÇÃO COM LIMITES DETERMINADOS POR MARTINS (2014).....	99
8.	ANEXO B – ACUMULADO VERSUS INTENSIDADE HORÁRIA - COM E SEM INTERVENÇÃO HUMANA	104
9.	ANEXO C - GRÁFICOS DE ACUMULADO VERSUS INTENSIDADE - TIPO DE OCUPAÇÃO.....	114
10.	ANEXO D - GRÁFICOS DE ACUMULADO VERSUS INTENSIDADE - CAUSAS COMBINADAS	124
11.	ANEXO E - GRÁFICOS DE ACUMULADO VERSUS INTENSIDADE – NOVA CLASSIFICAÇÃO	134
12.	ANEXO F - GRÁFICOS DA CORRELAÇÃO IA^N	144
13.	ANEXO G – LAUDO PADRÃO GEO-RIO.....	154
14.	ANEXO H – GRÁFICOS PARA ACUMULADOS DE 24H, 96H E 720H...	156

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Pluviometria para o período 1998-2002	3
Figura 1.2 – Pluviometria para o período 2010-2012	3
Figura 2.1 – Média de chuvas mensal – 2000 a 2010. (Fonte: CARNEIRO <i>et al</i> / 2012).....	6
Figura 2.2 - Mapa de distribuição dos pluviômetros do Alerta Rio. (Fonte: MARTINS 2014)	7
Figura 2.3 - Comparação entre a pluviometria mensal do Alerta Rio e INMET. (Fonte: MARTINS 2014).....	8
Figura 2.4 - Mapa geológico do Rio de Janeiro (GEO-RIO 2014)	11
Figura 2.5 - Geomorfologia no Rio de Janeiro (Fonte: FERNANDES, 1998 apud AZEVEDO, 2011).	12
Figura 2.6 - Gráfico do crescimento populacional da cidade do Rio de Janeiro entre 1872-2010. (Fonte: IBGE 2013)	15
Figura 2.7 - População residente no Rio de Janeiro entre 1991 a 2000, segundo tipos de setores. (Fonte: CEZAR 2002).....	16
Figura 2.8 - População residente em aglomerações não formais no Rio de Janeiro entre 1991 a 2000, segundo tipos de setores. (Fonte: CEZAR 2002).....	18
Figura 2.9 – Evolução da área ocupada por comunidade (km ²) (Fonte: LOPES <i>et. al.</i> 2011).....	21
Figura 2.10 - População em comunidades não formais por bairros. (Fonte: CAVALLIERI & VIAL, 2012).	23
Figura 2.11 – Investimentos em obras pela GEO-RIO de 1988 a 1996. (Fonte: GEO-RIO, 1996).....	30
Figura 2.12 – Investimentos em obras pela GEO-RIO por sub-região - 2001 a 2014. (Fonte: MARTINS, 2014)	31
Figura 2.13 – Investimentos em obras pela GEO-RIO por sub-região por km ² - 2001 a 2014.....	31
Figura 2.14 – Gráfico de pluviometria acumulada de 15 dias versus precipitação em 24h em Hong Kong (China). (Fonte: Modificada de LUMB, 1975).	32
Figura 2.15 – Curva de criticidade ao escorregamento de encostas induzidos por chuva na Serra de Cubatão / SP (TATIZANA <i>et al.</i> ,1987a,b)	34

Figura 2.16 - Gráfico de tempo vs chuva acumulada, para determinação de limiares de corrida de detritos e grandes deslizamentos. Fonte: KANJI <i>et. al.</i> (2003).	36
Figura 2.17 – Curvas de criticidade para limites superiores (85%) das categorias de eventos determinadas por MARTINS 2012. (Fonte: MARTINS, 2014)	38
Figura 3.1 – Divisão da cidade do Rio de Janeiro estabelecida pela GEO-RIO40	
Figura 3.2 – Mapa de suscetibilidade a deslizamento da cidade do Rio de Janeiro (Fonte: Modificado de GEO-RIO 2014)	42
Figura 3.3 – Localização das 33 estações do Alerta Rio na cidade do Rio de Janeiro (Fonte: Sistema Alerta Rio e Google Earth)	43
Figura 3.4 - Esquema exemplificando de um EPS	44
Figura 3.5 – Esquematização exemplificando os acumulados de chuva para mm/24h, mm/96h e mm/720h (Fonte: MENDES, 2016).....	45
Figura 3.6 – Acumulado de 96hs versus intensidade horária para EPS ocorridos na cidade do Rio de Janeiro.....	51
Figura 3.7 - Acumulado de 96hs versus intensidade horária para EPS ocorridos na cidade do Rio de Janeiro (Média e desvios padrão) escala logarítmica.....	52
Figura 3.8 – Gráfico de desvio padrão	52
Figura 3.9 - Acumulado de 96h (mm/96h) versus intensidade horária (mm/h) para EPS ocorridos na cidade do Rio de Janeiro (Média e desvios padrão), escala natural.	53
Figura 4.1 –Tipologia das ocorrências (1998-2002)	54
Figura 4.2 – Evolução da distribuição das ocorrências de deslizamentos em encostas, em função do tipo de ocupação, no período de 1998 a 2002	55
Figura 4.3 – Volumes deslizados das ocorrências de 1998 a 2002.....	56
Figura 4.4 – Percentual de escorregamentos em áreas urbanas e em comunidades, com ou sem intervenção humana, no período de 1998 a 2002	57
Figura 4.5 – Influência da drenagem em área urbana e em comunidade (%)..	57
Figura 4.6 – Influência da qualidade da estrutura de contenção em áreas formais e em comunidade (%)	58
Figura 4.7 – Influência da presença de lixo e da modificação do sítio (corte e/ou aterro)	59

Figura 4.8 – Combinação de fatores em área urbana (%)	60
Figura 4.9 – Combinação dos fatores em comunidade (%)	61
Figura 4.10 – Comparação dos limiares determinados por MARTINS (2014) com as curvas de pluviosidade acumulada (mm) por tempo (h) para sub-região Centro....	62
Figura 4.11 - Comparação dos limiares determinadas por MARTINS (2014) com as curvas de pluviosidade acumulada (mm) por tempo (h) para sub-região Grande Tijuca	62
Figura 4.12 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Méier (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para tipo de ocupação	64
Figura 4.13 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Méier (Média e desvios padrão) em escala natural para tipo de ocupação.....	64
Figura 4.14 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Tijuca (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para tipo de ocupação	65
Figura 4.15 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Tijuca (Média e desvios padrão) em escala natural para tipo de ocupação.....	66
Figura 4.16 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Anchieta/Irajá (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para intervenção humana.....	67
Figura 4.17 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Anchieta/Irajá (Média e desvios padrão) em escala natural para intervenção humana	67
Figura 4.18 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Centro (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para intervenção humana.....	68
Figura 4.19 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Centro (Média e desvios padrão) em escala natural para intervenção humana.....	69

Figura 4.20 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Barra/Recreio (desvios padrão) em escala logarítmica para intervenção humana.....	69
Figura 4.21 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Barra/Recreio (Média e desvios padrão) em escala natural para intervenção humana	70
Figura 4.22 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Tijuca (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para fatores secundários	71
Figura 4.23 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Tijuca (Média e desvios padrão) em escala natural para fatores secundários.....	71
Figura 4.24 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Anchieta/Irajá (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para fatores secundários	72
Figura 4.25 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Anchieta/Irajá (Média e desvios padrão) em escala natural para fatores secundários.....	73
Figura 4.26 – Acumulado de 96h (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Jacarepaguá (média e desvios padrão) em escala logarítmica para fatores secundários	73
Figura 4.27 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Jacarepaguá (Média e desvios padrão) em escala natural para fatores secundários.....	74
Figura 4.28 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Centro (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para nova classificação de EPS.....	75
Figura 4.29 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Centro (Média e desvios padrão) em escala natural para nova classificação de EPS.....	76
Figura 4.30 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Méier (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para nova classificação de EPS.....	76

Figura 4.31 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Méier (Média e desvios padrão) em escala natural para nova classificação de EPS	77
Figura 4.32 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Oeste (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para nova classificação de EPS.....	77
Figura 4.33 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Oeste (Média e desvios padrão) em escala natural para nova classificação de EPS	78
Figura 4.34 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na cidade do Rio de Janeiro (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para nova classificação de EPS.....	79
Figura 4.35 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na cidade do Rio de Janeiro (Média e desvios padrão) em escala natural para nova classificação de EPS	79
Figura 4.36 – Análise do acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS que não geraram evento com os limites do Alerta Rio em 96hs	80
Figura 4.37 – Número de ocorrências por área de suscetibilidade (km ²) versus IA ⁿ , sub-região Grande Méier para acumulados de 96h	82
Figura 4.38 - Número de ocorrência por área de suscetibilidade (km ²) versus IA ⁿ para a sub-região Anchieta/Irajá para os períodos 1998-2002 e 2010-2012 com acumulado de 96hs	83
Figura 4.39 - Número de ocorrência por área de suscetibilidade (km ²) versus IA ⁿ para a sub-região Anchieta/Irajá para os períodos 1998-2002 e 2010 a 2012 com acumulado de 96hs (escala ampliada)	83
Figura 4.40 – Número de ocorrência por área de suscetibilidade (km ²) versus IA ⁿ para a sub-região Zona Oeste para os períodos 1998-2002 e 2010 a 2012 com acumulado de 96hs	85
Figura 4.41 – Número de ocorrência por área de suscetibilidade (km ²) versus IA ⁿ para a sub-região Zona Oeste para os períodos 1998-2002 e 2010 a 2012 com acumulado de 96hs (escala ampliada)	85

Figura 4.42 – Número de ocorrência por área de suscetibilidade (km ²) versus IA ⁿ para cada sub-região para os períodos 1998-2002 e 2010-2012 com acumulado de 96hs	86
Figura 4.43 – Número de ocorrência por área de suscetibilidade (km ²) versus IA ⁿ para as sub-regiões agrupadas para os períodos 1998-2002 e 2010-2012 com acumulado de 96hs	86
Figura 4.44 – Comparação do IA ⁿ (96hs) médio para a categoria “Não evento”, por sub-região, períodos 1998-2002 e 2010-2012	87
Figura 7.1 – Comparação dos limiares determinados por MARTINS (2014) com as curvas de pluviosidade acumulada (mm) por tempo (h) para sub-região Anchieta/Irajá	99
Figura 7.2 – Comparação dos limiares determinados por MARTINS (2014) com as curvas de pluviosidade acumulada (mm) por tempo (h) para sub-região Bangu	99
Figura 7.3 – Comparação dos limiares determinados por MARTINS (2014) com as curvas de pluviosidade acumulada (mm) por tempo (h) para sub-região Barra/Recreio	100
Figura 7.4 – Comparação dos limiares determinados por MARTINS (2014) com as curvas de pluviosidade acumulada (mm) por tempo (h) para sub-região Centro..	100
Figura 7.5 – Comparação dos limiares determinados por MARTINS (2014) com as curvas de pluviosidade acumulada (mm) por tempo (h) para sub-região Grande Méier	101
Figura 7.6– Comparação dos limiares determinados por MARTINS (2014) com as curvas de pluviosidade acumulada (mm) por tempo (h) para sub-região Grande Tijuca	101
Figura 7.7 – Comparação dos limiares determinados por MARTINS (2014) com as curvas de pluviosidade acumulada (mm) por tempo (h) para sub-região Ilha do Governador.....	102
Figura 7.8– Comparação dos limiares determinados por MARTINS (2014) com as curvas de pluviosidade acumulada (mm) por tempo (h) para sub-região Jacarepaguá	102
Figura 7.9 – Comparação dos limiares determinados por MARTINS (2014) com as curvas de pluviosidade acumulada (mm) por tempo (h) para sub-região Zona Oeste	103

Figura 7.10 – Comparação dos limiares determinados por MARTINS (2014) com as curvas de pluviosidade acumulada (mm) por tempo (h) para sub-região Zona Sul	103
Figura 8.1 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Anchieta/Irajá (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para intervenção humana.....	104
Figura 8.2 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Anchieta/Irajá (Média e desvios padrão) em escala natural para intervenção humana	104
Figura 8.3 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Bangu (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para intervenção humana.....	105
Figura 8.4 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Bangu (Média e desvios padrão) em escala natural para intervenção humana.....	105
Figura 8.5 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Barra/Recreio (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para intervenção humana.....	106
Figura 8.6 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Barra/Recreio (Média e desvios padrão) em escala natural para intervenção humana	106
Figura 8.7 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Centro (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para intervenção humana.....	107
Figura 8.8 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Centro (Média e desvios padrão) em escala natural para intervenção humana.....	107
Figura 8.9 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Méier (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para intervenção humana.....	108
Figura 8.10 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Méier (Média e desvios padrão) em escala natural para intervenção humana	108

Figura 8.11 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Tijuca (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para intervenção humana.....	109
Figura 8.12– Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Tijuca (Média e desvios padrão) em escala natural para intervenção humana	109
Figura 8.13 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Ilha do Governador (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para intervenção humana	110
Figura 8.14 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Ilha do Governador (Média e desvios padrão) em escala natural para intervenção humana.....	110
Figura 8.15 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Jacarepaguá (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para intervenção humana.....	111
Figura 8.16 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Jacarepaguá (Média e desvios padrão) em escala natural para intervenção humana	111
Figura 8.17 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Sul (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para intervenção humana.....	112
Figura 8.18 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Sul (Média e desvios padrão) em escala natural para intervenção humana.....	112
Figura 8.19 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Oeste (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para intervenção humana.....	113
Figura 8.20 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Oeste (Média e desvios padrão) em escala natural para intervenção humana	113
Figura 9.1 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Anchieta/Irajá (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para tipo de ocupação	114

Figura 9.2 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Anchieta/Irajá (Média e desvios padrão) em escala natural para tipo de ocupação.....	114
Figura 9.3 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Bangu (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para tipo de ocupação	115
Figura 9.4 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Bangu (Média e desvios padrão) em escala natural para tipo de ocupação.....	115
Figura 9.5 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Barra/Recreio (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para tipo de ocupação	116
Figura 9.6 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Barra/Recreio (Média e desvios padrão) em escala natural para tipo de ocupação.....	116
Figura 9.7 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Centro (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para tipo de ocupação	117
Figura 9.8 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Centro (Média e desvios padrão) em escala natural para tipo de ocupação.....	117
Figura 9.9 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Méier (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para tipo de ocupação	118
Figura 9.10 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Méier (Média e desvios padrão) em escala natural para tipo de ocupação.....	118
Figura 9.11 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Tijuca (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para tipo de ocupação	119
Figura 9.12 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Tijuca (Média e desvios padrão) em escala natural para tipo de ocupação.....	119

Figura 9.13 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Ilha do Governador (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para tipo de ocupação	120
Figura 9.14 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Ilha do Governador (Média e desvios padrão) em escala natural para tipo de ocupação	120
Figura 9.15 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Jacarepaguá (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para tipo de ocupação	121
Figura 9.16 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Jacarepaguá (Média e desvios padrão) em escala natural para tipo de ocupação.....	121
Figura 9.17 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Sul (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para tipo de ocupação	122
Figura 9.18 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Sul (Média e desvios padrão) em escala natural para tipo de ocupação.....	122
Figura 9.19 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Oeste (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para tipo de ocupação	123
Figura 9.20 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Oeste (Média e desvios padrão) em escala natural para tipo de ocupação.....	123
Figura 10.1 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Anchieta/Irajá (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para causas combinadas	124
Figura 10.2 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Anchieta/Irajá (Média e desvios padrão) em escala natural para causas combinadas	124
Figura 10.3 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Barra/Recreio (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para causas combinadas	125

Figura 10.4 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Barra/Recreio (Média e desvios padrão) em escala natural para causas combinadas	125
Figura 10.5 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Bangu (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para causas combinadas	126
Figura 10.6 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Bangu (Média e desvios padrão) em escala natural para causas combinadas	126
Figura 10.7 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Centro (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para causas combinadas	127
Figura 10.8 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Centro (Média e desvios padrão) em escala natural para causas combinadas	127
Figura 10.9 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Méier (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para causas combinadas	128
Figura 10.10 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Méier (Média e desvios padrão) em escala natural para causas combinadas	128
Figura 10.11 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Tijuca (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para causas combinadas	129
Figura 10.12 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Tijuca (Média e desvios padrão) em escala natural para causas combinadas	129
Figura 10.13 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Ilha do Governador (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para causas combinadas	130
Figura 10.14 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Ilha do Governador (Média e desvios padrão) em escala natural para causas combinadas	130

Figura 10.15 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Jacarepaguá (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para causas combinadas	131
Figura 10.16 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Jacarepaguá (Média e desvios padrão) em escala natural para causas combinadas	131
Figura 10.17 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Sul (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para causas combinadas	132
Figura 10.18 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Sul (Média e desvios padrão) em escala natural para causas combinadas	132
Figura 10.19 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Oeste (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para causas combinadas	133
Figura 10.20 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Oeste (Média e desvios padrão) em escala natural para causas combinadas	133
Figura 11.1 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Anchieta/Irajá (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para nova classificação de EPS.....	134
Figura 11.2– Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Anchieta/Irajá (Média e desvios padrão) em escala natural para nova classificação de EPS	134
Figura 11.3 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Bangu (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para nova classificação de EPS.....	135
Figura 11.4 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Bangu (Média e desvios padrão) em escala natural para nova classificação de EPS.....	135
Figura 11.5 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Barra/Recreio (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para nova classificação de EPS.....	136

Figura 11.6 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Barra/Recreio (Média e desvios padrão) em escala natural para nova classificação de EPS	136
Figura 11.7 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Centro (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para nova classificação de EPS.....	137
Figura 11.8 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Centro (Média e desvios padrão) em escala natural para nova classificação de EPS.....	137
Figura 11.9 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Méier (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para nova classificação de EPS.....	138
Figura 11.10 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Méier (Média e desvios padrão) em escala natural para nova classificação de EPS	138
Figura 11.11 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Tijuca (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para nova classificação de EPS.....	139
Figura 11.12 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Tijuca (Média e desvios padrão) em escala natural para nova classificação de EPS	139
Figura 11.13 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Ilha do Governador (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para nova classificação de EPS	140
Figura 11.14 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Ilha do Governador (Média e desvios padrão) em escala natural para nova classificação de EPS.....	140
Figura 11.15 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Jacarepaguá (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para nova classificação de EPS.....	141
Figura 11.16 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Jacarepaguá (Média e desvios padrão) em escala natural para nova classificação de EPS	141

Figura 11.17 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Sul (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para nova classificação de EPS.....	142
Figura 11.18 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Sul (Média e desvios padrão) em escala natural para nova classificação de EPS.....	142
Figura 11.19 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Oeste (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para nova classificação de EPS.....	143
Figura 11.20 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Oeste (Média e desvios padrão) em escala natural para nova classificação de EPS	143
Figura 12.1 – Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA^n (96hs) da sub-região de Anchieta/Irajá, acumulados de 96h para 1998-2002 e 2010-2012.	144
Figura 12.2 – Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA^n (96hs) da sub-região de Anchieta/Irajá, acumulados de 96h (Escala ampliada) para 1998-2002 e 2010-2012.....	144
Figura 12.3 – Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA^n (96hs) da sub-região de Bangu, acumulados de 96h para 1998-2002 e 2010-2012.....	145
Figura 12.4 - Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA^n (96hs) da sub-região de Bangu, acumulados de 96h (Escala ampliada) para 1998-2002 e 2010-2012	145
Figura 12.5 – Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA^n (96hs) da sub-região de Barra/Recreio, acumulados de 96h para 1998-2002 e 2010-2012.....	146
Figura 12.6 - Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA^n (96hs) da sub-região de Barra/Recreio, acumulados de 96h (Escala ampliada) para 1998-2002 e 2010-2012.....	146
Figura 12.7 – Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA^n (96hs) da sub-região de Centro, acumulados de 96h para 1998-2002 e 2010-2012	147
Figura 12.8 - Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA^n (96hs) da sub-região de Centro, acumulados de 96h (Escala ampliada) para 1998-2002 e 2010-2012	147

Figura 12.9 – Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA ⁿ (96hs) da sub-região de Grande Méier, acumulados de 96h para 1998-2002 e 2010-2012.....	148
Figura 12.10 - Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA ⁿ (96hs) da sub-região de Grande Méier, acumulados de 96h (Escala ampliada) para 1998-2002 e 2010-2012.....	148
Figura 12.11 – Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA ⁿ (96hs) da sub-região de Grande Tijuca, acumulados de 96h para 1998-2002 e 2010-2012	149
Figura 12.12 – Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA ⁿ (96hs) da sub-região de Grande Tijuca, acumulados de 96h (Escala ampliada) para 1998-2002 e 2010-2012.....	149
Figura 12.13 – Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA ⁿ (96hs) da sub-região de Ilha do Governador, acumulados de 96h para 1998-2002 e 2010-2012	150
Figura 12.14 – Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA ⁿ (96hs) da sub-região de Ilha do Governador, acumulados de 96h (Escala ampliada) para 1998-2002 e 2010-2012	150
Figura 12.15 – Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA ⁿ (96hs) da sub-região de Jacarepaguá, acumulados de 96h para 1998-2002 e 2010-2012..	151
Figura 12.16 – Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA ⁿ (96hs) da sub-região de Jacarepaguá, acumulados de 96h (Escala ampliada) para 1998-2002 e 2010-2012.....	151
Figura 12.17 – Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA ⁿ (96hs) da sub-região de Zona Oeste, acumulados de 96h para 1998-2002 e 2010-2012....	152
Figura 12.18 - Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA ⁿ (96hs) da sub-região de Zona Oeste, acumulados de 96h (Escala ampliada) para 1998-2002 e 2010-2012.....	152
Figura 12.19 – Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA ⁿ (96hs) da sub-região de Zona Sul, acumulados de 96h para 1998-2002 e 2010-2012	153
Figura 12.20– Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA ⁿ (96hs) da sub-região de Centro e Grande Méier, acumulados de 96h (Escala ampliada) para 1998-2002 e 2010-2012	153
Figura 13.1 – Laudo padrão GEO-RIO folha 1/2	154
Figura 13.2 – Laudo padrão GEO-RIO folha 2/2	155

Figura 14.1 – Acumulado de 24h (mm/24h) versus intensidade horária (mm/1h)
para categoria “Evento” e “Não evento” na cidade do Rio de Janeiro 156

Figura 14.2 - Acumulado de 96h (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h)
para categoria “Evento” e “Não evento” na cidade do Rio de Janeiro 156

Figura 14.3 - Acumulado de 720h (mm/720h) versus intensidade horária (mm/1h)
para categoria “Evento” e “Não evento” na cidade do Rio de Janeiro 157

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Variação da população residente no Rio de Janeiro entre 2000 e 2010 por setores. (Fonte: CAVALLIERI & VIAL, 2012)	14
Tabela 2.2 - Variação da população residente no Rio de Janeiro entre 2000 e 2010 por setores. (Fonte: CAVALLIERI & VIAL, 2012).....	17
Tabela 2.3 - Número de comunidades (favelas) por área de planejamento e variação das áreas de 1999 e 2004.....	19
Tabela 2.4 - Número de comunidades existentes no cadastro por ano segundo áreas de planejamento – 2004 a 2011 (Fonte: LOPES et. al. 2011).	20
Tabela 2.5 - Área ocupada por comunidades, por ano, segundo áreas de planejamento – 2004 a 2011 (LOPES et. al. 2011).....	21
Tabela 2.6 - Número de óbitos causados por acidentes associados a escorregamentos no Brasil por ano – 1988 a 2006 (Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT).	25
Tabela 2.7 - Índices utilizados pelo Alerta Rio para informar o nível de probabilidade de ocorrência de deslizamentos. (Fonte: MARTINS, 2014).....	28
Tabela 2.8 – Condições para acionamento de alarme sonoro. (Adaptado de: MARTINS 2014)	29
Tabela 2.9 – Categorias dos eventos de chuva (Modificado de D’Orsi et al., 2000)	35
Tabela 2.10 – Limiares propostos por MARTINS (2014).....	37
Tabela 3.1 – Correlação dos bairros com as sub-regiões de referência	40
Tabela 3.2 – Dados organizados com base nos laudos da GEO-RIO.....	41
Tabela 3.3 – Áreas total e áreas de média e alta suscetibilidade das 10 sub-regiões da cidade do Rio de Janeiro. (Fonte: Modificado de MARTINS, 2014).	42
Tabela 3.4 - Critérios para classificação de um EPS (Fonte: Rio de Janeiro, 2010)	44
Tabela 3.5 – Classificação da drenagem.....	46
Tabela 3.6 – Tipologias definida pela GEO-RIO das ocorrências.....	47
Tabela 3.7 – Classificação do volume deslizado	47
Tabela 3.8 – Classificação do tipo de ocupação do solo.....	48

Tabela 3.9 - Características dos sítios	49
Tabela 3.10 – Nova classificação dos EPS	50
Tabela 4.1 – Volume deslizado por período	56
Tabela 4.2 – Comparação entre os períodos para área urbana formal segundo o percentual de ocorrências associadas a diferentes fatores	59
Tabela 4.3 – Comparação entre os períodos para comunidade segundo o percentual de ocorrências associadas a diferentes fatores	59
Tabela 4.4 – Valores dos coeficientes angulares para cada sub-região das retas de não evento	81

LISTA DE SIGLAS

ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia

COPPE- Instituto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia

EPS – Evento Pluviométrico Significativo

GEO-RIO - Fundação Instituto de Geotécnica

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDNDR - International Decade for Natural Disaster Reduction

IPP - Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos

ISDR - International Strategy for Disaster Reduction

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

1.1. Generalidades

A cidade do Rio de Janeiro é uma região passível de precipitações pluviométricas intensas e, em função de suas características geológicas e topográficas, em extensas áreas, apresenta condições de elevada susceptibilidade a escorregamentos de encosta. Somado a isso, é uma cidade bastante adensada que teve um crescimento desordenado durante décadas, com diversas construções executadas nesses locais menos favoráveis. A cidade historicamente é assolada por chuvas fortes e/ou prolongadas e tem sofrido com inundações e deslizamentos de encostas.

O Rio de Janeiro tem um significativo histórico de desastres naturais associados a chuvas que geraram grande número de vítimas fatais e prejuízos financeiros. Dentre os principais desastres registrados podemos citar os incidentes de 1966 e 1967 que registraram juntos, mais de 200 mortes na cidade e o evento de 1988, no qual se verificaram 19 dias ininterruptos de chuva, cerca de 80 mortes e mais de 1700 notificações de ocorrências (PEDROSA, 1994).

Segundo o Anuário Brasileiro de Desastres Naturais, foi significativo o impacto dos desastres naturais no Brasil em 2012 com 376 ocorrências relatadas oficialmente, resultando na morte de 93 pessoas e outras 666.746, entre feridos, desabrigados e desaparecidos. No Brasil os eventos de movimentos de massa são os maiores causadores de óbitos, mesmo sendo um desastre sócio-ambiental que não atinge um grande número de pessoas. O número total de municípios afetados por movimentos de massa foi relativamente pequeno se comparado ao total registrado, apenas 2,12% no ano de 2012 (MIN, 2013).

A região sudeste é o local com maior quantidade de eventos de movimento de massa devido às adversidades atmosféricas, à alta densidade demográfica e ainda devido à ocupação desordenada em áreas de elevada suscetibilidade ao deslizamento. Devido ao grande volume de chuvas, em 2012, o estado mais afetado foi o de Minas Gerais, com 60% dos casos identificados, seguido por Rio de Janeiro (19%), Espírito Santo (8%) e São Paulo (5,4%) (MIN, 2013).

Na cidade do Rio de Janeiro, em 2010 ocorreu o desastre mais recente de grandes proporções. Foi ocasionado pelas chuvas de grande recorrência que ocorreram

em abril e atingiram parte da cidade. Estas chuvas ocasionaram em mais de 60 vítimas fatais e inúmeras perdas materiais.

1.2. Apresentação e justificativa

O presente trabalho tem como foco analisar a correlação entre chuvas e movimentos de massa associados, na cidade do Rio de Janeiro durante eventos pluviométricos intensos tomando por base os registros destas chuvas e os laudos das ocorrências disponibilizados pela GEO-RIO. Esta linha de estudos é fruto de um trabalho conjunto entre a COPPE e a Fundação Instituto de Geotécnica (GEO-RIO). Buscou-se aprofundar o trabalho realizado por MARTINS (2014), “Pluviometria Crítica de Escorregamentos na Cidade do Rio de Janeiro: Comparação Entre Regiões e Períodos”, que tinha como um dos objetivos verificar o agravamento ou a melhoria da resposta da Cidade a estas condições extremas, comparando os resultados dos períodos 1998-2002 e 2010-2012. Dentro desse propósito o período de 2010-2012 foi reanalisado por MENDES (2016) e o outro nesta presente pesquisa.

1.3. Objetivo

O objetivo deste trabalho é analisar a correlação entre as chuvas e os movimentos de massa ocorridos na cidade do Rio de Janeiro no período de 1998 a 2002, utilizando as ocorrências e os índices pluviométricos associados. Buscou-se analisar os fatores que influenciam os processos de instabilização das encostas, identificando as características das ocorrências e estabelecer os limiares críticos de pluviometria que levaram aos movimentos de massa. Por fim, buscou-se realizar uma comparação do período estudado neste trabalho com o período de 2010 a 2012 afim de analisar se houve uma melhora ou piora da estabilização das encostas ao longo do tempo. Na Figura 1.1 e na Figura 1.2 apresentam-se as chuvas para os períodos citados. Nota-se que para o ano de 2010 houve uma pluviometria maior em relação aos outros anos, principalmente nos meses de março e abril, provocando um número maior de ocorrências.

Estas análises foram realizadas com o apoio da GEO-RIO e têm como foco aperfeiçoar os critérios adotados no sistema Alerta Rio, englobando as diferentes sub-regiões da cidade. Busca-se identificar áreas mais ou menos vulneráveis a deslizamentos e permitir assim que intervenções mais focadas nestas sub-regiões possam ser efetuadas.

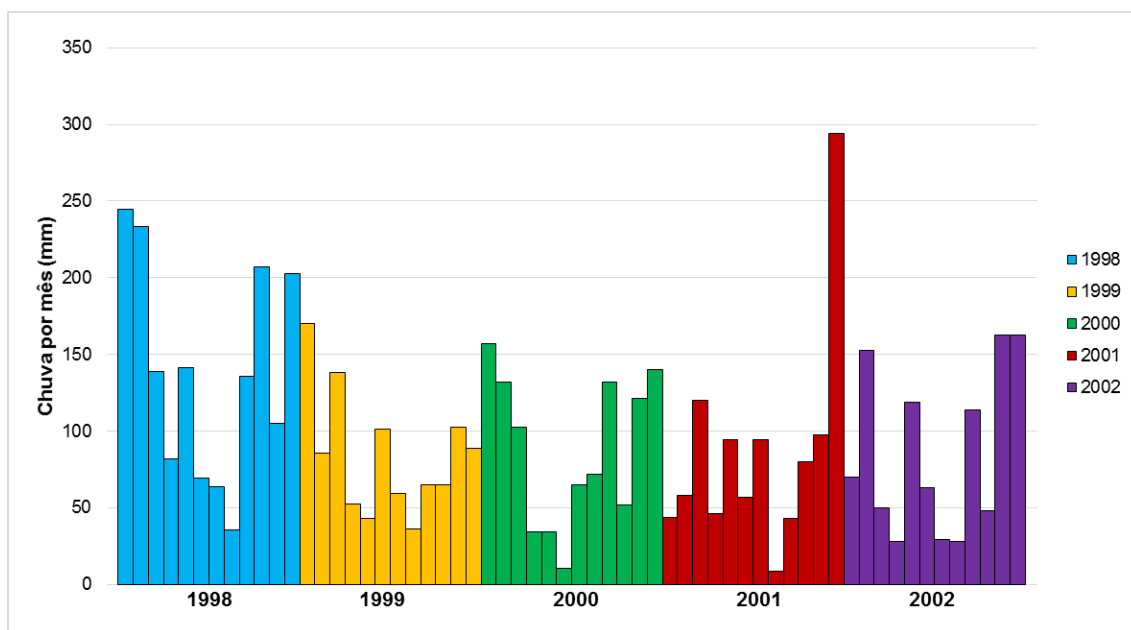


Figura 1.1 – Pluviometria para o período 1998-2002

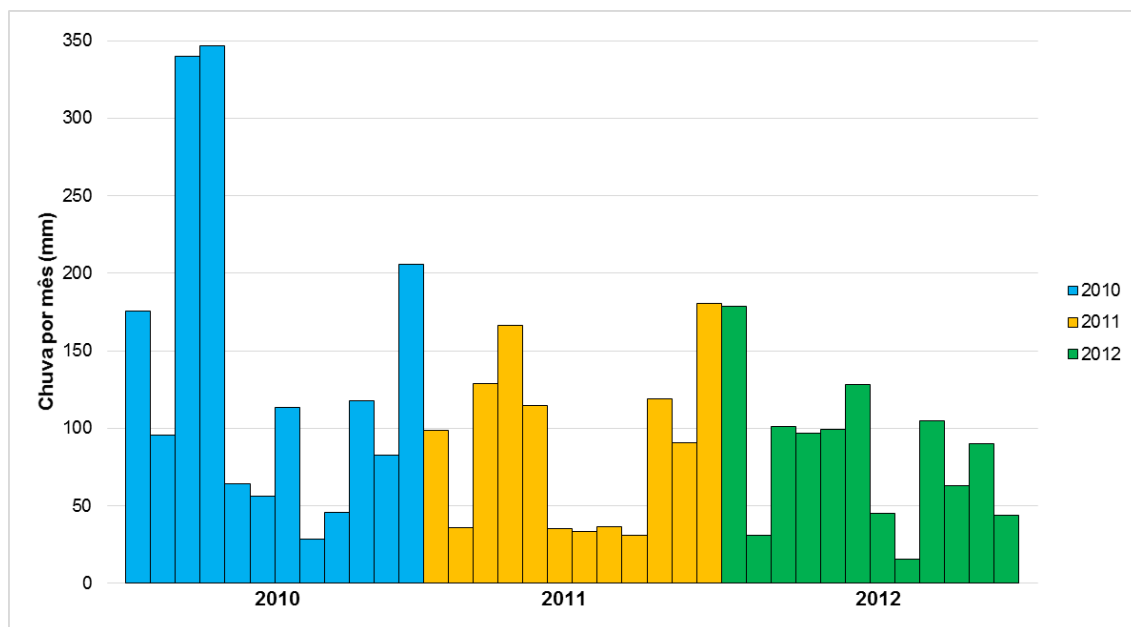


Figura 1.2 – Pluviometria para o período 2010-2012

1.4. Estrutura do trabalho

Esta dissertação foi dividida em cinco capítulos, além das referências bibliográficas. O Capítulo 1 é a presente “Introdução”, onde descrevem-se as motivações e justificativas, além dos objetivos do estudo.

No capítulo 2 tem-se uma revisão bibliográfica que inclui características observadas na cidade do Rio de Janeiro, destacam-se os aspectos relacionados ao clima, à vegetação, à geomorfologia, à geologia e à demografia, com destaque para a

ocupação urbana nas comunidades. São apresentados também alguns métodos para correlação de ocorrências com índices pluviométricos.

No terceiro capítulo, é apresentada a metodologia utilizada no desenvolvimento do trabalho. Descrevem-se neste capítulo a organização dos dados, as premissas adotadas e a forma de processamento dos dados.

O capítulo 4 é dedicado a apresentação das análises efetuadas e dos resultados obtidos ao longo da pesquisa, efetuando comparações entre as regiões da cidade e entre o período de 2010 a 2012.

Por fim, no capítulo 5, são expostas as principais conclusões advindas do estudo dos escorregamentos e sugestões para futuras pesquisas.

CAPÍTULO 2

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Caracterização da cidade do Rio de Janeiro

A cidade do Rio de Janeiro está localizada na região metropolitana do estado do Rio de Janeiro, que por fim, está situada na região sudeste do Brasil. É a segunda maior metrópole do Brasil (sendo São Paulo a primeira) e cidade mais populosa com um número estimado para 2016 de 6.498.837 habitantes (IBGE). Sua área é de 1.200,179 km² e está situada na latitude 22° 54' 10" S e na longitude 43° 12' 28" O.

2.1.1. Clima

O Rio de Janeiro em função do seu tamanho territorial, apresenta diferentes características geoclimáticas. O clima da cidade pode receber diversas classificações, segundo a de KÖPPEN como chuvoso sem estação seca e tropical chuvoso. A região em estudo está inserida em uma área de clima tropical com duas estações: uma estação quente e relativamente chuvosa, e outra de temperaturas amenas. Os meses de abril e outubro marcam a transição do comportamento climático, onde abril marca a mudança para um período mais seco e outubro para o período mais chuvoso. O volume pluviométrico acumulado pode chegar a 2.000 mm/ano em áreas montanhosas como no Alto da Boa Vista.

Por ser uma cidade litorânea, a cidade se mantém úmida com as brisas marítimas e pela circulação de grande escala associada à borda oeste do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul. A grande quantidade de chuva confirma esta influência marítima. A temperatura também é influenciada por essas chuvas, além de estar ligada à influência da vegetação, relevo e oceano. As temperaturas médias são próximas de 24°C, com amplitude térmica relativamente baixa.

2.1.1.1. Pluviometria

O Rio de Janeiro é localizado em uma região com alto nível de chuvas. Devido à sua costa voltada para o Atlântico e a sua característica geomorfológica, a cidade enfrenta ciclicamente verões de chuva torrenciais que quando prolongadas causam grande influência no dia a dia da população. Na Figura 2.1 é apresentado uma série de cartogramas utilizando a metodologia *Kriging* representando a média pluviométrica para cada mês no período de 2000 a 2010.

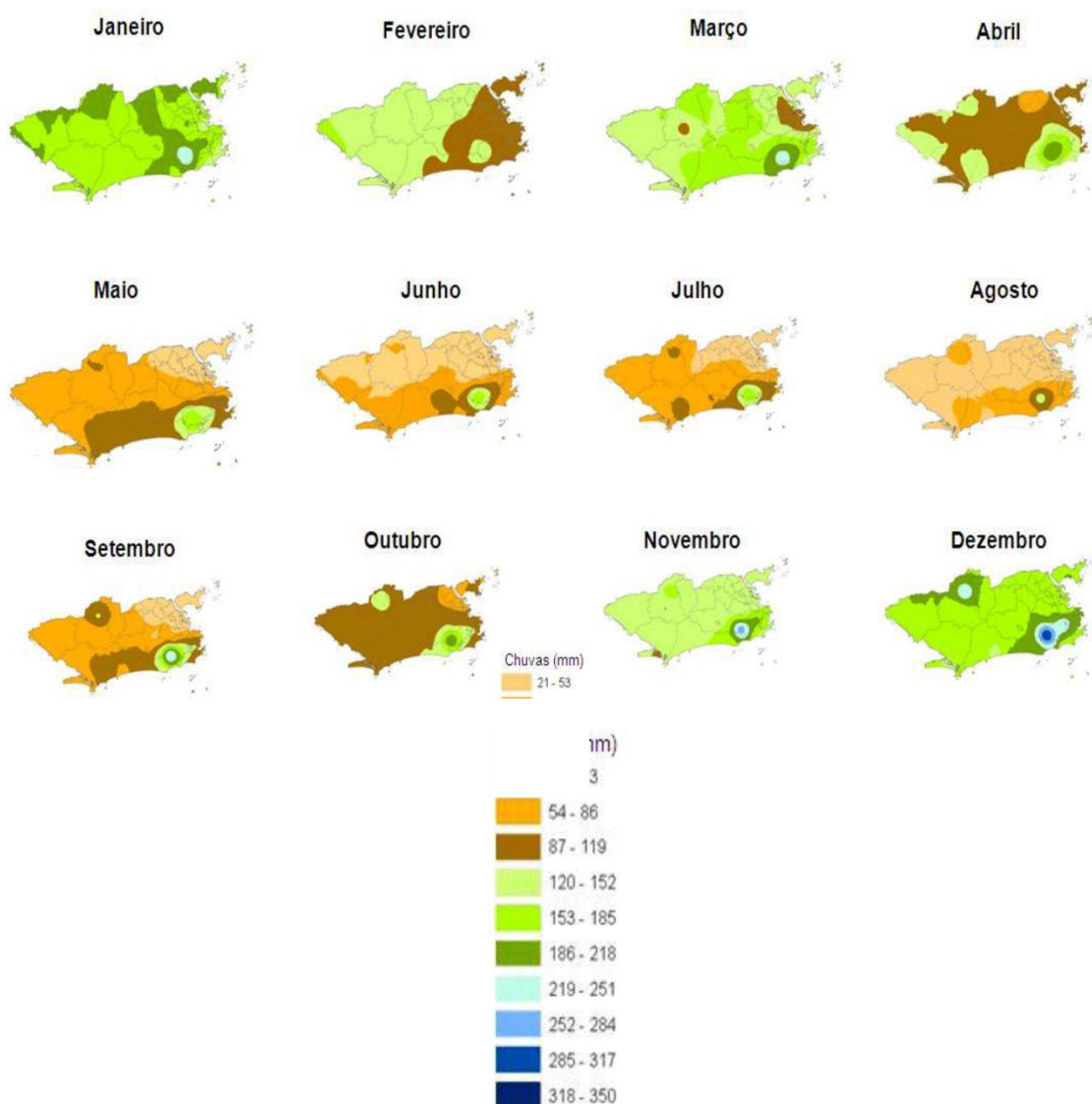


Figura 2.1 – Média de chuvas mensal – 2000 a 2010.
(Fonte: CARNEIRO *et al* 2012)

Segundo GUIDICINI & IWASA (1976), utilizando dados de 1883 até 1973, a média pluviométrica anual do Rio de Janeiro foi de $1.067 \pm 45\text{mm}$. Foram constatados valores próximos aos encontrados por GUIDICINI E IWASA (1976) para o período entre 1851 a 1988 pelo informe técnico da ABGE (1988) apud PEDROSA (1994) sendo uma pluviometria média anual de 1.084mm. Nesta mesma fonte foram apresentadas as menores chuvas do período, nos anos de 1912 (515 mm) e 1963 (644 mm), e as maiores médias anuais, nos anos de 1916 (1.886 mm), 1967 (2.315 mm) e 1985 (1.803 mm).

Hoje, através do programa Alerta Rio, que será melhor detalhado no item 2.2.2., a cidade conta com 33 pluviômetros espalhados por diversos locais conforme é apresentado na Figura 2.2.

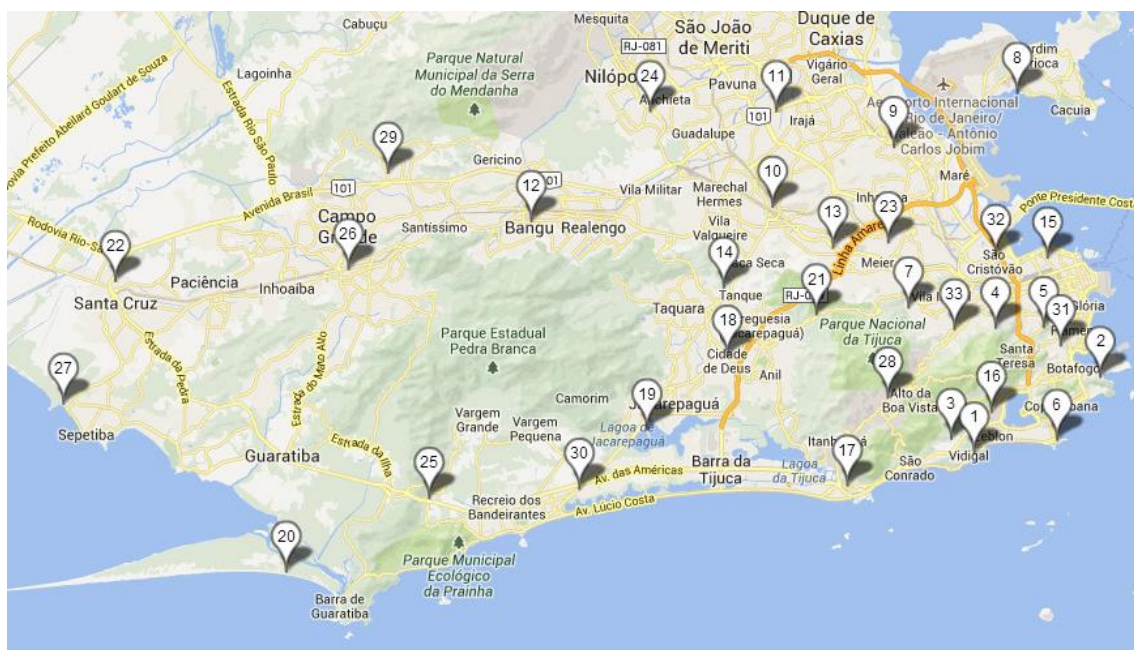


Figura 2.2 - Mapa de distribuição dos pluviômetros do Alerta Rio.
(Fonte: MARTINS 2014)

Através dos dados de chuva registrados nesses pluviômetros, de 1997 a 2013 foi registrada média pluviométrica anual de 1.314,1 mm, um valor superior aos valores encontradas nos estudos anteriormente citados. Há uma variação dos dados entre os locais de cada pluviômetro motivando a diferença nos valores encontrados, como por exemplo, os pluviômetros de maiores médias anuais foram os localizados no Alto da Boa Vista (2.146,9 mm), Rocinha (1.713,2 mm) e Tijuca (1.568,2 mm). Já as menores médias foram registradas na Penha (933,8 mm), Irajá (1.012,5 mm) e São Cristóvão (1.012,6 mm). Logo, apenas um equipamento não é representativo para a cidade pois a pluviometria varia dentro de cada região estudada.

Comparando agora na Figura 2.3 os dados do Alerta Rio com os dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET para a estação instalada no Aterro, no período de 1961 a 2013, foi encontrada uma pluviosidade média anual de 1.027mm, logo percebe-se uma diferença nos dados disponibilizados. Essas discrepâncias podem ser oriundas de mudança no regime de chuvas ou até mesmo pouco tempo de medição, causando pouca representatividade.

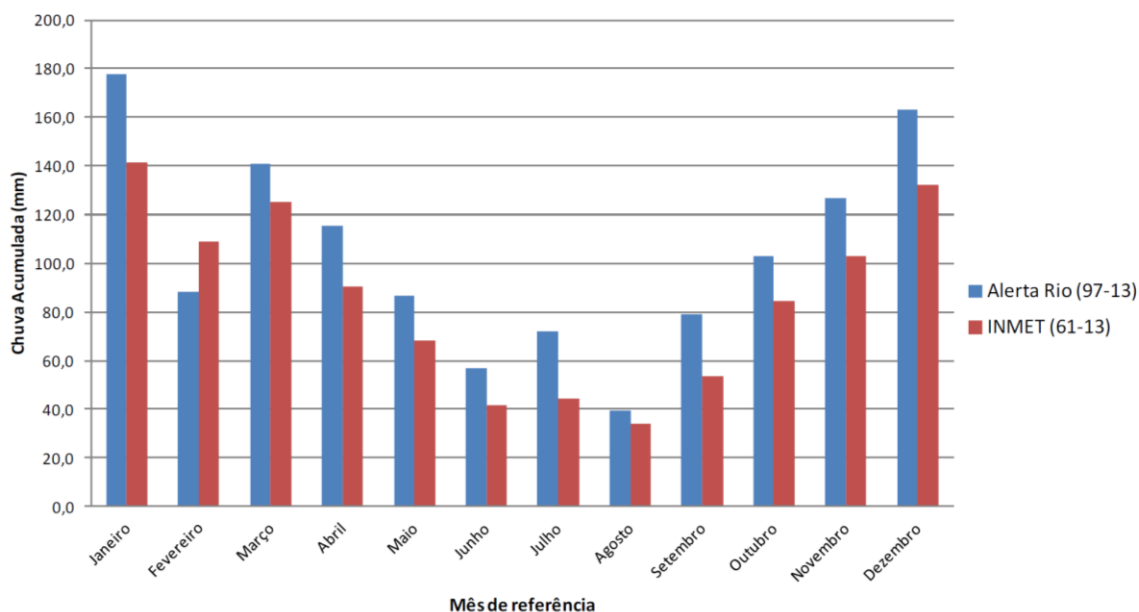


Figura 2.3 - Comparação entre a pluviometria mensal do Alerta Rio e INMET. (Fonte: MARTINS 2014)

A análise do presente trabalho é relevante diante das diferenças de chuvas apresentadas nos períodos 1998 a 2002 e 2010 a 2012. Segundo MARTINS (2014) a média anual para o primeiro período foi de 1.125,7mm e para o segundo 1.327mm, esta influenciada pelas grandes chuvas de 2010.

Desta maneira, como pode ser verificado, é importante uma rede extensa para o monitoramento da pluviometria devido a variação dos índices dentro da própria cidade do Rio de Janeiro.

2.1.2. Vegetação

Segundo LUMBRERAS E GOMES (2004) há cinco tipos de agrupamentos vegetais no Rio de Janeiro: as formações florestais (floresta tropical subperenifólia, floresta tropical subcaducifólia, floresta tropical caducifólia, floresta perenifólia de várzea, floresta subperenifólia de várzea); a campina de várzea; a campina halófila; a restinga, e; os mangues. Essa caracterização foi baseada na vegetação regional, nas mata nativa ainda presente e nas áreas de reservas.

Pelo mapa de uso (RIO DE JANEIRO, 1997 apud LUMBRERAS e GOMES, 2004) a cidade do Rio de Janeiro, com florestas pouco ou não alteradas, mantém preservado 19.549 ha de terras, correspondendo assim a 15,6% de sua área total da cidade. Este valor pode ser considerado alto quando comparado a outras metrópoles, e demonstra as condições especiais da paisagem do Rio de Janeiro e a qualidade de vida que deve ser preservada.

Abaixo são apresentadas as características da vegetação por LUMBRERAS E GOMES (2004):

- Floresta subperenifólia - Abrange as formações florestais, de grande porte, densas, das áreas de clima mesotérmico, onde, dependendo da duração do período seco, algumas espécies perdem as folhas. Sua presença ocorre nas partes mais altas dos maciços da Tijuca, Gericinó, Pedra Branca e encostas úmidas.
- Floresta subcaducifólia – É a que abrange a maior parte do município, ocorrendo nas encostas mais secas e pequenos maciços de baixa altitude. Climas locais mais secos, diferenciando-se da floresta subperenifólia pelo seu menor porte, favorecem seu desenvolvimento. Diferencem-se também por apresentarem menor densidade e por grande parte das espécies perderem as folhas no período seco.
- Floresta caducifólia – Não são comuns na cidade, resumindo-se a pequenas matas secas na ponta da Joatinga e no morro de Guaratiba.
- Floresta perenifólia de várzea – Existem poucas no momento. São matas sempre-verdes, de grande porte, com substrato arbustivo, densas; de terrenos muito úmidos, porém menos encharcados do que os campos de várzea circunvizinhos.
- Campina de várzea – Apresenta como característica a variedade de ciperáceas e gramíneas que ocorrem nas várzeas úmidas e alagadas, em relevo de cotas mais baixas das regiões de Santa Cruz, Sepetiba, Piaí e Jacarepaguá.
- Campina halófila – É atingida pelas águas das marés, responsáveis pela alta salinidade destas áreas. Mesmo compartilhando características comuns à campina de várzea, apresenta vegetação halomórfica, caracterizada principalmente por espécies do gênero salicornia.
- Restinga – Apresenta a característica a vegetação rasteira, em solos arenosos das áreas próximas ao mar, associada a formações arbóreo-arbustivas de densidade variável ao longo da faixa litorânea (praias, dunas e cordões arenosos), incluso a restinga da Marambaia.
- Mangues – Possuem aspecto crassulóide, rampante, de área alagadas diariamente por marés. Ocorrem em faixas contíguas ao mar e eventualmente penetram ao longo de rios e canais até as margens das lagoas e áreas baixas mais próximas.

2.1.3. Geologia

O substrato rochoso da cidade do Rio de Janeiro, segundo RIO DE JANEIRO (2014), é formado por rochas metamórficas de alto grau e rochas ígneas intrusivas de idade pré-cambriana. As metamórficas predominantes são os gnaisses e migmatitos, já as ígneas intrusivas é o granito que predomina. Rochas sedimentares semiconsolidadas são encontradas em poucos pontos da cidade.

Todo o conjunto geológico é atravessado por rocha ígneas mais recentes na forma de diques básicos de basaltos e diabásicos. A cidade apresenta uma estrutura geológica que influenciam nos escorregamentos através de falhas e foliações.

O mapa geológico é apresentado na Figura 2.4 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e foi elaborado por HELMOBOLD *et al.* (1965) porém foram simplificadas as denominações, baseados em HEILBRON *et al.* (1993) e HEINE (1986) (in GEO-RIO 2014).

2.1.4. Geomorfologia

A geomorfologia da cidade foi formada pelos próprios escorregamentos que resultaram em maciços montanhosos, com presença de escarpas rochosas, depósito de colúvios e tálus, encostas convexas e côncavas (GEO-RIO, 2014).

Os principais conjuntos geomorfológicos são as formações de maciços litorâneos e regiões de baixada, sendo ainda possível considerar também alguns morros isolados (FERNANDES *et al.* 2006). Os conjuntos montanhosos são o Maciço da Tijuca, o Maciço Marapicú-Gericinó e o Maciço da Pedra Branca, que serão descritos a seguir. Na Figura 2.5 são localizados os maciços na cidade.

- **Maciço da Tijuca:** Situado na região Leste, formado pela Serra da Tijuca e pela Serra da Carioca (limitada pela Pedra da Gávea ao sul e Morro de Santa Tereza ao norte), está situado no leste da cidade. O Pico da Tijuca com altitude máxima de 1.021m acima do nível do mar, Bico do Papagaio (975m) e Pico do Andaraí (900m) são os pontos mais elevados do maciço. Sua constituição é principalmente por gnaiss, porém existem algumas intrusões graníticas (Serra dos Pretos Forros e Morro da Taquara).
- **Maciço Marapicú-Gericinó:** Situado na região norte, na divisa com Nova Iguaçu (região norte da cidade), com altitude máxima de 887m acima do nível do mar. Engloba as Serras de Marapicú, Gericinó e Mendanha. Predominantemente constituído por rochas alcalinas plutônicas (Mendanha

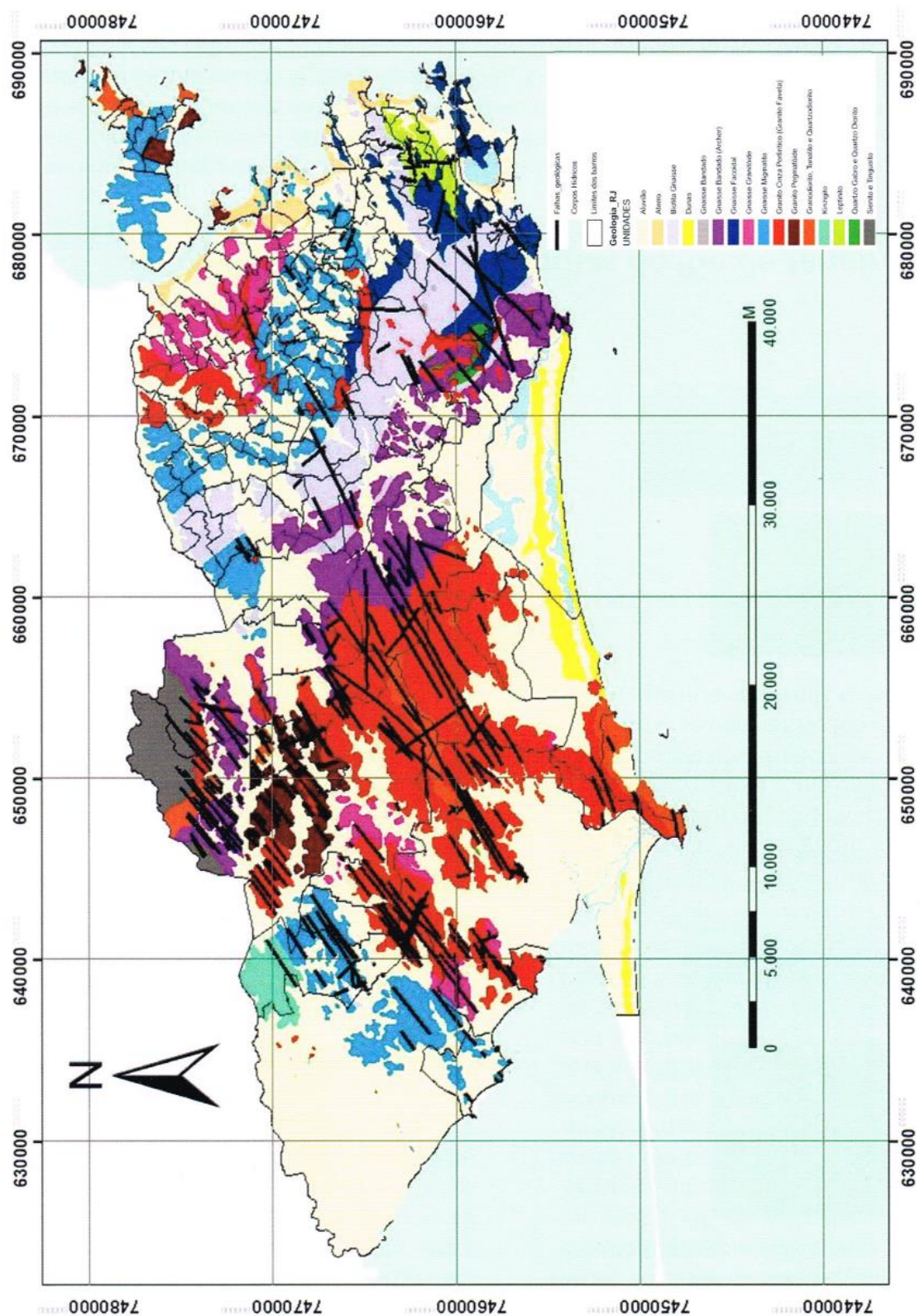


Figura 2.4 - Mapa geológico do Rio de Janeiro (GEO-RIO 2014)

e Marapicú) e granito, o maciço é atravessado por diques de fonolito (PEDROSA, 1994).

- **Maciço da Pedra Branca:** Situado na região central, separa as planícies de Jacarepaguá e Sepetiba. O ponto de maior altitude acima do nível do mar é o morro da Pedra Branca (1.024m), sendo este, inclusive, o pico mais elevado da cidade. Também fazem parte deste maciço as Serras Viegas e Tocas. Sua constituição é de gnaiss (porções leste e nordeste) e por extensas intrusões de diques, na maioria basalto, fonolito e diabásico, e de granito.

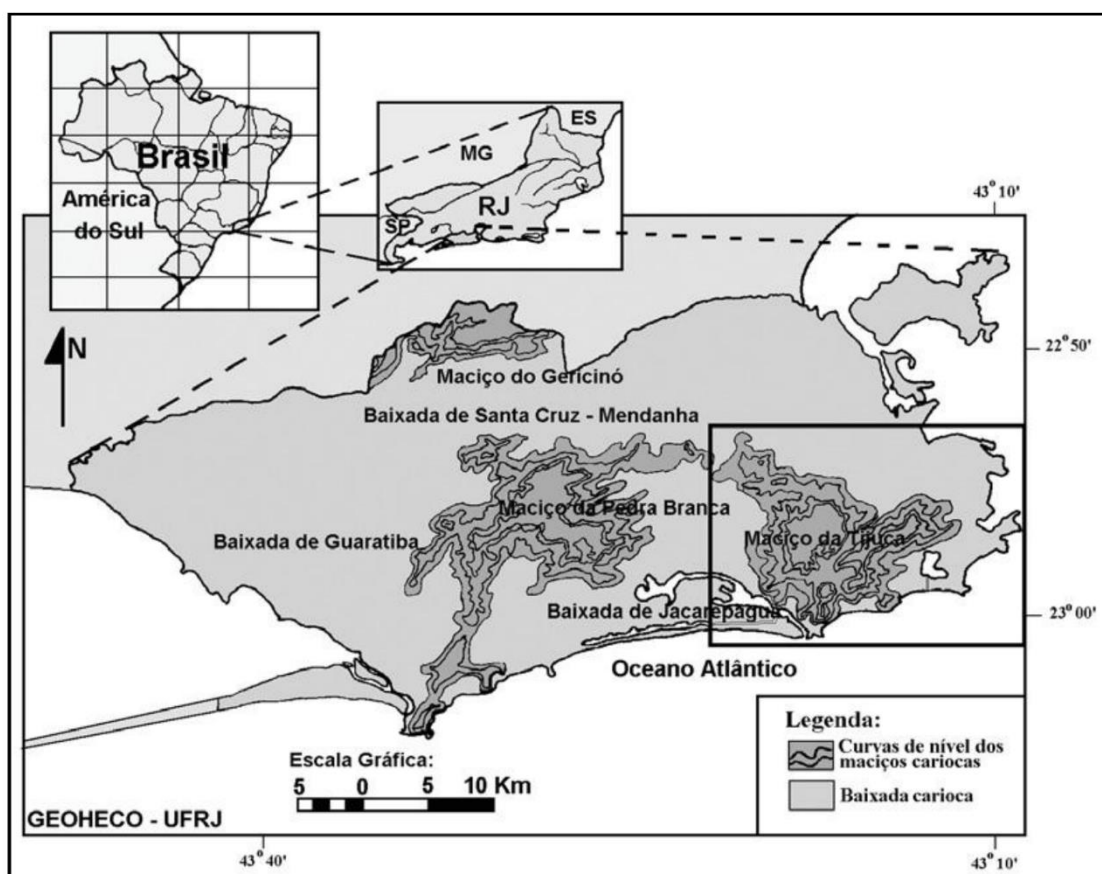


Figura 2.5 - Geomorfologia no Rio de Janeiro (Fonte: FERNANDES, 1998 apud AZEVEDO, 2011).

Outros locais apresentaram elevações isoladas, porém com altitudes inferiores a 250m (PEDROSA, 1994). Esses lugares são Juramento, Telégrafo, Sapê Pedra da Babilônia, Penha na zona norte, além dos morros da Viúva, Cabritos, Panela, Cantagalo, Urubus e Camorim.

O restante da cidade do Rio de Janeiro é separado em quatro principais planícies costeiras. São elas:

- Guanabara - localizada na parte nordeste;
- Jacarepaguá - localizada na parte sudeste;
- Sepetiba - localizada na parte oeste;
- Marambaia - com 45km de litoral marítimo (Restinga da Marambaia).

Outra característica da cidade são os maciços de baixa altitude e morros isolados na baixadas. São morros com vertentes convexas, suaves e topos arredondados, caracterizando uma grande área de Argissolos Amarelos e Vermelho-Amarelos.

2.1.5. Pedologia

De maneira geral, nas encostas associadas aos maciços montanhosos e às colinas da cidade do Rio de Janeiro ocorrem solos minerais não-hidromórficos, que se desenvolvem em zonas de oxidação do terreno, onde os horizontes A e B apresentam boa drenagem e são pouco afetados pelo aquífero (GEO-RIO, 2014).

Segundo PEDROSA (1994), os solos que recobrem a cidade podem ser classificados em depósitos fluviais, marinhos e sedimentares nas zonas de baixada, aterros, colúvios e solos residuais de composição *in situ*. Estes recobrem aproximadamente 50% do estado do Rio de Janeiro e são resultantes da decomposição de gnaisses e granitos. Como exemplo de solos residuais gnaisses tipo leptino tem-se as encostas de Laranjeiras, Cosme Velho e Santa Tereza. Já solos residuais oriundos da decomposição do gnaisses facoidal, com textura fina a média, dificilmente são encontrados. Os solos residuais provenientes de granito apresentam granulação fina a média, com resistência ao intemperismo semelhante ao leptinito, constituindo uma matriz de solo areno-argiloso com espessura variável.

Características geomorfológicas da cidade do Rio de Janeiro conduzem à formação de extensivos depósitos coluvionares e de talus, conforme mencionado anteriormente. A decomposição do gnaisses também forma depósitos coluvionares, podendo ser constituídos de blocos oriundos de quedas ou material solto na superfície de taludes não escarpados, devido aos escorregamentos laterais e planares em direção aos talwegues.

Taludes coluvionares naturais marginalmente estáveis apresentam o nível d'água próximo à superfície e fluxo paralelo, além de coesão geralmente inexistente, devido ao alto grau de amolgamento a que o solo foi submetido causado por

deslocamentos. Esse colúvios, portanto, ocupam os sopés das escarpas rochosas e as linhas de talvegues nos morros existentes (LACERDA E SANDRONI, 1985).

2.1.6. Demografia

Segundo BAENINGER (2003) desde os anos 40, observa-se no Brasil aumento significativo da população em áreas urbanas. No ano de 1940, 12,8 milhões de pessoas residiam nas áreas urbanas, porém a população rural ainda representava 69% do total da população do Brasil. Já em 1991, mais de 110 milhões de habitantes residiam no meio urbano e depois passando para 137,9 milhões em 2000 conforme pode ser visto na Tabela 2.1. Ou seja, em 2000, o número de pessoas vivendo nas áreas rurais passou a ser apenas 18,7% da população nacional.

Tabela 2.1 - Variação da população residente no Rio de Janeiro entre 2000 e 2010 por setores. (Fonte: CAVALLIERI & VIAL, 2012)

População Total, Urbana e Rural e Taxas de Crescimento da População
Brasil
1940-2000

Ano	População (em milhares)			Taxas de Crescimento (% a.a.)		
	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural
1940	41.236	12.880	28.356			
				2,33	3,84	1,58
1950	51.994	18.783	33.162			
				3,05	5,32	1,54
1960	70.191	31.534	38.657			
				2,87	5,15	0,60
1970	93.139	52.084	41.054			
				2,48	4,44	-0,62
1980	119.002	80.436	38.566			
				1,93	2,96	-0,66
1991	146.917	110.876	36.042			
				1,35	2,11	-1,16
1996	157.080	123.082	33.997			
				1,93	2,85	-1,62
2000	169.799	137.953	31.845			
1991- 2000				1,63	2,44	-1,30

Esse fenômeno da urbanização da população, marcados por intensos fluxos migratórios, apontavam para o crescimento progressivo das grandes cidades na década de 70. Isto fez com que tal período fosse marcado pela "explosão do crescimento urbano", com a concentração da população em cidades cada vez maiores (MARTINE, 1987 apud BAENINGER, 2003). Estima-se que cerca de 50

milhões de pessoas deixaram a área rural em busca de áreas urbanas entre 1950-2000 (Rigotti *et al* 2001 apud BAENINGER, 2003).

Na Figura 2.6 pode ser visto a transformação populacional sofrida na cidade do Rio de Janeiro. Na década de 20 a cidade possuía um pouco mais que 1 milhão de pessoas, já na década de 60, 3,2 milhões. No censo realizado pelo IBGE o ano de 2010 apresentava 6,3 milhões de pessoas, mostrando que em 50 anos o número de pessoas quase dobrou.

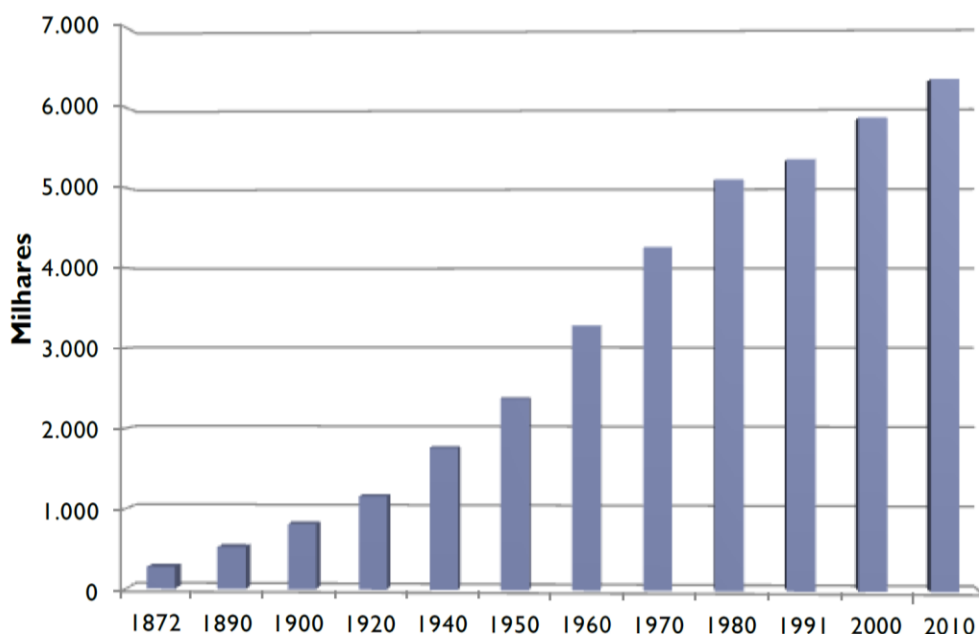


Figura 2.6 - Gráfico do crescimento populacional da cidade do Rio de Janeiro entre 1872-2010. (Fonte: IBGE 2013)

O crescimento populacional, se não for bem organizado e muito bem gerido pelo governo, gera vários problemas, inclusive problemas ligados à ocupação desordenada dos espaços e criação de aglomerados subnormais, que alguns chamam de favela ou “comunidades”. Esse crescimento populacional aliado a urbanização gera grande pressão nas áreas urbanas, exigindo mais espaço do meio físico, e assim levando à ocupação cada vez maior de áreas impróprias para morar, gerando riscos à integridade física de um número cada vez maior de pessoas.

2.1.6.1. A ocupação urbana e os aglomerados

Conforme CALLIERI E VIAL (2012), o tratamento dado pelo IBGE ao tema dos aglomerados subnormais propiciou a produção de dados reveladores no Censo de 2010. Esses aglomerados correspondiam em 2010 a 6% (11,4 milhões) da população no Brasil, distribuídos por apenas 323 municípios (6% do número total). Sendo quase a

metade no Sudeste, com destaque para os Estados de São Paulo (2,7 milhões) e do Rio de Janeiro (2,0 milhões). Pelo IBGE, 88% de casas em aglomerados subnormais se concentravam em 20 regiões metropolitanas, e 45%, em 15 municípios com mais de um milhão de habitantes.

Nessas 15 grandes cidades brasileiras, o Rio de Janeiro e São Paulo têm números bastantes mais elevados que as demais. O Rio de Janeiro é o líder com cerca de 1,4 milhões de moradores em aglomerados subnormais, em seguida vem São Paulo, com 1,3 milhões.

Os censos do IBGE têm sido acompanhados pelo Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos (IPP) afim de verificar a transformação da população nos aglomerados subnormais (comunidades) do Rio de Janeiro. Segundo BESSERMAN & CAVALLIERI (2004) a população na cidade como um todo cresceu, entre 1991 e 2000, a uma taxa geométrica média anual de 0,74% aa, a população residente em aglomerados subnormais (comunidades) cresceu 2,20% aa e a chamada cidade formal a 0,40% aa.

A população das comunidades no Rio de Janeiro aumentou em cerca de 200 mil pessoas entre 1991 e 2000, passando de 896.565 para 1.092.476 habitantes, conforme a Figura 2.7. A participação da população em aglomerados em relação à população total passou de 16,4% em 1991 para 18,6% em 2000, na cidade do Rio de Janeiro (CEZAR,2002).

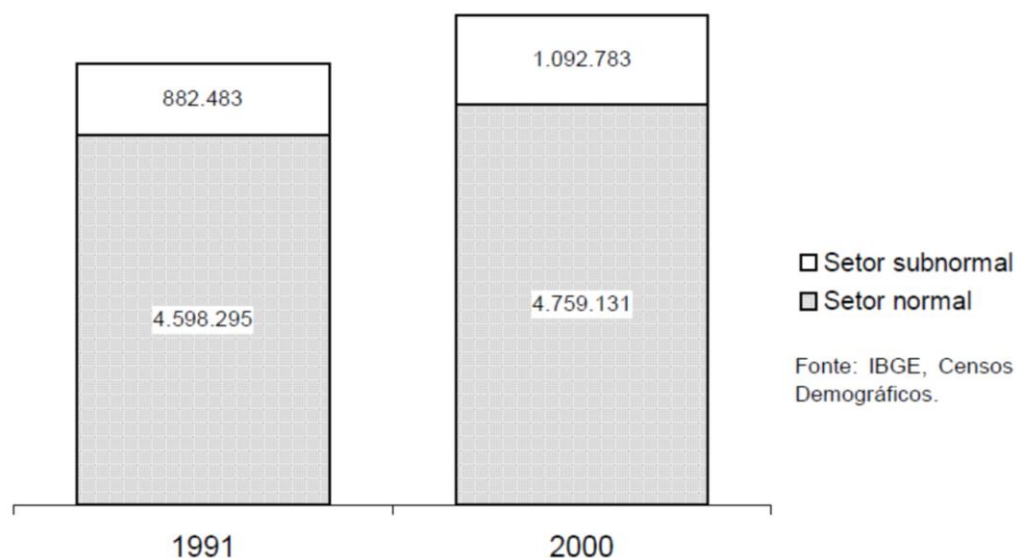


Figura 2.7 - População residente no Rio de Janeiro entre 1991 a 2000, segundo tipos de setores. (Fonte: CEZAR 2002).

Entre 2000 e 2010, o estudo de LINS *et. al.*, (2013) mostrou que a cidade continuou crescendo como um todo. A população do Rio de Janeiro subiu de 5.857.994

em 2000 para 6.320.446 habitantes em 2010, representando um aumento de 8%. Verificou-se também que a cidade tem estimativas de crescimento para o ano de 2020 na casa de 6,6 milhões de habitantes.

As favelas (aglomerados subnormais) continuaram a crescer na última década, numa velocidade superior à da cidade como um todo. Enquanto as favelas se expandiram a uma taxa de 19%, a população da “não-favela” (região formal) cresceu apenas 5% (CAVALLIERI & VIAL, 2012). Desta forma, a população residente em comunidades no Rio de Janeiro é de aproximadamente 1,4 milhão de pessoas nos dias atuais.

Considerando a cidade dividida em 5 áreas de planejamento, AP1 é a região do Centro, AP2 a Zona Sul, AP3 a Zona Norte, AP4 a região de Barra/Jacarepaguá e por fim, AP5 que é a Zona Oeste.

Na Tabela 2.2 pode-se observar que o grande crescimento relativo das comunidades se deu na área que mais se expande na cidade, não só demograficamente, como também em criação de empregos atrativos (CAVALLIERI & VIAL, 2012). Assim Barra/Jacarepaguá (AP4) foi a área que apresentou o maior crescimento não apenas nos aglomerados subnormais (53%), como também no setor normal (28%). Na região do Centro (AP1) e redondezas observou-se a segunda maior taxa de crescimento das comunidades (28%), sendo que nesta região os moradores do setor normal cresceram apenas 4%. A Zona Sul (AP2) apresentou um crescimento expressivo da comunidade com 15% e um decréscimo de 1% fora deste setor. Ocorreu uma tendência semelhante na Zona Norte (AP3): 11% no setor subnormal e -1% no setor normal. A Zona Oeste (AP5) foi a única região que apresentou maior crescimento do setor normal (15%) em relação a região de comunidade (8%).

Tabela 2.2 - Variação da população residente no Rio de Janeiro entre 2000 e 2010 por setores. (Fonte: CAVALLIERI & VIAL, 2012).

Áreas de Planejamento	Variação % da população - 2000 - 2010	
	Favela	Não Favela
Total	19%	5%
AP1 - Central	28%	4%
AP2 - Zona Sul	15%	-1%
AP3 - Zona Norte	11%	-1%
AP4 - Barra/Jacarepaguá	53%	28%
AP5 - Zona Oeste	15%	8%

Como pode ser visto, as proporções da população moradora em comunidades variam bastante entre as regiões da cidade. Fatores ligados ao processo histórico de ocupação, à localização de atividades econômicas e de serviços públicos e à disponibilidade de terra vêm, ao longo do tempo, influenciando o surgimento e a consolidação desse tipo de assentamento habitacional. Observa-se uma forte tendência de mudança de localização das comunidades, nos últimos 50 anos, dirigindo-se das áreas mais centrais, na porção leste da cidade, para as mais periféricas, na porção oeste (CAVALLIERI & VIAL, 2012). Na Figura 2.8 é evidenciada essa tendência de mudança espacial das comunidades não formais desde 1950.

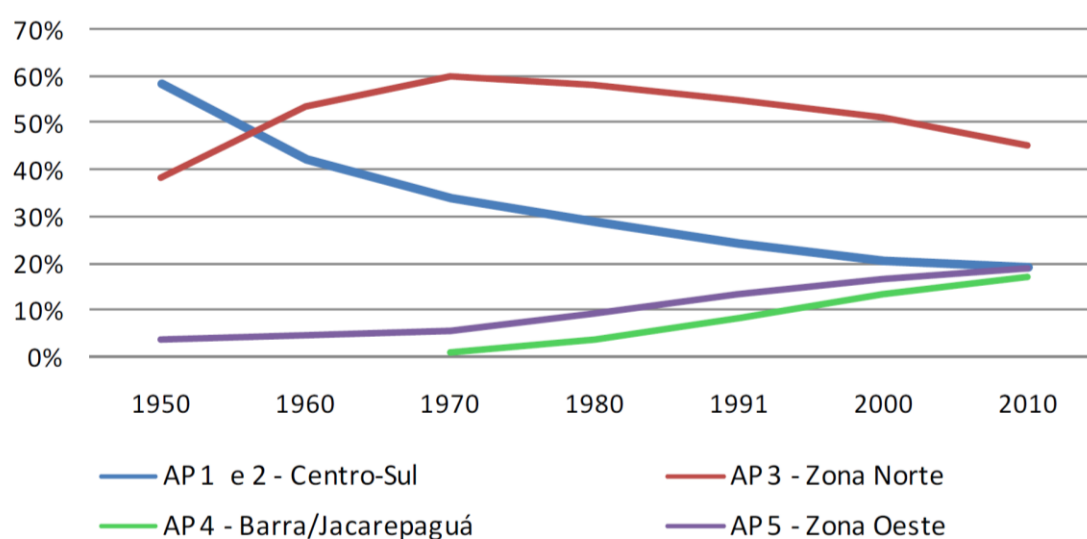


Figura 2.8 - População residente em aglomerações não formais no Rio de Janeiro entre 1950 a 2010, segundo tipos de setores. (Fonte: CEZAR 2002).

Analisando a Figura 2.8, nota-se nitidamente o percurso crescente das curvas correspondentes à AP5 e à AP4, regiões mais periféricas com grande disponibilidade de terra relativamente barata e, no caso da Barra da Tijuca, com muitas atividades empregadoras de mão de obra não especializada (construção civil, comércio e serviços gerais).

2.1.6.2. A evolução dos aglomerados

O IPP também realiza o controle da área de ocupação das comunidades, quantificando as áreas ocupadas por cada uma das comunidades mapeadas. Esse controle é através da análise visual de ortofotos digitais ou fotos de satélites. Em 2004 o voo aerofotogramétrico foi feito na altura de 15.000 metros, menor do que costumava ser feito. A diminuição na altura dos vãos entre coleções de ortofotos de 1999 e 2004

gerou uma melhor delimitação das favelas. Cabe frisar que o uso desta técnica, só permite medir o crescimento horizontal, ou seja a variação da área ocupada pelas comunidades.

Um estudo feito pelo instituto sobre o tema em questão compara a área das comunidades cadastradas nos anos de 1999 e 2004 a fim de examinar a evolução da ocupação. Segundo CAVALLIERI & LOPES (2006), o IPP tinha o cadastro de 750 comunidades com ortofotos para o estudo. As comunidades foram distribuídas pelas cinco áreas de planejamento já mencionadas no último item.

Essa distribuição foi feita de forma desigual pela cidade, sendo a Zona Norte (AP3) a região com maior número de comunidades (312) e a Zona Sul (AP2) com o menor número (52). A área ocupada pelas comunidades teve um aumento de 3,5%, de 41,46km² em 1999 para 42,89km² em 2004. Na Tabela 2.3 são apresentados os números de comunidades e variação das áreas para área de planejamento.

Tabela 2.3 - Número de comunidades (favelas) por área de planejamento e variação das áreas de 1999 e 2004.

Área de Planejamento	Nº de favelas	Área km ²		Variação %
		1999	2004	
Cidade	750	41,46	42,89	3,5
AP1 – Centro	63	2,26	2,28	0,6
AP2 - Zona Sul	52	4,11	4,10	-0,2
AP3 - Zona Norte	312	17,36	17,75	2,3
AP4 - Barra e Jacarepaguá	150	6,01	6,29	4,7
AP5 - Zona Oeste	173	11,71	12,47	6,4

Das 750 comunidades analisadas, 356 (47,47%) tiveram crescimento de área; 351 (46,80%) não alteraram suas áreas e 43 (5,73%) tiveram suas áreas reduzidas no período de 1999 a 2004. Dessas 43 comunidades, cujas áreas se reduziram, 25 comunidades, ou seja, pouco mais da metade, foram beneficiadas por programas de urbanização da Prefeitura, tais como Favela-bairro, Bairro e Urbanização de Grandes Favelas (CAVALLIERI & LOPES, 2006).

Num segundo estudo do IPP, elaborado por LOPES *et. al.* (2011) a cidade foi analisada para o período 2004 a 2011. Em 2011, eram 1.035 aglomerações subnormais cadastradas e distribuídas pelas cinco áreas de planejamento. Foi notado um aumento no número de comunidades analisadas, apresentando um acréscimo de 273 comunidades para esse período.

Para este período o número de comunidades continua bem elevado na Zona Norte (AP3), apresentando uma quantidade maior (401) em 2011 do que o período anterior (312). Em seguida vem a Zona Oeste (AP5), com 294 comunidades e Barra e Jacarepaguá (AP4), com 201. Nas demais regiões obtinham um número menor de comunidades, sendo a AP2, constituída por bairros da Zona Sul, Tijuca e Vila Isabel, com um número de aglomerados de 65, seguida da AP1 (zona central), com 74. É importante observar que AP3, AP4 e AP5 apresentaram registro de diminuição do total de comunidades para o período 2004 a 2011. (Ver Tabela 2.4)

Tabela 2.4 - Número de comunidades existentes no cadastro por ano segundo áreas de planejamento –.2004 a 2011 (Fonte: LOPES et. al. 2011).

Área de Planejamento	Nº de comunidades em cada ano				
	2004	2008	2009	2010	2011 ¹
Cidade	1.023	1.045	1.045	1.041	1.035
AP1 - Centro	73	74	74	74	74
AP2- Zona Sul	66	65	65	65	65
AP3 - Zona Norte	394	404	404	402	401
AP4 - Barra e Jacarepaguá	202	206	206	205	201
AP5 - Zona Oeste	288	296	296	295	294

Juntando os valores apresentados pelos dois estudos feitos pelo IPP, e comparando-se a variação entre os anos de 2004 e 2008, e entre 2008 e 2011, tem-se no primeiro período, conforme a Tabela 2.5, um aumento de 2,2% na área de comunidade. Já no segundo período, observa-se um decréscimo de 1,8%. O maior registro na cidade foi em 2008 com a área de comunidade ocupando 46,84Km² dos 1.224,56Km² do território da cidade.

Comparando os estudos feitos pelo IPP percebe-se que foi registrado, por LOPES et. al. (2011) na Tabela 2.5, uma área ocupada em 2004 de 45,85 km², número maior ao registrado pelo estudo de CAVALLIERI & LOPES, 42,89 km². Essa divergência, porém, não atrapalha as observações feitas, sendo um bom indicador para o planejamento urbano.

Tabela 2.5 - Área ocupada por comunidades, por ano, segundo áreas de planejamento – 2004 a 2011 (LOPES *et. al.* 2011).

Área de Planejamento	Área de favela (Km ²)					Variação 2004/2008(%)	Variação 2008/2011(%)
	2004	2008	2009	2010	2011		
Cidade	45,85	46,84	46,82	46,43	45,99	2,2%	-1,8%
AP1 - Centro	2,38	2,42	2,42	2,37	2,36	1,6%	-2,3%
AP2- Zona Sul	4,20	4,18	4,19	4,11	4,05	-0,4%	-3,2%
AP3 - Zona Norte	18,11	18,45	18,37	18,18	17,99	1,9%	-2,5%
AP4 - Barra e Jacarepaguá	6,78	7,00	7,02	6,98	6,89	3,2%	-1,4%
AP5 - Zona Oeste	14,38	14,79	14,82	14,78	14,70	2,9%	-0,6%

Na Figura 2.9 é apresentada uma evolução da área ocupada por comunidade nos anos de 2004, 2009, 2009, 2010 e 2011. Observa-se uma tendência à diminuição da área ocupada por comunidade a partir de 2008.

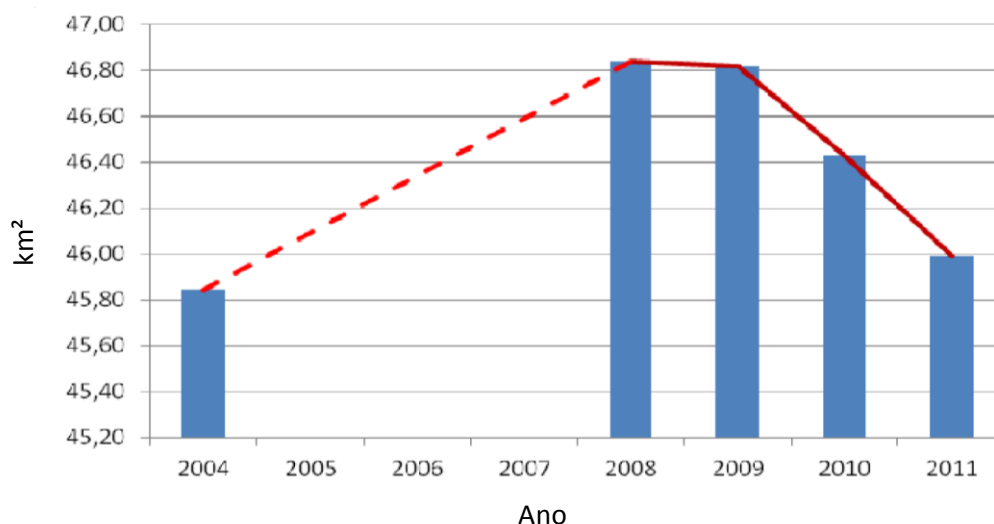


Figura 2.9 – Evolução da área ocupada por comunidade (km²) (Fonte: LOPES *et. al.* 2011).

Para os autores citados, essa mudança diminuindo a área horizontal das comunidades na cidade do Rio de Janeiro, explica-se por três motivos principais:

- A política pública municipal de redução da área ocupada por comunidades adotada após 2009;
- As chuvas ocorridas em 2010, principalmente em abril que causaram a destruição de edificações e desestabilizações de terrenos, levando o Poder Público a transferir centenas de famílias moradoras de comunidades para locais seguros;
- As desapropriações de áreas em comunidades, em função das obras públicas promovidas pelo Governo, em especial, o Programa de Aceleração

do Crescimento – PAC, o Morar Carioca e diversas intervenções voltadas para os grandes eventos esportivos de 2014 e 2016.

Os trabalhos realizados pelo IPP têm sido importantes para acompanhar as transformações do uso do solo e da ocupação. Os resultados informam à sociedade e aos especialistas as condições da ocupação urbana e ajudam a avaliar e monitorar a execução de políticas públicas sobre este assunto.

2.1.6.3. Principais aglomerados

No Censo de 2010 o IBGE divulgou uma listagem com todos os aglomerados subnormais brasileiros. Os seis maiores aglomerados do Brasil apresentavam mais de 50mil habitantes e dois eram cariocas, ocupando a primeira e a terceira posição sendo eles a Rocinha e Rio das Pedras respectivamente. Todos os outros quatro estão em Brasília, São Luís, Belém e Recife. Essas comunidades são tão grandes, que para efeito de comparação sabe-se que apenas 16% dos 5.565 municípios brasileiros pesquisados pelo IBGE em 2010 tinham mais de 50 mil habitantes.

Segundo CAVALLIERI & VIAL (2012) as dez maiores comunidades não formais no Brasil, em número de moradores em 2010, totalizavam quase 400 mil habitantes, isso é, um terço do total da população que vive em comunidade. Com exceção da Rocinha, a maior de todas tanto na cidade quanto no Brasil, situada na Zona Sul, todas as demais estão agrupadas em complexos, segundo a nova metodologia de classificação, adotada a partir do Programa Morar Carioca, lançado em 2010 pela Prefeitura da cidade do Rio.

Para apresentar uma visão geral da distribuição da população moradora em comunidades, elaborou-se um mapa temático que atribui cores a cada um dos 160 bairros cariocas. Na Figura 2.10 quanto mais escura a cor do bairro, maior a quantidade de pessoas morando em comunidades naquele bairro. Vinte e um bairros não tinham favelas em 2010. A variação da população de moradores em comunidades era enorme, indo de 44 habitantes na Cidade Universitária a quase 90 mil no bairro de Jacarepaguá (CAVALLIERI & VIAL, 2012).

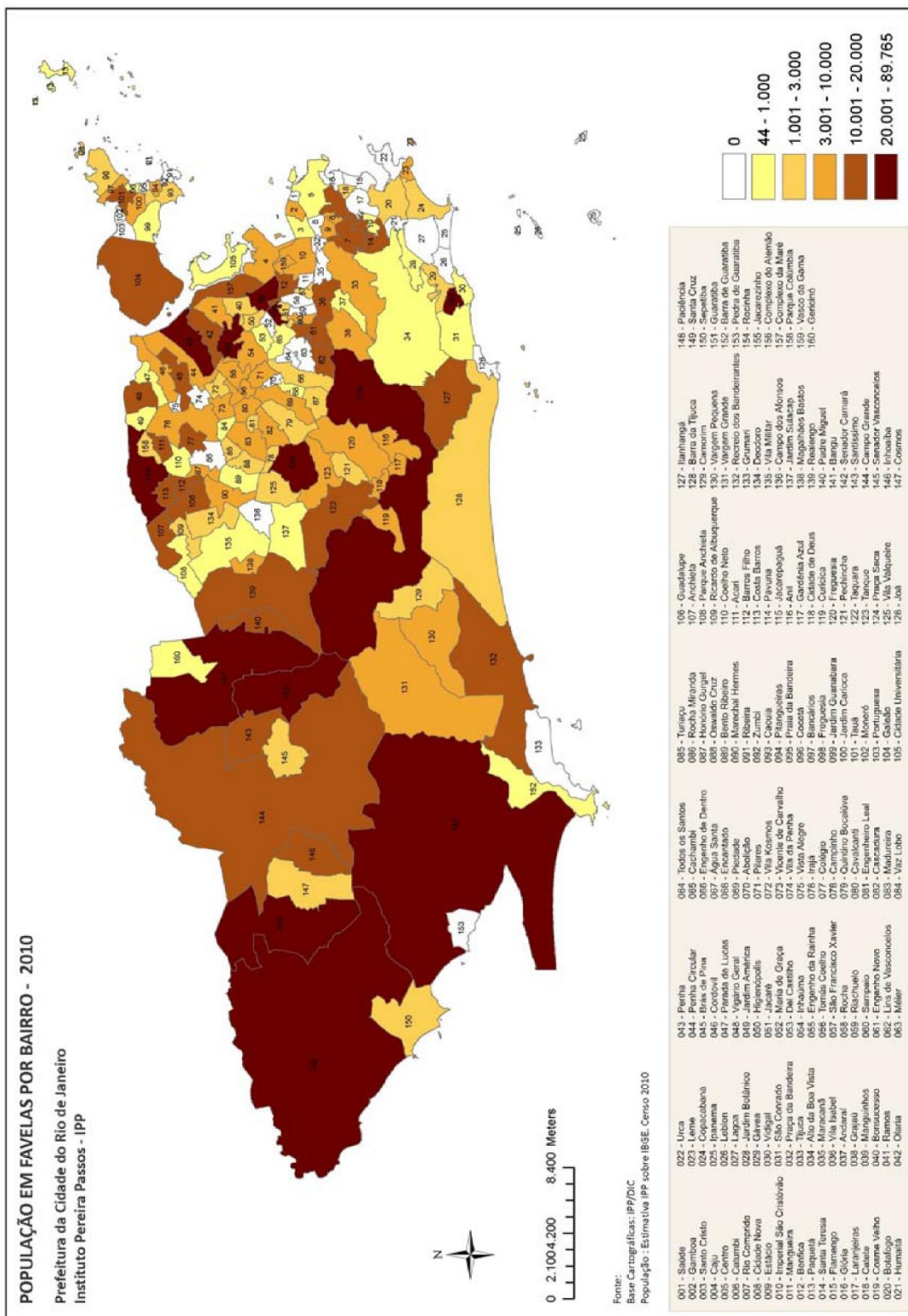


Figura 2.10 - População em comunidades não formais por bairros. (Fonte: CAVALLIERI & VIAL, 2012).

2.2. Área de Risco

As áreas de risco compreendem regiões que têm populações ou instalações em condições vulneráveis a desastres sócio-ambientais, visto a susceptibilidade desses locais a eventos, como escorregamentos e inundações. A população que vive em condições de risco tem apresentado um crescimento anual variando de setenta a oitenta milhões de pessoas em todo mundo, sendo mais de 90% dessa população localizada nos países em desenvolvimento, com menos recursos econômicos disponíveis (TOMINAGA *et. al.*, 2009). Nesses países em desenvolvimento falta planejamento urbano, têm baixos investimentos na saúde e na educação, além dos poucos cuidados com o meio ambiente, aumentando a vulnerabilidade das comunidades.

Como foi visto, o processo de urbanização no Brasil ocorreu de forma intensa e desigual, não proporcionado a todos a oportunidade de viver em um local com condições dignas. Parte da população menos favorecida acaba por ocupar áreas não adequadas para a morar, que, muitas vezes, oferecem risco à vida.

Segundo o MINISTÉRIO DAS CIDADES (2006) cada ano, notícias de acidentes causados pelas chuvas mais intensas ou prolongadas revelam a existência de áreas de risco em várias cidades brasileiras onde este problema, possivelmente, nunca esteve presente nas demandas que mobilizam as ações e os recursos das prefeituras. Além disso as notícias mostram que, em algumas cidades as tragédias se repetem ciclicamente como se fossem inevitáveis. Nas manchetes, governantes responsabilizam outros níveis de governo, a ocupação de áreas perigosas pela população mais pobre ou até mesmo “excessos” da natureza. Na Tabela 2.6 é mostrado o alto número de vítimas fatais no período de 1988 a 2006 associados a escorregamentos no Brasil.

Nas últimas duas décadas, o meio técnico-científico nacional avançou bastante na compreensão dos processos associados a escorregamentos, erosão, inundações, contaminação e outros perigos ambientais e das alternativas para prevenção e redução de acidentes, contribuindo e aprendendo com algumas experiências locais bem-sucedidas de gerenciamento integrado de riscos (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2006)

A estratégia de redução de desastres precisa ser acompanhada do desenvolvimento socioeconômico e de um criterioso gerenciamento ambiental, devendo ser construída uma política de desenvolvimento sustentável que considere os tipos de perigo existentes no ambiente e planos estratégicos para redução de riscos (ALCANTARA-AYALA, 2002; UN-ISDR, 2004).

Tabela 2.6 - Número de óbitos causados por acidentes associados a escorregamentos no Brasil por ano – 1988 a 206 (Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT).

ANO	NÚMERO DE MORTES
1988	277
1989	90
1990	34
1991	26
1992	99
1993	28
1994	64
1995	166
1996	228
1997	89
1998	23
1999	48
2000	85
2001	58
2002	68
2003	102
2004	57
2005	51
2006	13

2.2.1. Gerenciamento de risco

Conforme MINISTÉRIO DAS CIDADES (2006) os anos 1990 foram declarados pela Organização das Nações Unidas como a Década Internacional de Redução dos Desastres Naturais (International Decade for Nature Disaster Reduction – IDNDR). Um período dedicado ao desenvolvimento de soluções para diminuição do risco decorrente de perigos naturais, fortalecendo os programas de prevenção e redução de desastres socioambientais. O Brasil participou pouco dos debates e das atividades propostas ao longo deste período, mesmo que tenha sido a partir desta época que ocorreram os maiores avanços no campo técnico-científico e nas experiências de gestão local de riscos. Esta década teve o mérito de ampliar os debates, antes quase que exclusivamente centrado no campo das obras e soluções de engenharia para temas como a prevenção e a redução da vulnerabilidade.

Pela mesma fonte, o cenário de desastres em vários países, apesar do esforço empreendido durante essa década, levou à implantação em termos permanentes pela ONU da Estratégia Internacional para a Redução de Desastres - EIRD (International Strategy for Disaster Reduction - ISDR), que tem como foco a redução das vulnerabilidades das comunidades como forma de reduzir o risco de desastres,

promovendo envolvimento dos setores públicos e promovendo parcerias para implementar medidas de redução de risco.

Uma vez que é conhecido o perigo de ocorrer um determinado desastre sócio-ambiental e, na maioria dos casos, inevitável, o objetivo é amenizar a exposição ao perigo por meio do desenvolvimento de capacidades individuais, institucionais e da coletividade que possam contrapor-se aos perigos e danos. Considera-se essencial o papel da participação comunitária e da capacidade de enfrentamento da população no entendimento do risco de desastre. Atualmente há um reconhecimento, que vem crescendo, do quanto os esforços humanitários ainda são importantes para que diversos países se recuperem de eventos desastrosos, mas este tipo de ação necessita de apoio contínuo para sua manutenção (UN-ISDR, 2004).

Sabendo que há um o grande desequilíbrio entre as ações de prevenção de desastres e ações de resgates de urgência após o desastre, VEYRET (2007) aponta que as ações preventivas de redução de riscos não oferecem a mesma visibilidade a nível nacional e internacional, em relação aos programas de atendimentos de emergência, devido à grande exposição na mídia que estes normalmente proporcionam. Isto seria o motivo das políticas de prevenção normalmente receberem menos recursos financeiros e serem menos atendidas por estes órgãos.

No entanto deve-se haver um equilíbrio entre as medidas de redução de risco e de gerenciamento do impacto dos desastres. Como exemplos desse equilíbrio tem-se países como Colômbia, México e outros países do Caribe que incluem reservas em seus processos orçamentários para eventos ambientais que são comuns por lá. Para este equilíbrio é solicitado uma dedicação intensa na antecipação e na redução do risco.

As medidas de gerenciamento de risco devem ser continuamente melhoradas e satisfatoriamente adaptadas contra os eventos atuais e riscos extremos. Para isto uma grande variedade de procedimentos está incluída como diminuição da pobreza, planejamento do uso da terra, desenvolvimento e cumprimento de normas de construção, melhorias na vigilância sanitária e epidemiológica, sistemas de avisos antecipados, planos de evacuação e gerenciamento e restauração de ecossistemas.

Risco de desastres continuará aumentando em muitos países, dado que mais pessoas estarão expostas a extremos climáticos. Esses desastres aumentarão a distribuição não uniforme do risco entre países mais ricos e mais pobres, logo o gerenciamento de risco torna-se crítico para conter as fatalidades (RCCD, 2012).

2.2.2. Sistema Alerta Rio

O Alerta Rio é o sistema de alerta de chuvas intensas e de deslizamentos em encostas do município do Rio de Janeiro. Foi criado em setembro de 1996 e é gerenciado pela Fundação GEO-RIO, com o objetivo de emitir Boletins de Alerta à população sempre que houver previsão de chuvas intensas que possam gerar acidentes geotécnicos e/ou inundações de vias públicas (ALERTA RIO, 2014).

Além de monitorar a precipitação, a GEO-RIO efetua registros de deslizamento de encostas que ocorrem na cidade. Relações entre chuvas e movimentos de massa foram estabelecidas por D'ORSI *et al.* (1997), estes estudos serviram como base na definição de critérios de alerta a escorregamentos na cidade.

Tem-se o monitoramento ininterrupto de registros pluviométricos fornecidos por uma rede com 30 estações pluviométricas espalhadas por toda a cidade do Rio de Janeiro. Foram instalados em locais de maiores riscos a escorregamentos, já previamente estabelecida pela GEO-RIO. As condições de acesso e segurança dos equipamentos contra roubos e vandalismos, também foram considerados para a instalação dessas estações (D'ORSI, 2013). Com uma boa cobertura da cidade, o monitoramento era feito pontualmente e das massas de chuva com maiores intensidades (células). Estas estações enviam informações a cada 15 minutos para a central do Alerta Rio, tempo que se mostrou ser suficiente para o acompanhamento da chuva.

Em 2000, o Alerta Rio passou por mudanças passando a ser também um sistema de previsão de chuvas intensa capazes de produzir transtornos sérios a cidade do Rio de Janeiro. D'ORSI *et al.* (2004) apresentou uma melhoria do sistema da GEO-RIO, que, a partir de 1999, incorporou um sistema de previsão de chuvas intensas, através de análises de imagens de satélite e interpretação de meteorologistas, com a grande vantagem de obter as informações sobre estes eventos intensos antecipadamente à ocorrência dos mesmos.

Depois das chuvas intensas de 2010 o controle do Alerta Rio se juntou ao Centro de Operações do Rio – COR, e integrando uma cadeia com 30 instituições que monitoram, 24 horas por dia, todo dia, o cotidiano da cidade. No COR estão integradas todas as etapas de um gerenciamento de crise, desde a antecipação redução e preparação, até a resposta imediata às ocorrências, como chuvas fortes, deslizamentos e acidentes de trânsito.

Com o monitoramento pluviométrico e com as previsões efetuadas dos meteorologistas foram estabelecidos níveis críticos de pluviosidade que tornam mais

altas as probabilidades de ocorrência movimentos de massa nas encostas. Foram então determinados quatro estágios em função da chuva esperada. Os quatro estágios possíveis são:

- Estágio de normalidade – Situação sem previsão de chuva ou previsão de chuva fraca nas próximas horas. Os operadores do Alerta Rio realizam apenas monitoramento das condições meteorológicas.
- Estágio de Atenção – Situação de previsão de chuva moderada, possivelmente forte, nas próximas horas, podendo causar alagamentos e deslizamentos isolados, e transtornos pontuais que provoquem reflexos na mobilidade. Neste estágio, os operadores estão em comunicação constante com os órgãos municipais que atuam nas situações de chuva.
- Estágio de Crise – Previsão de chuva forte, ocasionalmente muito forte nas próximas horas, podendo causar múltiplos alagamentos e deslizamentos, e transtornos generalizados em uma ou mais regiões da cidade. Nesta situação as equipes emergenciais da Prefeitura já estão atuando (ALERTA RIO, 2017).

Na Tabela 2.7 é apresentado os índices utilizados pelo Alerta Rio para informar o nível de probabilidade de ocorrência de deslizamento. Essa análise pode ser feita tanto pela intensidade horária ou pelos acumulados de chuva para 24h ou 96h.

Tabela 2.7 - Índices utilizados pelo Alerta Rio para informar o nível de probabilidade de ocorrência de deslizamentos. (Fonte: MARTINS, 2014)

Acumulado	NÍVEL MÉDIO	NÍVEL ALTO	NÍVEL MUITO ALTO
<u>1h</u>	25 a 50 mm	50 a 80 mm	Maior que 80 mm
<u>24h</u>	85 a 140 mm	140 a 220 mm	Maior que 220 mm
<u>96h</u>	140 a 220 mm e 25 a 50 mm/24h	220 a 300 mm e 50 a 100 mm/24h	Maior que 300 mm e Maior que 100 mm/24h

Foi então implantado o Sistema de Alerta Por Sirenes em 103 comunidades que possuem moradias em área de risco já previamente mapeadas pela GEO-RIO. Esse sistema foi implantado pela Defesa Civil e pela própria GEO-RIO, sendo o acionamento do alarme sonoro através do registro limite de chuva. Os índices pluviométricos críticos para o acionamento da sirene é apresentado na Tabela 2.8. A chuva atingindo os limites estabelecidos, a sirene é acionada informando aos moradores sobre o risco de

escorregamentos e solicitando que os mesmos se dirijam para os Pontos de Apoio. Os pontos de apoios são locais seguros previamente definidos na comunidade, como igrejas, associação de moradores, escolas e outras (DEFESA CIVIL RIO DE JANEIRO, 2013).

Tabela 2.8 – Condições para acionamento de alarme sonoro. (Adaptado de: MARTINS 2014)

Pluviometria	Valores limites
mm acumulado em 1h	> 40mm/h
mm acumulado em 24h	> 125mm/24h e: ≥ 6mm/h ou ≥ 10mm/2h
mm acumulado em 96h	> 200mm/96h e >40mm/24h e : ≥ 10mm/h ou ≥ 16mm/2h ou ≥ 18mm/3h ou ≥ 20mm/4h

O alarme além de ser acionado ao atingir 40mm/h, ele pode ser acionado para chuva acumulada de 24h e 96h. Por exemplo, analisando para o acumulado de 24h, o alarme acionará se a chuva chegar a 125mm em 24h juntamente com o valor de 6mm em 1h ou 10mm em 2h.

2.2.3. Investimentos em contenção de encostas no Rio de Janeiro

A intervenção do homem, sem utilização de técnicas e procedimentos adequados, pode aumentar a frequência e a intensidade dos escorregamentos. Essa influência é ainda maior em áreas urbanas localizadas em áreas com características geotécnicas desfavoráveis e ocupação desordenada, em períodos chuvosos (IDE, 2005).

Sabendo que a construção de estrutura de contenção e sistema de drenagem eficientes influenciam favoravelmente à estabilidade das encostas, a Fundação GEO-RIO, vem investindo nesses métodos. São construídos estruturas de arrimo, contrafortes, cortinas ancoradas, canaletas de drenagem dentre outros. A manutenção de estruturas de estabilização já existentes também é realizada para a segurança da cidade do Rio de Janeiro. Na Figura 2.11, pode-se observar o investimento realizado na cidade no período de 1988 a 1996, que somado alcança mais de US\$ 190 milhões, representando, em torno de R\$ 66 milhões por ano (considerando a atual cotação do dólar de R\$ 3,15).

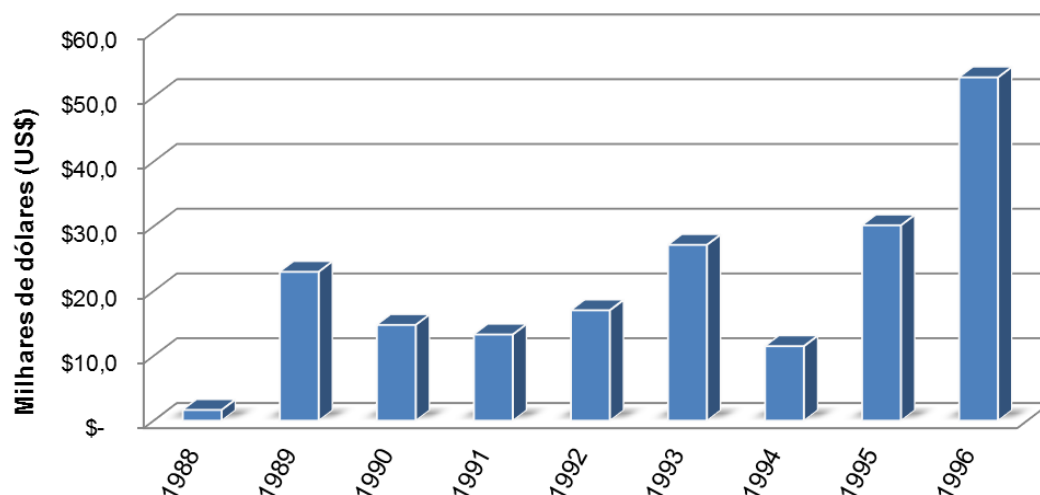


Figura 2.11 – Investimentos em obras pela GEO-RIO de 1988 a 1996.
(Fonte: GEO-RIO, 1996)

Segundo MARTINS (2014) os investimentos na cidade continuaram na década seguinte. Na Figura 2.12 pode ser verificado o montante aplicado em cada uma das áreas da cidade entre o período de 2001 e 2014. Nota-se que as áreas que receberam os maiores aportes de investimentos foram as regiões do Grande Méier, na Zona norte da cidade, com mais de R\$ 130 milhões aplicados, e a Zona Sul com quase R\$ 100 milhões investidos. O centro e a Grande Tijuca receberam aproximadamente R\$ 50 milhões cada. Bangu foi a região com menor investimento com R\$ 5 milhões. O item “Diversos” representa os contratos em que o escopo do trabalho previa o investimento em várias regiões da cidade.

Os altos investimentos nas regiões do Méier e da Zona Sul são possivelmente em áreas de maior risco e com alto índice populacional. Sabendo as áreas de suscetibilidade de cada região, na

Figura 2.13 foi apresentado investimento feito por km² para cada região.

Ao todo foram investidos mais de R\$ 500 milhões entre 2001 e 2014, em obras geotécnicas pela cidade do Rio de Janeiro. Estes investimentos evidenciam um fator que tende a aumentar os limiares de chuva apresentados anteriormente, fazendo que a cidade responda melhor a episódios de chuvas intensas e diminua o número de ocorrências de escorregamentos.

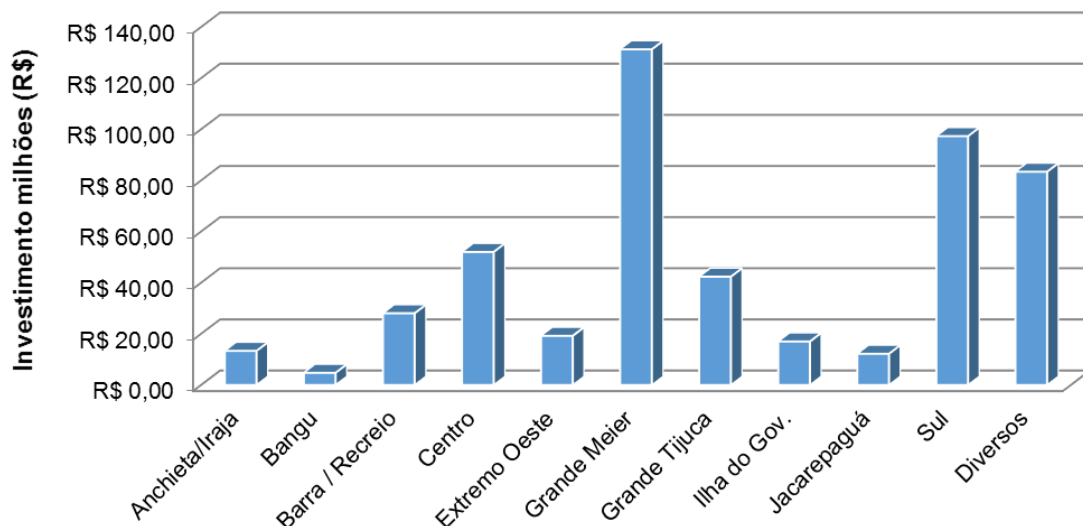


Figura 2.12 – Investimentos em obras pela GEO-RIO por sub-região - 2001 a 2014.
(Fonte: MARTINS, 2014)

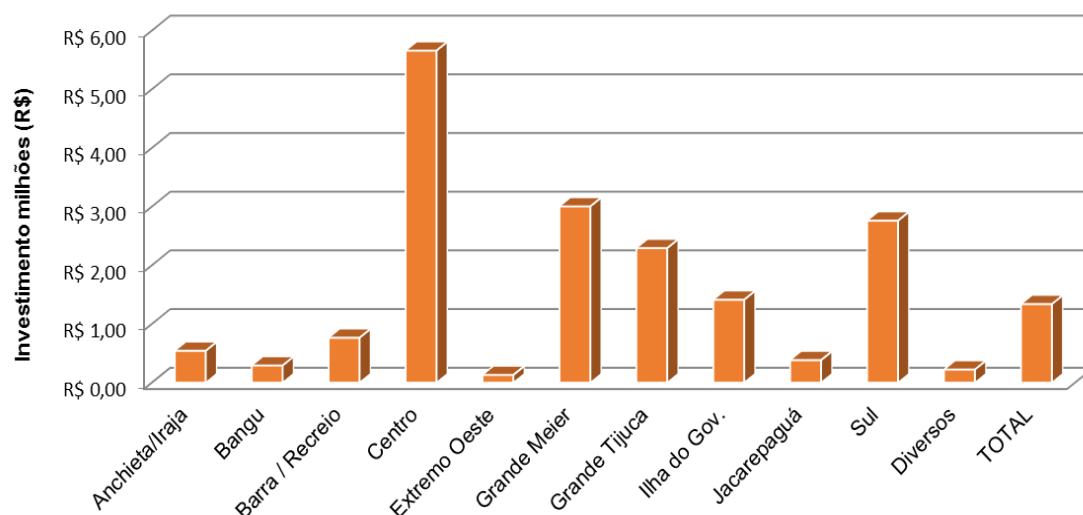


Figura 2.13 – Investimentos em obras pela GEO-RIO por sub-região por km² - 2001 a 2014.

2.3. Estudo de correlação entre chuvas e movimentos de massa

Como já mencionado anteriormente e afirmado por PARIZZI (2010), o período com maior número de movimentos de massa, normalmente está relacionado aos episódios de chuvas nas cidades brasileiras. Desta maneira, no Brasil o período mais crítico é de novembro a abril, quando é o período chuvoso. Na região sudeste, chuvas intensas constantemente provocam deslizamentos nas encostas com consequentes perdas de vidas e materiais. Diante disto, diversos estudos vão de acordo com a ideia de que o principal agente deflagrador dos movimentos de massa são os eventos

pluviométricos, como estudado por CAMPBEL (1975), TATIZANA *et. al.* (1987b), DELMONACO *et. al.* (1995) e KANJI *et. al.* (2003).

A particular relação entre chuvas e escorregamentos tem levado alguns pesquisadores a estudarem e tentarem estabelecer correlações empíricas, probabilísticas ou físico–matemáticas entre a pluviosidade e a ocorrência desses processos (AUGUSTO FILHO, 2001). O estudo de ENDO (1970) foi um dos primeiros trabalhos de maior relevância, pois determinou que chuvas com intensidade de 200mm/dia desencadearam as avalanches nas montanhas da Ilha de Hokkaido (Japão).

Já em 1975, LUMB estudou a relevância da chuva, antecedente ao evento em si, na estabilidade das encostas, concluindo que uma chuva acumulada antecedente reduz gradativamente a resistência efetiva do solo, aumentando o grau de saturação do maciço, logo aumentando o risco de deslizamentos. Neste trabalho foi encontrada uma correlação entre a pluviometria acumulada em 15 dias e a precipitação no dia da ocorrência. A causa principal dos deslizamentos está associada a perda da coesão aparente pela saturação do solo. Na Figura 2.14 é apresentado o gráfico da pluviometria em 15 dias versus 24h em Hong Kong com as zonas de severidade

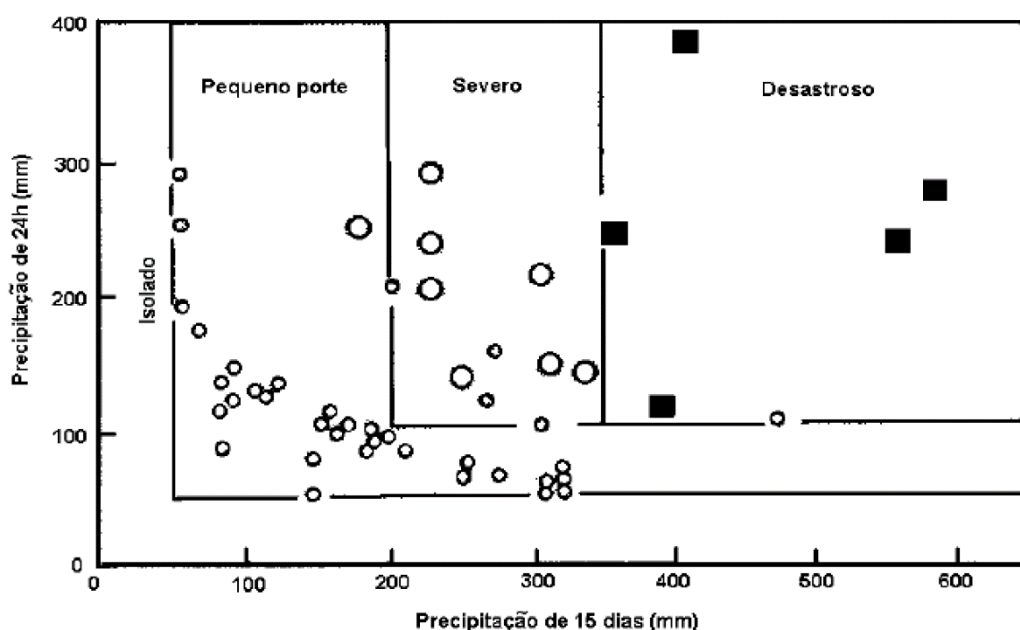


Figura 2.14 – Gráfico de pluviometria acumulada de 15 dias versus precipitação em 24h em Hong Kong (China). (Fonte: Modificada de LUMB, 1975).

Onde:

- Isolado - pouca ou nenhuma ocorrência;
- Pequeno porte - poucas ocorrências;

- Severo - dezenas de ocorrências;
- Desastroso - centenas de ocorrências.

Os movimentos de massa em Hong Kong foram estudados novamente por BRAND *et. al.* (1984) e BRAND (1989). Os autores contestaram a influência da chuva antecedentes na deflagração dos movimentos e concluíram que o pico de chuva horária e as precipitações nas últimas 24 horas são os principais causadores dos deslizamentos. Mesmo reconhecendo a relevância da infiltração das chuvas na deflagração dos deslizamentos, BRAND (1989) defende que, dada à alta permeabilidade dos solos residuais de Hong Kong, e considerando a predominância do modo de ruptura do tipo rápido naquela região, a possibilidade dos escorregamentos ocorrerem devido a uma pequena e contínua infiltração é improvável.

Já nos estudos brasileiros, VARGAS *et. al.* (1986), propõem como a precipitação crítica o valor de 50 mm/h a partir da qual podem ser desencadeados deslizamentos. Os autores se basearam em estudos de instabilidade de taludes condicionados pelo processo de avanço da água das chuvas, percolado dentro do maciço.

TATIZANA *et al.* (1987a, b) estudou os deslizamentos registrados durante 30 anos na Serra do Mar, na região de Cubatão (Figura 2.15), em que analisaram 35 eventos e períodos acumulados de precipitação de 2, 3, 4 e 8 dias. Segundo esta mesma fonte, a influência da chuva nos movimentos de terra acontece devido aos seguintes processos, ou combinação destes:

- Aumento da solicitação externa: aumento do peso específico dos materiais que formam a encosta;
- Alteração do perfil da encosta por erosão de materiais;
- Alteração dos parâmetros de resistência dos materiais: diminuição da coesão aparente em virtude do aumento do teor de umidade do solo;
- Avanço da frente de saturação no maciço, provocando o desenvolvimento de poro-pressões positivas nos solos, sub-pressões nas descontinuidades rochosas e forças de percolação.

ALMEIDA *et. al.* (1993), baseados em índices pluviométricos para o Município de Petrópolis/RJ, elaboraram um estudo probabilístico do risco de ocorrência de escorregamentos, utilizando 1131 registros de ocorrências entre 1938 a 1989. Segundo estes autores, a maior probabilidade de escorregamento é quando a precipitação acumulada de 4 dias é superior a 300 mm.

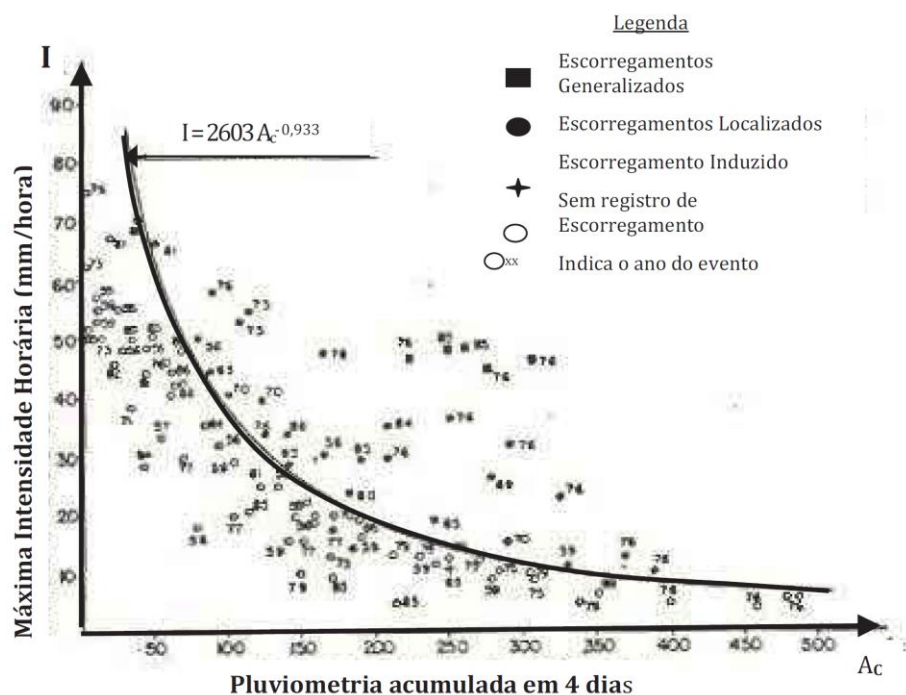


Figura 2.15 – Curva de criticidade ao escorregamento de encostas induzidos por chuva na Serra de Cubatão / SP (TATIZANA *et al.*, 1987a,b)

No trabalho em que foi estudada a cidade do Rio de Janeiro e feita uma correlação com Hong Kong, Pedrosa (1994) concluiu que os resultados não confirmaram que a intensidade horária é a única responsável por gerar eventos significativos na cidade. Eventos de baixa intensidade, mas pluviosidades com grande duração foram responsáveis por diversas ocorrências na cidade sendo possível estabelecer a correlação entre acumulados de 15 dias e deslizamentos.

D'ORSI *et al.* (2000) estudaram duas temporadas de chuvas no período de 1997 a 1999 utilizando dados dos relatórios técnicos da GEO-RIO e estabeleceram quatro categorias principais de eventos de chuva com base no número de movimentos de massa associados, como mostra a Tabela 2.9.

Os eventos de chuva foram plotados em gráficos e as análises dos mesmos mostraram que a maioria dos acontecimentos se referia à categoria mais baixa, não havendo nenhum evento catastrófico no período.

Tabela 2.9 – Categorias dos eventos de chuva (Modificado de D’Orsi *et al.*, 2000)

Categoria do Evento de Chuva	Número de Acidentes Geotécnicos
Fraco	Até 25
Moderado	25 a 125
Forte	125 a 250
Catastrófico	Mais que 250

Feijó *et al.* (2001) resumiram as conclusões da equipe do Sistema Alerta Rio, a partir da análise das chuvas e dos escorregamentos no município do Rio de Janeiro no triênio 1998/2000, identificando as áreas com maior probabilidade de ocorrência de movimentos de massa, a tipologia mais frequente e os índices críticos de precipitação que deflagram esses movimentos com base nos registros das 30 estações pluviométricas. Os estudos indicaram níveis médios de precipitação relacionados a movimentos de massa de 26,1mm/h, 67,6mm/24h e 99,6mm/96h, sendo a tipologia de acidentes geotécnicos mais frequentes os escorregamentos de solo em taludes de corte, as rupturas de estruturas de contenção e escorregamentos de lixo e entulho, representando 70,3% de todas as ocorrências de escorregamentos na cidade do Rio de Janeiro.

KANJI *et. al.* (2003) elaboraram um trabalho onde foram analisados casos de corridas de detritos, previamente descritos em um trabalho anterior (GRAMANI e KANJI, 2001), determinando a intensidade mínima pluviométrica capaz de provocar estes movimentos de massa (Figura 2.16). Foram elaborados três tipos de curvas: “*triggering limit*” (LT), que demarca o início dos deslizamentos; “*generalized landslides*” (GL), faixa onde os deslizamentos irão ocorrer e serão múltiplos; e “*catastrophic events*” (CE), limite onde, acima deste, ocorrerão eventos catastróficos.

D’ORSI (2011) analisou deslizamentos na Rodovia Federal BR116-RJ no trecho entre os quilômetros 86 e 104 da Serra dos Órgãos para o período de 1980 a 2010. As correlações entre precipitação pluviométrica e deflagração dos deslizamentos permitiram definir limiares de chuvas críticas. Diversas combinações foram analisadas, sendo a utilização da intensidade pluviométrica horária (mm/h) com o acumulado nas 24 horas antecedentes a que apresentou os melhores resultados.

Dikshit e Satyam (2017) apresentam curvas de criticidade ao deslizamento de encostas para a região de Kalimpong, Darjeeling, Índia. É descrito que eventos de chuva de duração até 24 horas, com intensidade de chuva de 0,95 mm/h, podem desencadear deslizamentos de terra. Já chuvas de cerca de 5 dias de duração, com precipitação

média de 0,46 mm/h, também levam a deslizamentos. Análise de chuvas antecedentes indicam que a precipitação acumulada de 133,5 mm em 20 dias apresenta-se como a melhor correlação em relação a ocorrências de deslizamento.

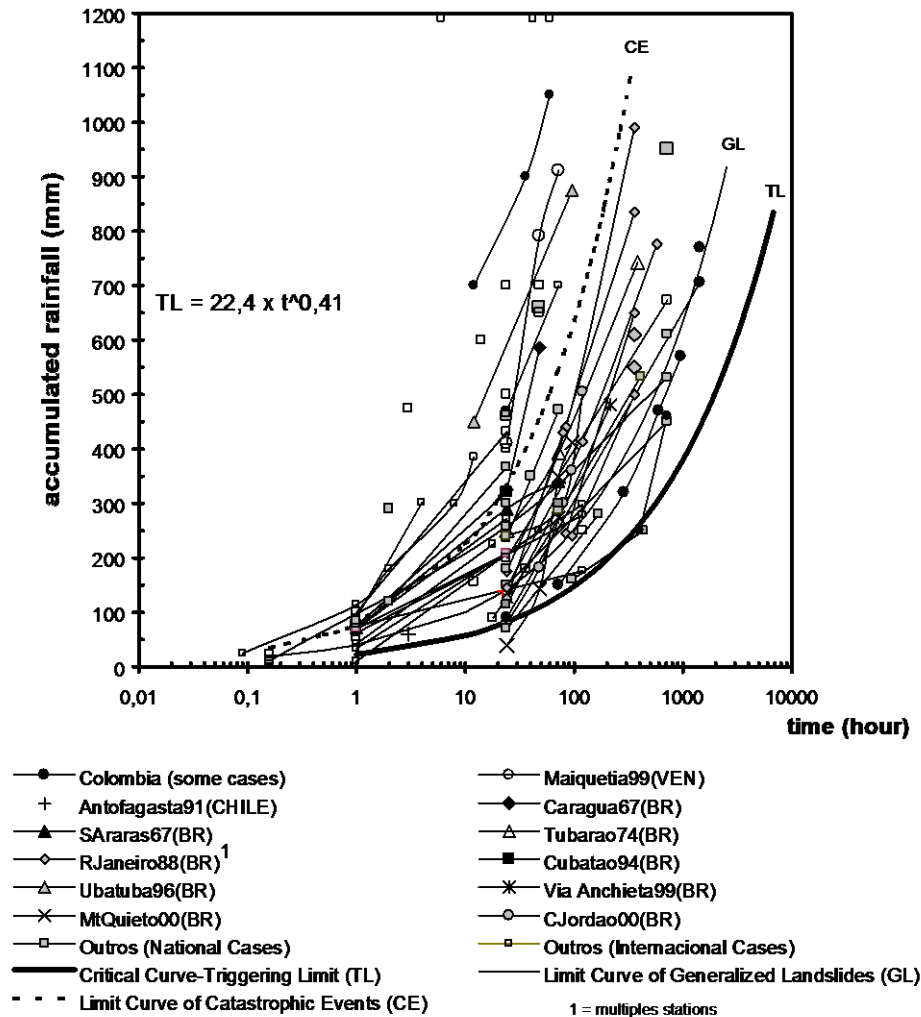


Figura 2.16 - Gráfico de tempo vs chuva acumulada, para determinação de limiares de corrida de detritos e grandes deslizamentos. Fonte: KANJI *et. al.* (2003).

MARTINS (2014) obteve limiares de chuvas capazes de desencadear diferentes níveis de movimento de massa na cidade do Rio de Janeiro, através de dados de ocorrências e de pluviometria relacionada para os períodos de 1998 a 2002 e 2010 a 2012. Esses limiares foram determinados através de uma parametrização, que consiste em dividir o número de ocorrências pela área de suscetibilidade de cada sub-região (Equação 2.1)

$$\left(\frac{\text{número de ocorrências}}{\text{área de suscetibilidade em km}^2} \right)$$

Equação 2.1 - Equação para parametrização elaborada por MARTINS (2014)

Os limiares determinados foram: não evento, evento fraco, evento moderado e evento catastrófico, conforme Tabela 2.10.

Tabela 2.10 – Limiares propostos por MARTINS (2014)

Não eventos = 0		
0 <	Fracos	≤ 0,06
0,06 <	Moderados	≤ 0,31
0,31 <	Fortes	≤ 0,62
	Catastróficos	≥ 0,62

No caso dos eventos fracos o autor observou que não há uma boa correlação entre as chuvas e os movimentos de massa associados, sendo, provavelmente, a origem desses processos ligados a fatores pontuais como escavações localizadas e deságues inadequados. Essa classificação dos limiares em “Não evento”, “Fraco”, “Moderado” e “Catastrófico” foi feita em termos de número de ocorrências e pelas áreas de suscetibilidade a escorregamentos na cidade do Rio de Janeiro.

Na Figura 2.17 é apresentado os limiares de pluviometria obtidas no estudo para cada categoria de evento. Esses limiares são utilizados para a classificação de um Evento Pluviométrico Significativo (EPS) e assim saber qual o efeito daquela chuva na cidade do Rio de Janeiro. Nota-se a separação das classes dos eventos “Catastróficos” e “Moderados”, entretanto, não é observada uma grande distinção entre as linhas de tendência dos eventos “Fracos” e “Não eventos”. Os eventos chamados de “Forte”, não apresentaram resultados coerentes logo, não foram apresentados nas curvas finais. O autor determinou estes limites em função da média e desvio padrão determinando assim o limite superior de criticidade para 85% dos casos, isto é, abaixo de cada limiar, existe 85% de chance de estar um evento do porte referente àquele limiar.

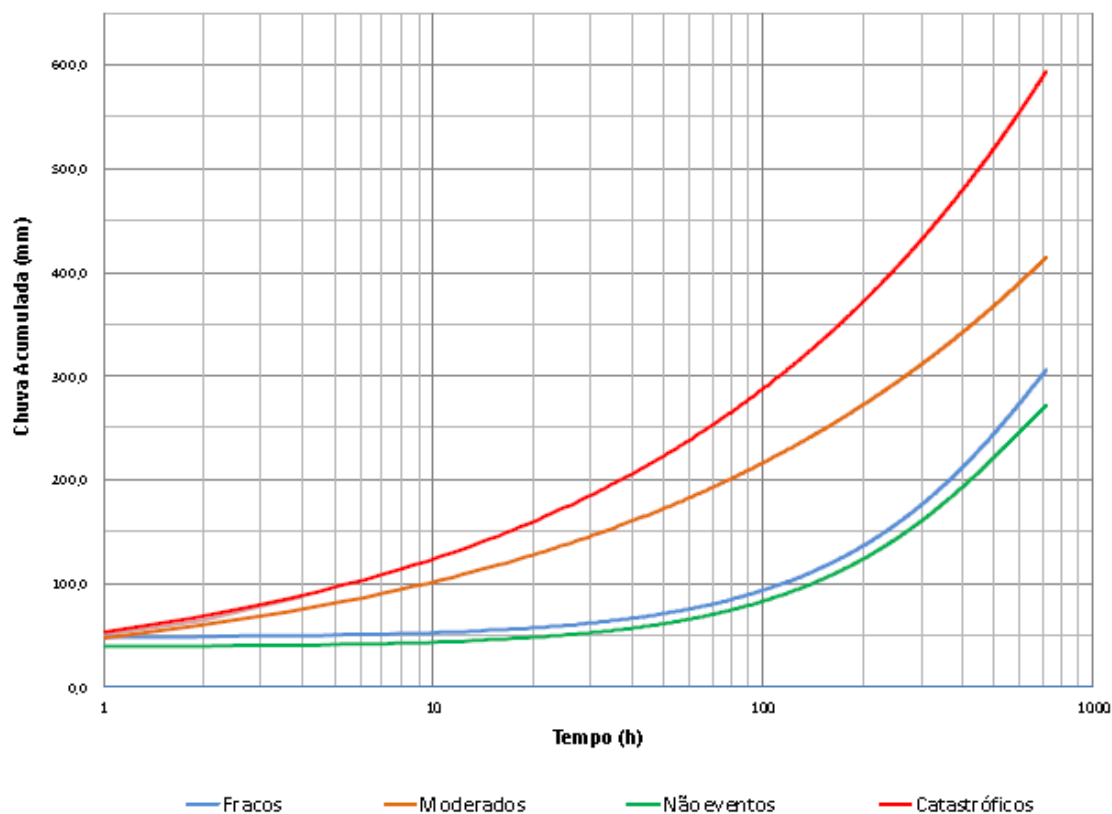


Figura 2.17 – Curvas de criticidade para limites superiores (85%) das categorias de eventos determinadas por MARTINS 2012. (Fonte: MARTINS, 2014)

De modo geral, o processo de ruptura do talude é em função da condição da geometria do talude, do processo de infiltração, das características geológicas do maciço, do índice de umidade anterior à chuva e do histórico pluviométrico da região. Devido ao grande número de variáveis presentes no movimento de massa, este fenômeno ainda não é inteiramente previsível o que dificulta prever com precisão os deslizamentos provocados pelas chuvas. Diversos métodos e correlações são propostos a fim de determinar uma chuva mínima ou um acumulado pluviométrico deflagrador de deslizamento em taludes. A determinação de uma correlação se torna muito difícil devido a diferença entre as regiões, no entanto, grande parte das pesquisas aponta a significativa influência das chuvas nestes movimentos de massa e destacam também a relevância das chuvas antecedentes na ocorrência. As sugestões nestas pesquisas devem ser utilizadas com cautela, pois são muito específicas para cada região de estudo, sendo o ideal, elaborar uma metodologia própria para cada região de interesse.

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGIA

3.1. Introdução

A metodologia utilizada para a realização deste trabalho será apresentada neste capítulo. Foram realizadas visitas ao escritório da GEO-RIO onde se pode conversar afim de entender como o procedimento é realizado para se ter conhecimento dos escorregamentos ocorridos, como são coletadas as informações e elaborados os laudos de vistoria. Já com os laudos cedidos pela GEO-RIO para o período de estudo deste trabalho (1998 a 2002), foram organizados os dados em planilhas para melhor manipulação e entendimento. Com as datas e horários das ocorrências, buscou-se os Eventos Pluviométricos Significativos (EPS) ocorridos nessas datas, já coletados por MARTINS (2014). Por fim, foram realizadas correlações entre as informações coletadas dos laudos como por exemplo o volume de material deslizado e o tipo de ocupação da encosta, com os dados de chuva (EPS).

3.2. Determinação da área em estudo

A determinação da área em estudo foi a mesma consideração feita pela GEO-RIO. Sabendo o tamanho da cidade do Rio de Janeiro e a variação de ocupação das encostas, do tipo de vegetação, da geologia e da geomorfologia, a GEO-RIO dividiu o Rio de Janeiro em 10 sub-regiões conforme ilustrado Figura 3.1, com o critério da heterogeneidade dos fatores já citados. As 10 sub-regiões são Anchieta/Irajá, Bangu, Barra/Recreio, Centro, Grande Méier, Grande Tijuca, Ilha do Governador, Jacarepaguá, Zona Sul e Zona Oeste.

A divisão das sub-regiões da Tabela 3.1 foi lançada no mapa da cidade do Rio de Janeiro e com os bairros advindos dos endereços das ocorrências, definiu-se a sub-região de referência para cada bairro. Na Tabela 3.1 está a relação dos bairros encontrados nos laudos para este período com as sub-regiões de referência. Vale ressaltar que algumas comunidades, devido ao seu tamanho e densidade populacional, foram consideradas como bairros (Borel, Vidigal e Rocinha).



Figura 3.1 – Divisão da cidade do Rio de Janeiro estabelecida pela GEO-RIO

Tabela 3.1 – Correlação dos bairros com as sub-regiões de referência

Bairro	Sub-região referida	Bairro	Sub-região referida	Bairro	Sub-região referida
Abolição	Grande Méier	Engenheiro Leal	Grande Méier	Penha	Grande Méier
Acari	Anchieta/Irajá	Engenho da Rainha	Grande Méier	Penha Circular	Grande Méier
Água Santa	Grande Méier	Engenho de Dentro	Grande Méier	Piedade	Grande Méier
Alto da Boa Vista	Grande Tijuca	Engenho Novo	Grande Méier	Pilares	Grande Méier
Anchieta	Anchieta/Irajá	Estácio	Centro	Quintino	Grande Méier
Andaraí	Grande Tijuca	Flamengo	Zona Sul	Ramos	Grande Méier
Bangu	Bangu	Gamboa	Centro	Realengo	Bangu
Barra da Tijuca	Barra/Recreio	Gávea	Zona Sul	Rio Comprido	Centro
Barra de Guaratiba	Zona Oeste	Glória	Centro	Rocha Miranda	Grande Méier
Bento Ribeiro	Grande Méier	Grajaú	Grande Tijuca	Rocinha	Zona Sul
Bonsucesso	Grande Méier	Guadalupe	Anchieta/Irajá	Santa Cruz	Zona Oeste
Borel	Grande Tijuca	Honório Gurgel	Anchieta/Irajá	Santa Teresa	Centro
Botafogo	Zona Sul	Ilha do Governador	Ilha do Governador	Santo Cristo	Centro
Brás de Pina	Anchieta/Irajá	Inhaúma	Grande Méier	São Conrado	Zona Sul
Cachambi	Grande Méier	Ipanema	Zona Sul	São Cristóvão	Centro
Caju	Centro	Irajá	Anchieta/Irajá	Senador Camará	Bangu
Campinho	Jacarepaguá	Itanhangá	Barra/Recreio	Senador Vasconcelos	Zona Oeste
Campo Grande	Zona Oeste	Jacarepaguá	Jacarepaguá	Sumaré	Grande Tijuca
Cascadura	Grande Méier	Lapa	Centro	Tijuca	Grande Tijuca
Catete	Zona Sul	Laranjeiras	Zona Sul	Turiação	Grande Méier
Catumbi	Centro	Leblon	Zona Sul	Urca	Zona Sul
Cavalcanti	Grande Méier	Leme	Zona Sul	Vaz Lobo	Grande Méier
Centro	Centro	Lins de Vasconcelos	Grande Méier	Vicente de Carvalho	Grande Méier
Coelho Neto	Anchieta/Irajá	Madureira	Grande Méier	Vidigal	Zona Sul
Colégio	Anchieta/Irajá	Méier	Grande Méier	Vigário Geral	Anchieta/Irajá
Copacabana	Zona Sul	Muda	Grande Tijuca	Vila Cosmos	Grande Méier
Cordovil	Anchieta/Irajá	Olaria	Grande Méier	Vila da Penha	Grande Méier
Cosme Velho	Zona Sul	Paciência	Zona Oeste	Vila Isabel	Grande Tijuca
Costa Barros	Anchieta/Irajá	Parada de Lucas	Anchieta/Irajá	Vila Valqueire	Jacarepaguá
Encantado	Grande Méier	Pavuna	Anchieta/Irajá		

3.3. Levantamento dos dados

Fornecido os laudos pela GEO-RIO, foram coletados os dados e elaboradas planilhas com as informações compiladas dos laudos, de forma a simplificar as análises. Na Tabela 3.2 apresentam-se os itens que constam das planilhas.

Tabela 3.2 – Dados organizados com base nos laudos da GEO-RIO

Dados levantados	
E.P.S. (Período da ocorrência)	Altura (m) - Talude
Dia da ocorrência (dd/mm/aa)	Largura (m) - Talude
Hora da ocorrência (hh:mm)	Inclinação - Talude
Estação pluviométrica	Drenagem
Data do pedido	Condições da drenagem
Data da vistoria	Condições de umidade
Logradouro	Tipologia(s)
Bairro	Obras de contenção
Comunidade	Tipo de obra de contenção
Sub-Região	Cond da obra de conteção
Número do laudo	Altura - Contenção
Volume mobilizado	Largura - Contenção
Natureza do material movimentado	Inclinação - Contenção
Superfície de deslizamento	Intervenção humana
Tipo de ocupação	Tipo de intervenção humana
Densidade ocupacional	Causas
Tipo de vegetação	Geologia do material
Densidade da vegetação	Observações
Relevo da região	Descrição da ocorrência
Sítio vistoriado	

3.4. Área de suscetibilidade e número de deslizamento

A divisão da cidade do Rio de Janeiro em sub-regiões devido a variação de vegetação, ocupação, geologia e geomorfologia, gerou sub-regiões com áreas diferentes. Com isso, foi adotada uma parametrização elaborada por MARTINS (2014) para relacionar o número de escorregamentos com a área de cada sub-região. Para essa parametrização, determinou-se a área total de cada sub-região e a área de média e alta suscetibilidade de cada sub-região. Na Figura 3.2 as áreas de alta suscetibilidade são as áreas de vermelho e as de média são as áreas em amarelo. As áreas totais de cada sub-região e as áreas de suscetibilidade constam na Tabela 3.3. A parametrização elaborada por MARTINS (2014) consiste em dividir o número de ocorrências pela área de suscetibilidade de cada sub-região (Equação 3.1)

$$\left(\frac{\text{número de ocorrências}}{\text{área de suscetibilidade em km}^2} \right) \times 100$$

Equação 3.1 - Equação para parametrização elaborada por MARTINS (2014)

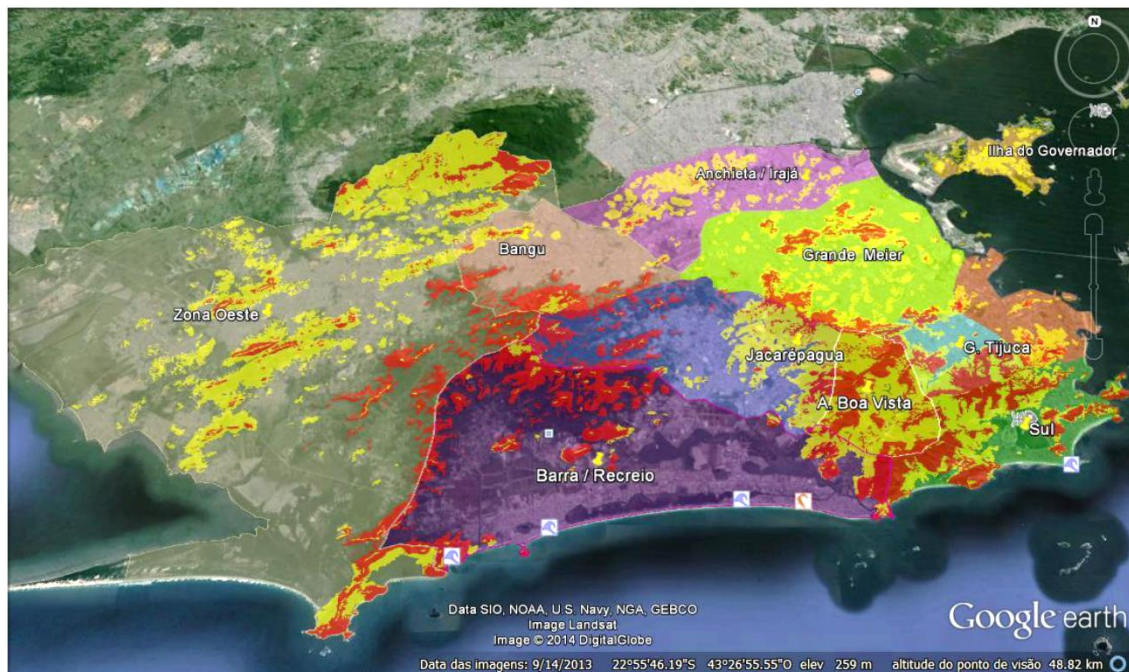


Figura 3.2 – Mapa de suscetibilidade a deslizamento da cidade do Rio de Janeiro (Fonte: Modificado de GEO-RIO 2014)

Tabela 3.3 – Áreas total e áreas de média e alta suscetibilidade das 10 sub-regiões da cidade do Rio de Janeiro. (Fonte: Modificado de MARTINS, 2014).

Sub-região	Área total (km ²)	Área de média e alta suscetibilidade (km ²)	Área de média e alta suscetibilidade (%)
Anchieta/Irajá	82,40	24,52	30%
Bangu	68,40	16,18	24%
Barra/Recreio	177,00	36,67	21%
Centro	30,60	9,19	30%
Grande Méier	112,00	43,69	39%
Grande Tijuca	27,70	18,46	67%
Ilha do Governador	17,30	12,02	69%
Jacarepágua	96,60	31,79	33%
Zona Oeste	499,00	146,34	29%
Zona sul	53,20	35,25	66%
Total	1164,20	374,11	32%

3.5. Dados pluviométricos

O Sistema Alerta Rio é composto por 33 pluviômetros automáticos. Os dados de chuva da cidade do Rio de Janeiro são obtidos através desse sistema onde os pluviômetros, em tempo real e num período a cada quinze minutos, enviam os dados de chuva à estação de controle. Na Figura 3.3 é apresentada a localização dos pluviômetros na cidade do Rio de Janeiro.

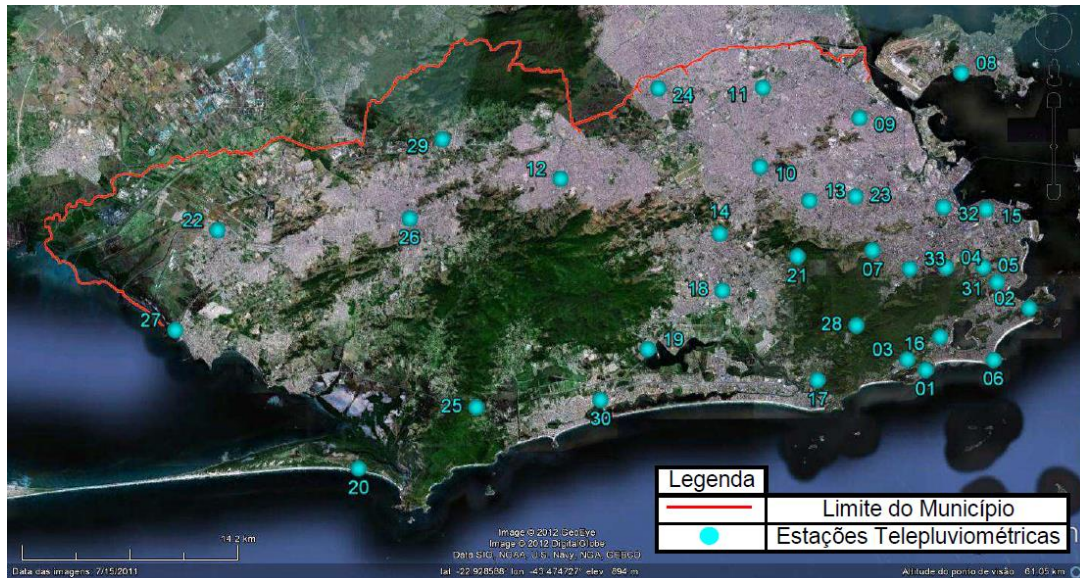


Figura 3.3 – Localização das 33 estações do Alerta Rio na cidade do Rio de Janeiro
(Fonte: Sistema Alerta Rio e Google Earth)

3.5.1. Eventos pluviométricos significativos (EPS)

Para a classificação dos eventos pluviométricos significativos (EPS), foi adotado a mesma classificação da GEO-RIO. Assim, um episódio de chuva é caracterizado por um fenômeno meteorológico definido, pluviometria medida em mm/h e com duração variável. Um evento pluviométrico é determinado como significativo quando possuir um maior potencial para provocar escorregamentos.

Para um evento pluviométrico ser considerado significativo, ele deve atender pelo menos um dos critérios da Tabela 3.4. Assim, como exemplo, para chuva ser considerada um EPS, deve estar chovendo mais que 20 mm/h, e em pelo menos 2 estações pluviométricas.

Tabela 3.4 - Critérios para classificação de um EPS (Fonte: Rio de Janeiro, 2010)

Macrobaía hidrográfica	Precipitação		
	≥10 mm/h	≥20 mm/h	≥40 mm/h
Baía de Guanabara	em pelo menos 5 estações pluviométricas	em pelo menos 2 estações pluviométricas	em pelo menos 1 estação pluviométrica
Zona Sul	em pelo menos 3 estações pluviométricas		
Jacarepaguá			
Baía de Sepetiba			

Para determinar o tempo de duração do evento pluviométrico significativo, existem alguns critérios. O início do EPS é determinado quando o acumulado pluviométrico em uma hora for maior ou igual a 1 mm/h, para cada estação pluviométrica. Já o fim do EPS é determinado quando o acumulado pluviométrico em uma hora for menor ou igual a 1 mm/h e permanecer essa condição por no mínimo seis horas para cada estação.

Na Figura 3.4 é apresentado um esquema simplificado mostrando o início e fim do EPS no tempo.

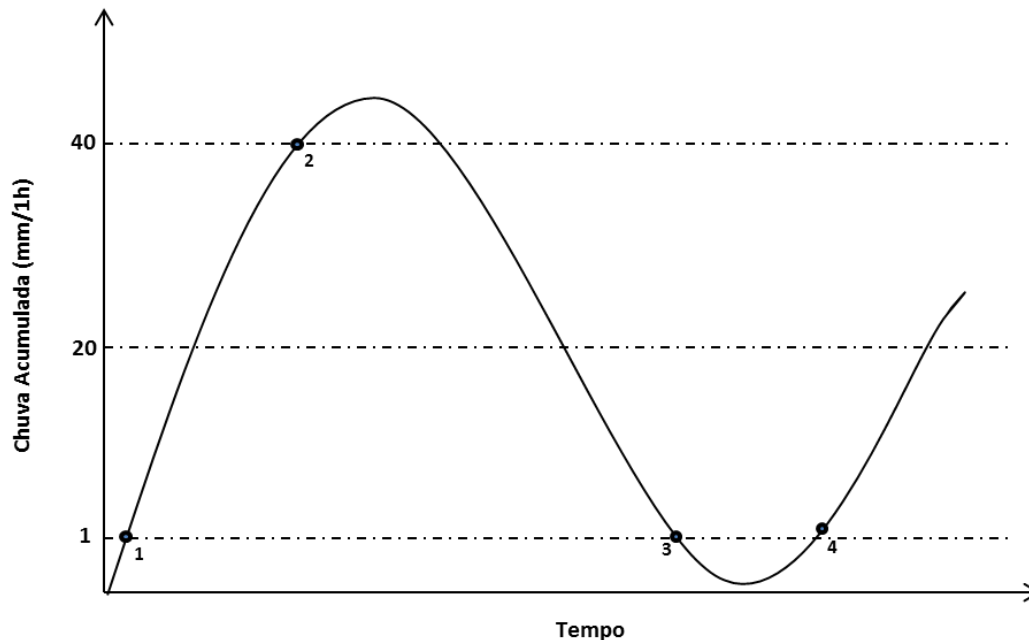


Figura 3.4 - Esquema exemplificando de um EPS

- Ponto 1: Início do Evento Pluviométrico – acumulado pluviométrico é maior ou igual a 1 mm/1h;

- Ponto 2: O Evento Pluviométrico atinge um dos critérios estabelecidos na Tabela 3.4 e passa a ser considerado um evento pluviométrico significativo;
- Ponto 3: Momento em que o acumulado pluviométrico é menor ou igual a 1mm/h. Inicia-se o período de monitoramento para verificar se os índices pluviométricos retornarão a subir (Ponto 4) ou não. Caso os índices pluviométricos não retornem a estas condições, por um período de 6 horas, determina-se o fim do EPS. Caso a pluviometria volte a subir, o EPS continua e o ciclo se repete. O horário de término do EPS será aquele em quem o acumulado pluviométrico foi observado igual a 1mmh.

3.5.2. Acumulados de chuva considerados

Após o levantamento de dados dos laudos e encontrado o EPS referente para cada ocorrência, foram determinados 7 acumulados de chuva: mm/1h, mm/2h, mm/3h, mm/4h, mm/24h (1 dia), mm/96h (4 dias), mm/720h (30 dias). Na Figura 3.5 é apresentado um esquema exemplificando o que seria o acumulado. A intensidade horária não está incluída nos acumulados de mm/24h, mm/96h e mm/720h.

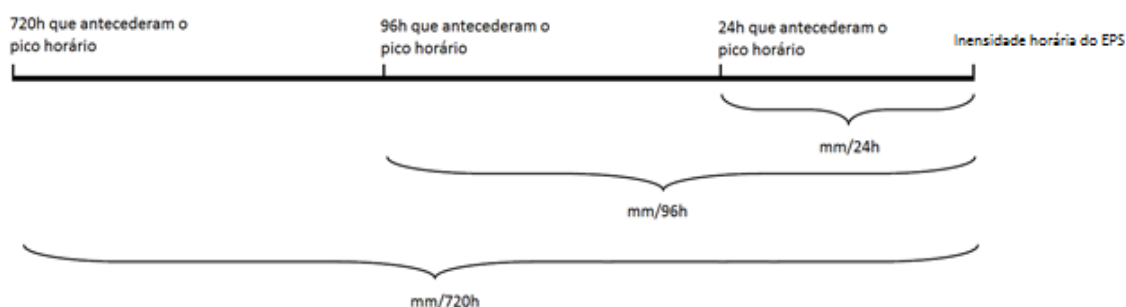


Figura 3.5 – Esquematização exemplificando os acumulados de chuva para mm/24h, mm/96h e mm/720h (Fonte: MENDES, 2016)

3.6. Laudos técnicos da GEO-RIO

Os laudos técnicos registram os acidentes em encostas e são realizados nas vistorias feitas pela equipe da GEO-RIO quando solicitado pela defesa civil. Cada vistoria realizada, de cunho geológico-geotécnico nos locais chamados, geram um laudo onde anotam-se as informações do local onde ocorreu o escorregamento e sobre o escorregamento em si. O laudo gerado pode ser de ocorrência ou possibilidade de ocorrência de escorregamento, porém o escorregamento pode ter sua causa por chuva ou não.

A GEO-RIO cedeu esses laudos para este trabalho e um exemplo deste laudo pode ser encontrado no Anexo G. Foram considerados neste trabalho apenas os laudos

com escorregamentos que ocorreram devido à chuva. Para o ano de 1998 foram considerados 103 laudos, em 1999 39 laudos, em 2000 92 laudos, em 2001 66 laudos e em 2002 27 laudos.

Muitas vezes vistorias são requisitadas, porém não se constata escorregamentos. Essa situação é chamada de pânico. Nessa situação laudos são gerados, mas por não apresentarem ocorrências de escorregamento, não foram incluídos neste trabalho. Também não foi considerado ocorrências em que o escorregamento foi motivado por outro motivo que não a chuva. Esses motivos podem ser o rompimento de tubulação, escavação do pé do muro, ou que não se observou chuva significativa (EPS) no período da ocorrência.

A classificação adotada nos laudos da GEO-RIO, em sua maioria, foi mantida, porém outras foram modificadas a fim de simplificar a análise dos dados e as correlações realizadas.

3.6.1. Situação da drenagem

Nos laudos da GEORIO são apresentadas algumas categorias de drenagem das áreas das ocorrências. A fim de simplificar as análises e correlações, foram adotadas somente duas classificações quanto a situação da drenagem: boa ou ruim, conforme a Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Classificação da drenagem

Tipo de drenagem	Situação da drenagem	Classificação considerada
Natural ou Construída	Danificada	Ruim
	Insuficiente	Ruim
	Obstruída	Ruim
	Satisfatória	Boa
	Sem informação	Ruim
Inexistente		Ruim

3.6.2. Tipologia predominante de movimentos de massa

Analisando os laudos cedidos pela GEO-RIO, há uma classificação do tipo de escorregamento. Na Tabela 3.6 são apresentadas todas as tipologias possíveis definidas pela GEO-RIO. Essa mesma classificação foi considerada no presente trabalho.

Tabela 3.6 – Tipologias definida pela GEO-RIO das ocorrências

Tipologia das ocorrências	
Talude de corte	Escorregamento de solo
	Escorregamento de solo e rocha
	Escorregamento de rocha
Ruptura de aterro	
Encosta natural	Escorregamento de solo
	Escorregamento de solo e rocha
	Escorregamento de rocha
Queda e/ou rolamento de blocos ou lascas rochosas	
Escorregamento de tálus	
Ruptura de estrutura de contenção	
Escorregamento de lixo e/ou entulho	
Corrida	
Processos erosivos / Assoreamento	

3.6.3. Volume deslizado

Para o volume deslizado, não foi considerada a classificação das ocorrências conforme a adotada pela GEO-RIO. Devido a diferença dos valores da classificação da GEO-RIO com os valores observados nos laudos do período de 1998 a 2002, foi empregado uma nova classificação mais de acordo com os valores encontrados. A nova classificação está apresentada na Tabela 3.7.

Tabela 3.7 – Classificação do volume deslizado

Tipo	Volume deslizado
A	$\leq 10 \text{ m}^3$
B	$10 \text{ à } 50 \text{ m}^3$
C	$\geq 50 \text{ m}^3$
Sem informação	N/D

3.6.4. Tipo de ocupação

Nos laudos da GEORIO são apresentadas diversas categorias de ocupação das áreas das ocorrências. A fim de simplificar as análises e correlações, foram adotadas somente duas classificações quanto a ocupação para este trabalho: área urbana formal e comunidade, conforme a Tabela 3.8.

Tabela 3.8 – Classificação do tipo de ocupação do solo

Tipo de ocupação GEO-RIO	Tipo de ocupação considerada
Favela	Comunidade
Condomínio	Área Urbana formal
Loteamento irregular	Comunidade
Área urbana estruturada	Área Urbana formal
Trecho de escosta desocupada	Comunidade
Área urbana semi-estruturada	Área Urbana formal

3.6.5. Condição da estrutura de contenção

Analisando os laudos técnicos fornecidos pela GEO-RIO, foi observado estruturas de contenção elaboradas por profissionais qualificados ou não para tal finalidade, resultando em estruturas de contenção de qualidade satisfatória ou não. Mediante as descrições nos laudos, pode-se então concluir se a estrutura em questão era de boa qualidade ou não.

Em sua maioria foram constatadas estruturas de contenção insatisfatória, construídas pelos próprios moradores, sem drenos ou com drenos entupidos. A maioria das estruturas de contenção trata-se de muro de alvenaria cerâmica e muro de pedras arrumadas ou argamassadas.

As condições da estrutura de contenção foram então analisadas laudo a laudo através da descrição do responsável pela vistoria da ocorrência.

3.6.6. Sítio vistoriado

Nos laudos da GEORIO são apresentadas algumas categorias de sítio (local) das áreas das ocorrências. A fim de simplificar as análises e correlações, foram adotadas somente duas classificações quanto a situação do sítio: com alteração de sítio ou não, conforme a Tabela 3.9.

Tabela 3.9 - Características dos sítios

Sítio vistoriado	Classificação considerada
Encosta natural	Sem alteração no sítio
Talude de corte	Com alteração no sítio
Talude de aterro	Com alteração no sítio
Talude de corte e aterro	Com alteração no sítio
Com estrutura de contenção	Com alteração no sítio

3.6.7. Intervenção humana

Foi considerado o fator humano nas ocorrências. Esse fator apresenta um critério para se considerar se uma ocorrência houve uma intervenção humana. Se em uma ocorrência houve a construção de uma drenagem (podendo ser boa ou ruim), se houve uma alteração no sítio (corte e/ou aterro) ou se apresenta uma estrutura de contenção, houve uma intervenção humana. Caso contrário, definiu-se que não houve intervenção e a encosta se mantém em suas características naturais.

3.6.8. Fatores influenciadores

Além da pluviometria, foi considerado que uma drenagem ruim, uma modificação no sítio (corte e/ou aterro), uma estrutura de contenção de baixa qualidade e lançamento de lixo e/ou entulho são possíveis fatores influenciadores para os escorregamentos. Esses fatores podem ocorrer de forma isolada ou combinada.

3.7. Elaboração dos gráficos

De início foi adotada a mesma metodologia de MARTINS (2014) e KANJI *et.al.* (2003), onde eram gerados gráficos de tempo (h) versus acumulado de chuva (mm) para cada uma das 10 sub-regiões da cidade do Rio de Janeiro para o período de 1998 a 2002. Cada curva traçada representava um evento pluviométrico significativo (EPS) e sua classificação (fraco, moderado, forte ou catastrófico) levava em consideração o número de ocorrências para aquele EPS e a área de média e alta suscetibilidade.

No entanto, a metodologia adotada não levou a resultados coerentes. Uma nova tentativa de correlação foi feita com a metodologia desenvolvido por TATIZANA *et. al.* (1987b) que relaciona de forma conjunta a intensidade horária com o acumulado de chuva para 24h e 96h. Porém para 24h os resultados encontrados não foram coerentes. Essas análises foram realizadas para todas as 10 sub-regiões separando e analisando as categorias abaixo:

- Tipo de ocupação
- Com intervenção humana e sem intervenção humana
- Fatores influenciadores ao escorregamento

3.8. Nova classificação dos EPS

Traçados os gráficos e analisados, uma nova classificação dos eventos pluviométricos foi estabelecida com base em MARTINS (2014). MARTINS (2014) realizou a classificação considerando laudos emitidos, isso é, laudo de ocorrências por chuva ou não, e laudos de possibilidade de ocorrência (“Pânico”). Porém, para este trabalho considerou-se os laudos com ocorrência por chuva e se desconsiderou os casos sem ocorrência de escorregamento.

Essa nova consideração diminuiu o número de laudos considerados para cada EPS. É possível que as curvas de EPS não se ajustaram bem a metodologia de MARTINS (2014) por tal motivo, sendo, portanto, necessária uma nova classificação. Na Tabela 3.10 é apresentada a nova classificação proposta para o EPS.

Tabela 3.10 – Nova classificação dos EPS

<i>Nº de ocorrências</i>		
<i>Área de suscetibilidade (km²)</i>		
Não evento = 0		
0<	Categoria I	≤0,2
0,2<	Categoria II	≤0,4
0,4<	Categoria III	

Para a elaboração do gráfico foram plotados os pontos, onde cada ponto representava um EPS ocorrido, formando uma nuvem de pontos, uma dispersão dos resultados. Para melhor tratamento dos dados, foram traçadas cruzetas representando a média e o desvio padrão da intensidade horária (mm/1h) desses pontos e a média e o desvio padrão do acumulado de pluviometria para 96h (mm/96h).

Na cruzeta, o centro é a média, o ponto mais superior e mais à direita é a média mais o desvio padrão. Já o ponto mais à esquerda e mais inferior é a média menos o desvio padrão. Na Figura 3.6, apresenta-se acumulado de 96hs versus intensidade horária para EPS ocorridos na cidade do Rio de Janeiro.

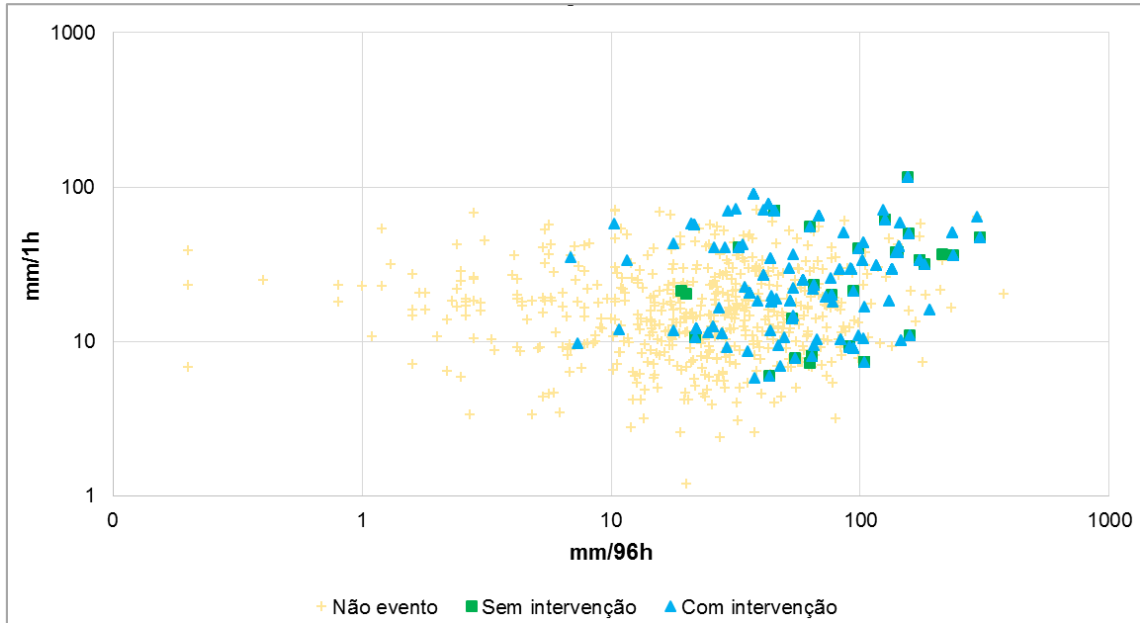


Figura 3.6 – Acumulado de 96hs versus intensidade horária para EPS ocorridos na cidade do Rio de Janeiro

Na Figura 3.7 apresenta-se o tratamento dos pontos apresentados na Figura 3.6 utilizando o procedimento acima descrito. Na Figura 3.7, os eixos estão em escala logarítmica, a reta inclinada, ligando as extremidades da cruzeta (pontos de média mais 1 desvio padrão), representa estatisticamente que existe 85% de chance dos casos estarem abaixo da reta, isto é, a média mais 1 desvio padrão, conforme é apresentado na Figura 3.8.

Uma reta foi então ajustada no gráfico acumulado de chuva de 96h (mm/96h) versus intensidade horária em escala logarítmica na base 10. Segundo a Equação 3.2 foram então traçadas as curvas (ver Figura 3.9)

$$y = 10^b \times x^a$$

Equação 3.2 - Equação para parametrização elaborada por MARTINS (2014)

Onde:

- x – intensidade de chuva acumulada no período considerado, descontando a intensidade horária (mm/96h)
- y – intensidade horária de chuva (mm/h)

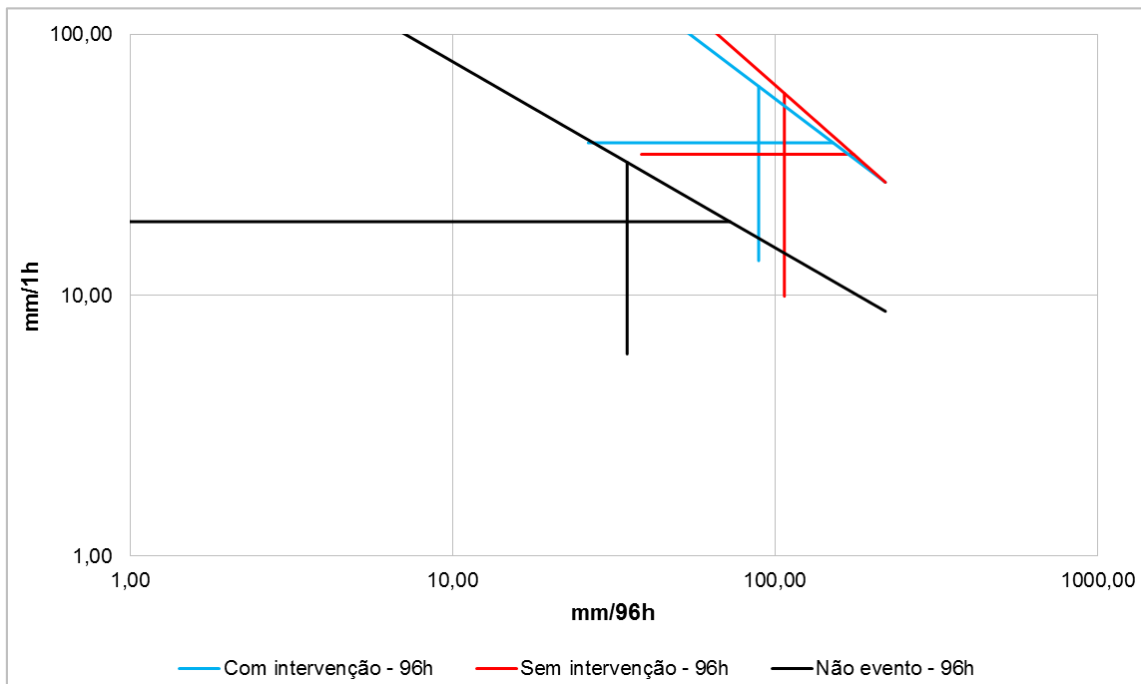


Figura 3.7 - Acumulado de 96hs versus intensidade horária para EPS ocorridos na cidade do Rio de Janeiro (Média e desvios padrão) escala logarítmica.

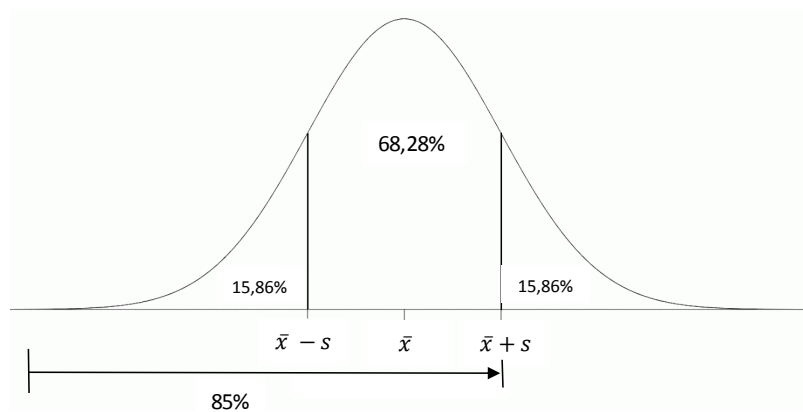


Figura 3.8 – Gráfico de desvio padrão

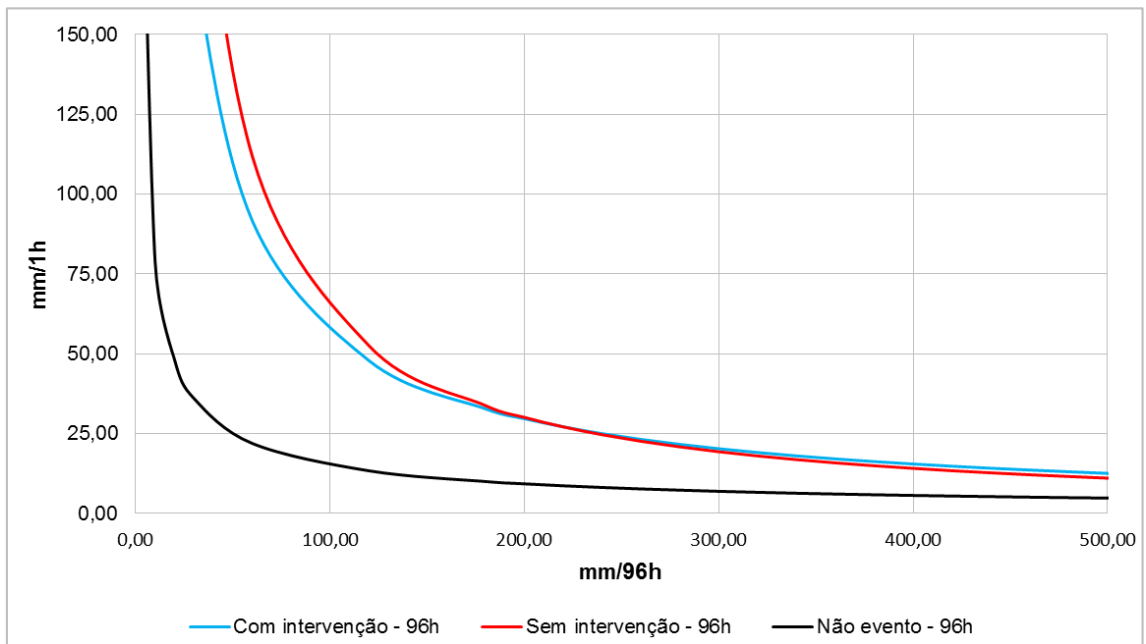


Figura 3.9 - Acumulado de 96h (mm/96h) versus intensidade horária (mm/h) para EPS ocorridos na cidade do Rio de Janeiro (Média e desvios padrão), escala natural.

CAPÍTULO 4

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados e analisados os resultados obtidos no estudo, além da comparação com o período de 2010 a 2012 abordado por MENDES (2016). As figuras apresentadas neste capítulo sintetizam os resultados obtidos, porém, em anexo, encontram-se as análises efetuadas em sua plenitude.

4.1. Tipologias dos escorregamentos

Na Figura 4.1, são apresentadas as tipologias dos escorregamentos analisados durante os cinco anos em questão (1998 a 2002) para o município do Rio de Janeiro. A tipologia predominante nos casos em que um EPS gerou laudos foi escorregamento de solo em talude de corte, seguida por ruptura de estrutura de contenção.

Para o período de 2010 a 2012 a tipologia predominante também foi escorregamento de solo em talude de corte, porém seguida de escorregamento de solo em encosta natural.

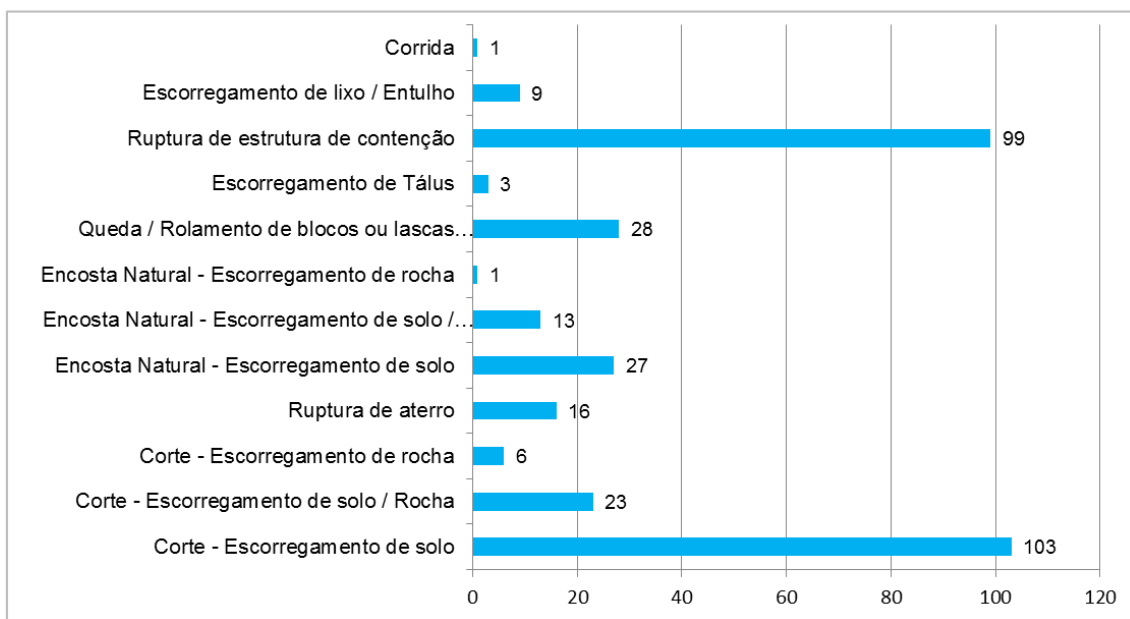


Figura 4.1 –Tipologia das ocorrências (1998-2002)

4.2. Tipo de ocupação

É apresentada na Figura 4.2, a evolução do tipo de ocupação nas ocorrências apuradas. É possível notar que a distribuição dos deslizamentos em função do tipo de ocupação das áreas não segue um padrão. As ocorrências em regiões de comunidade diminuem de 1998 para 1999 e 2000 para 2001, mas aumentam de 1999 para 2000 e

de 2001 para 2002. Já nas regiões de área urbana as ocorrências aumentam de 1998 para 1999 e de 2000 para 2001 e diminuem de 1999 para 2000 e de 2001 para 2002. Porém, dos 5 anos analisados, em 4 anos ocorrem maior número de ocorrências em regiões de comunidade.

Para o período de 2010 a 2012 as ocorrências em regiões de comunidades aumentaram ao longo dos 3 anos analisado por MENDES (2016), de 61% em 2010 para 71% em 2012. Na região de área urbana diminuiu no decorrer dos três anos, de 38% em 2010 para 29% em 2012.

O maior número de escorregamentos em regiões de comunidades tem grandes chances de ser devido as comunidades serem localizadas em regiões íngremes, geralmente em encostas e alteradas pelas modificações humana.

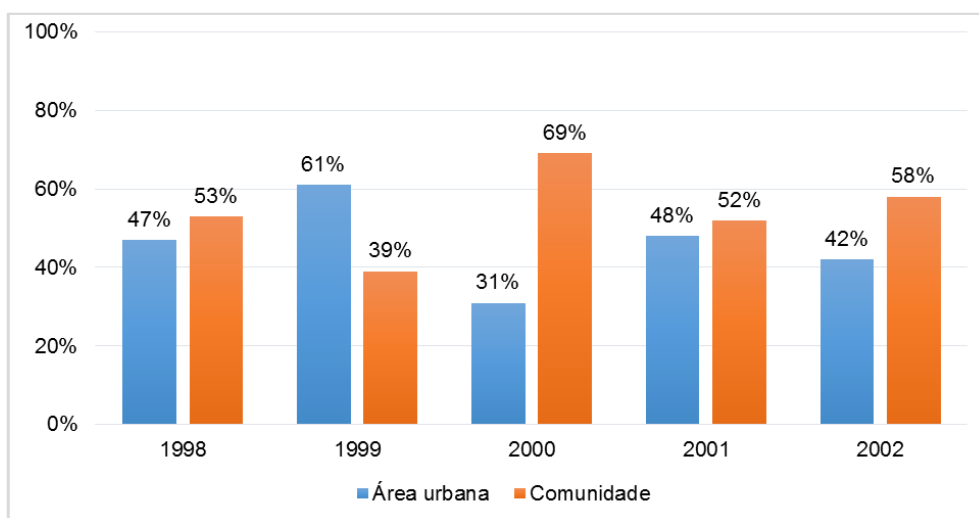


Figura 4.2 – Evolução da distribuição das ocorrências de deslizamentos em encostas, em função do tipo de ocupação, no período de 1998 a 2002

4.3. Volumes deslizados

Na Figura 4.3 pode-se observar que 58% dos escorregamentos são de volume inferior a 10m^3 , sendo a maioria dos deslizamentos desse tipo. Escorregamentos com volume de 10m^3 a 50m^3 representam 20% e escorregamentos com volume maior que 50m^3 , 4%. O número de laudos sem volume é bem expressivo, sendo 19% dos laudos totais sem essa informação.

Realizando uma comparação do período em estudo com o período de 2010 a 2012, houve uma diminuição com o tempo dos volumes mobilizados inferiores a 10m^3 , passando para 44% dos escorregamentos. O número de laudos sem informação de volume continuou alto, com 17% dos laudos total. MENDES (2016) realizou uma análise independente do ano de 2010 e mostrou um aumento dos escorregamentos de maior

porte (maiores que 10m³) comparativamente ao período de 2011 e 2012, sendo 31% em 2010 e 16% em 2011 a 2012. Isto ocorreu possivelmente devido às chuvas de alta intensidade que aconteceram naquele ano. Na Tabela 4.1 é apresentado um comparativo entre estes períodos.

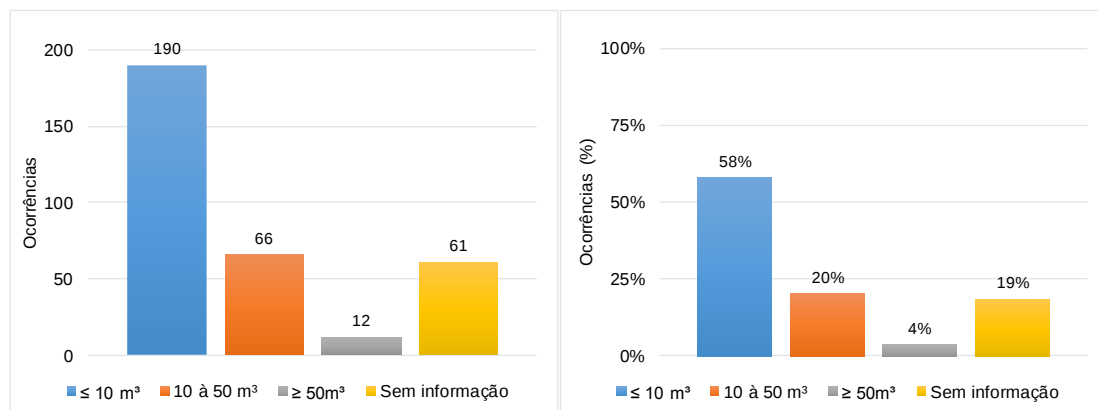


Figura 4.3 – Volumes deslizados das ocorrências de 1998 a 2002

Tabela 4.1 – Volume deslizado por período

Volume	Tipo de volume por período (%)			
	1998 a 2002	2010 a 2012	2010	2011 a 2012
≤ 10m³	58	44	42	55
10 à 50 m³	20	28	31	16
≥ 50 m³	4	11	12	3
Sem informação	19	17	15	26

4.4. Intervenção humana

É demonstrado na Figura 4.4, que os escorregamentos onde houve algum tipo de intervenção humana são em maior quantidade que os escorregamentos sem qualquer intervenção. Lembrando que essas intervenções podem ser de modo positivo ou não e em área urbana ou comunidade. Para o período analisado (1998 a 2002), no ano de 1998 houve 79% das ocorrências com intervenção humana e 21% sem qualquer intervenção. Para os demais anos, a ordem foi de 90% das ocorrências em áreas em que foi confirmado intervenção humana e 10% em área sem qualquer intervenção.

Já para o período analisado por MENDES (2016), a ordem de 85% das ocorrências se verificou em áreas em que houve intervenção humana e cerca de 15% sem intervenção.

O comportamento de altos valores para ocorrências com intervenção humana pode mostrar uma possível influência dessa intervenção nos escorregamentos dado

que, em maioria, essas intervenções são feitas sem procedimento adequado, por pessoas não aptas.

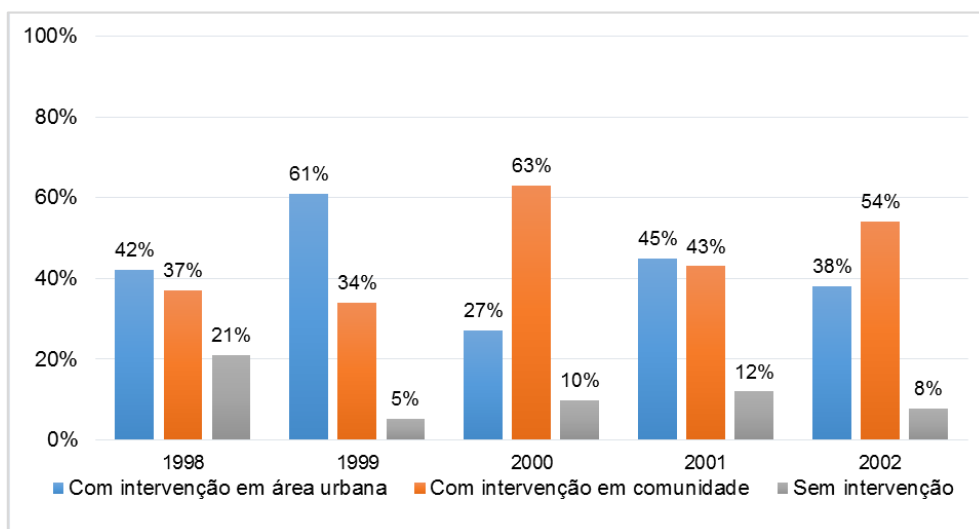


Figura 4.4 – Percentual de escorregamentos em áreas urbanas e em comunidades, com ou sem intervenção humana, no período de 1998 a 2002

4.4.1. Fatores influenciadores

Analisando cada laudo, foi observado que os fatores que mais influenciaram o escorregamento foram drenagem ruim, estrutura de contenção sem técnicas corretas e alteração do sítio através de corte e/ou aterro. Na Figura 4.5, é apresentado para a área urbana formal e para área de comunidade um comparativo mostrando que a maioria dos escorregamentos ocorrem na condição de uma drenagem não eficiente para as duas áreas. A influência é tão alta que na região de comunidade nos anos de 1998 e 2001, todos os escorregamentos não apresentavam uma drenagem adequada.

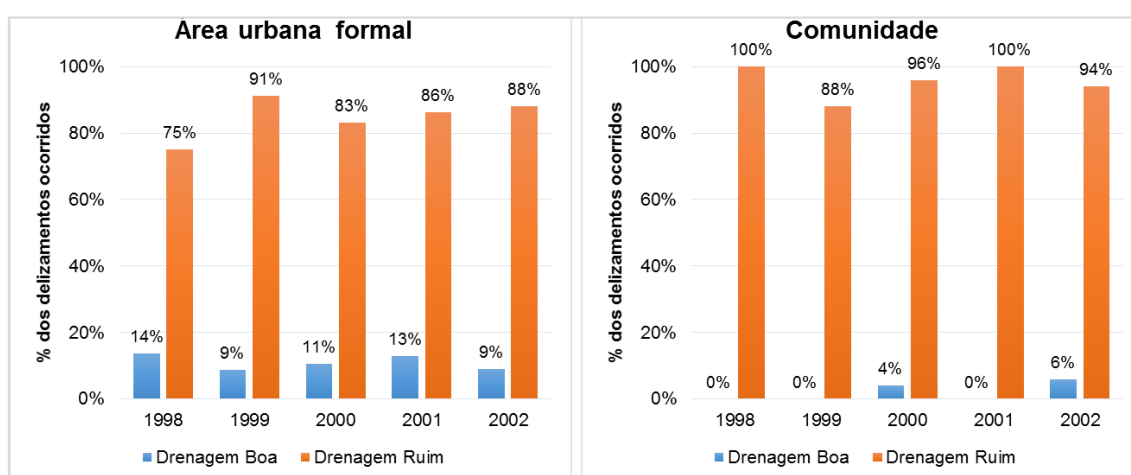


Figura 4.5 – Influência da drenagem em área urbana e em comunidade (%)

Na Figura 4.6, apresenta-se gráficos que destacam a influência da qualidade de estruturas de contenção existentes em deslizamentos havidos em áreas formais e não formais. Em quase todos os anos os escorregamentos ocorridos em áreas com contenções sem técnicas adequadas tiveram um maior percentual do que os escorregamentos em áreas que apresentavam estruturas de contenção adequadas.

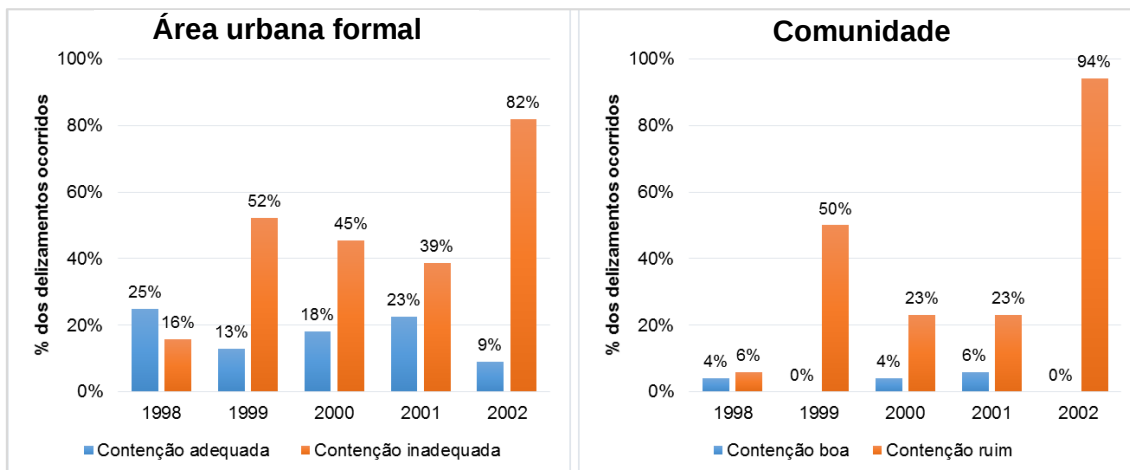


Figura 4.6 – Influência da qualidade da estrutura de contenção em áreas formais e em comunidade (%)

Na Figura 4.7 são analisadas as influências do lançamento de lixo e entulho nas encostas e a modificação do sítio através de corte e/ou aterro. O percentual de escorregamentos onde houve alguma modificação na geometria do talude é alto, na ordem de 80% das ocorrências.

Os escorregamentos em locais com lançamento de lixo e entulho não ocorreram com grande frequência, chegando em 2002 a não ter nenhum caso em área urbana e nenhum caso em 1999 em comunidade. Contudo, nas áreas de comunidade, houve maior quantidade de ocorrências com a presença de lixo e entulho

No período de 2010 a 2012, drenagens inadequadas, estruturas de contenção de baixa qualidade e modificação da geometria de taludes também se apresentaram de muita influência nos escorregamentos, conforme é apresentado na Tabela 4.2 e na Tabela 4.3. No entanto, o número de casos de ocorrências relacionadas a lançamento de lixo e entulho sofreu uma diminuição de 14% para cerca de 3% dos casos, considerando as áreas formais e informais da cidade. Tal se verificou, possivelmente pela conscientização da população e melhor coleta de lixo promovida pelos programas sociais.

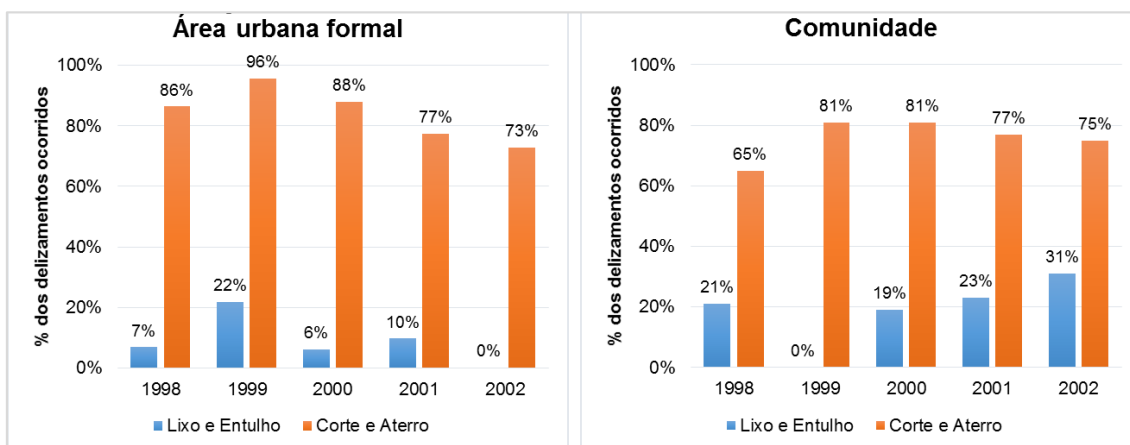


Figura 4.7 – Influência da presença de lixo e da modificação do sítio (corte e/ou aterro)

Tabela 4.2 – Comparação entre os períodos para área urbana formal segundo o percentual de ocorrências associadas a diferentes fatores

Fatores	Área urbana (%)							
	Ano							
	1998	1999	2000	2001	2002	2010	2011	2012
Drenagem Inadequada	71	91	83	86	88	98	15	100
Contenção Inadequada	16	52	45	39	82	18	57	41
Corte e/ou Aterro	86	96	88	77	73	72	100	75
Lixo e entulho	7	22	6	10	0	2	5	0

Tabela 4.3 – Comparação entre os períodos para comunidade segundo o percentual de ocorrências associadas a diferentes fatores

Fatores	Comunidade (%)							
	Ano							
	1998	1999	2000	2001	2002	2010	2011	2012
Drenagem Inadequada	100	88	96	100	94	97	100	100
Contenção Inadequada	6	50	23	23	94	11	26	20
Corte e/ou Aterro	65	81	81	77	75	76	82	83
Lixo e entulho	21	0	19	23	31	3	5	7

4.4.2. Combinação de fatores

Foram analisadas e apresentadas nas Figura 4.8 e Figura 4.9 os fatores de maior influência, já mencionados no item 3.6.8. que, em geral, estavam presentes de forma combinada nos escorregamentos ocorridos em comunidade e área urbana,

respectivamente. Estas análises foram efetuadas dado a percepção que os fatores influenciadores frequentemente se apresentavam de forma combinada.

Foram apresentadas as três combinações mais presentes. O fator drenagem inadequada esteve presente nas três combinações, reafirmando a importância da drenagem para os escorregamentos. A combinação mais frequente foi a drenagem inadequada com modificação do sítio (corte e/ou aterro), seguida da combinação drenagem inadequada com modificação do sítio (corte e/ou aterro) e estrutura de contenção de baixa qualidade, e por fim somente a drenagem inadequada.

Para o período analisado por MENDES (2016), as combinações mais frequentes foram as mesmas encontradas para 1998 a 2002. Sendo drenagem inadequada com aproximadamente 5% para área urbana e 8% para comunidade; drenagem inadequada e corte e/ou aterro com aproximadamente 15% para área urbana e 40% para comunidade e drenagem inadequada, corte e/ou aterro e contenção inadequada com aproximadamente 15% em área urbana e 10% em comunidade.

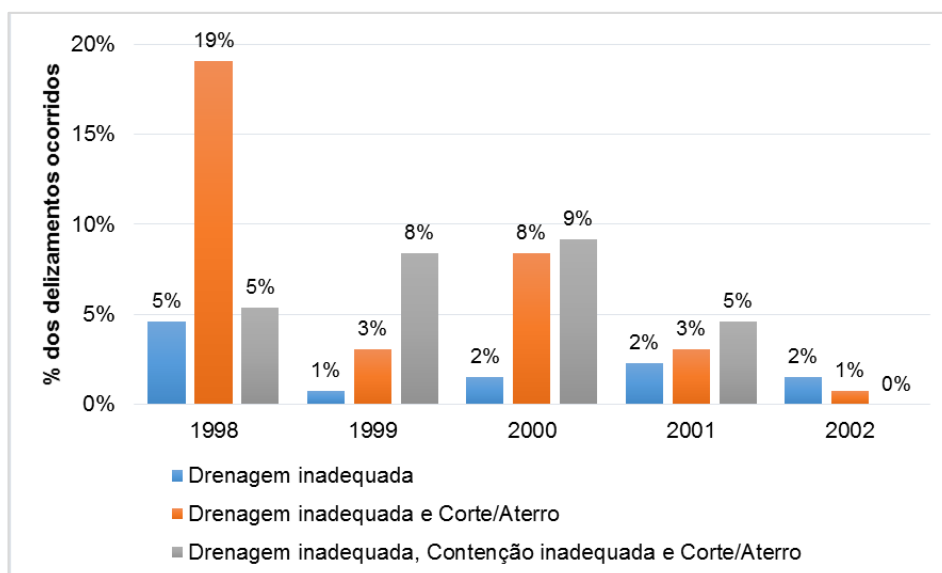


Figura 4.8 – Combinação de fatores em área urbana (%)

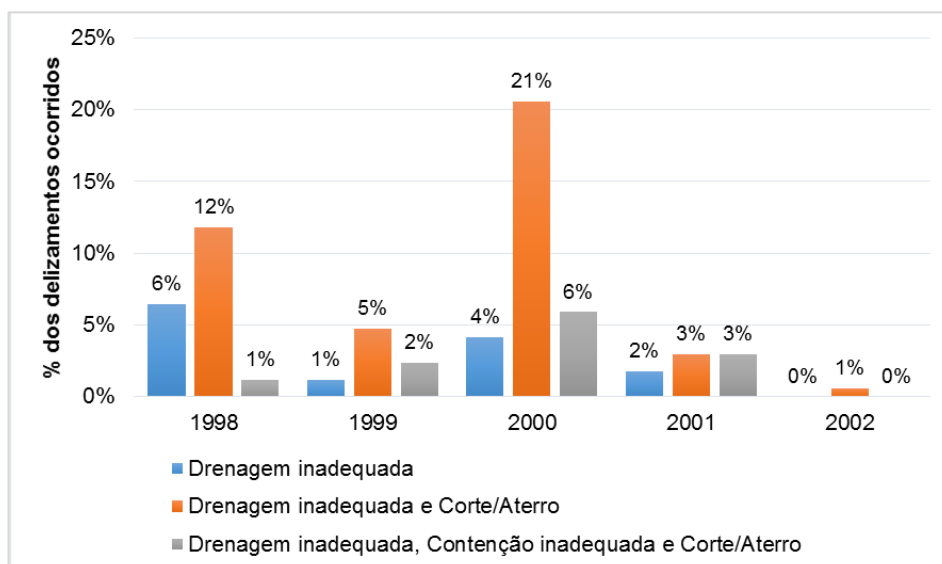


Figura 4.9 – Combinação dos fatores em comunidade (%)

4.5. Comparação com os limiares determinados por MARTINS (2014)

Na análise da criticidade das chuvas, MARTINS (2014) adotou uma metodologia para a determinação dos limiares de chuvas causadores dos escorregamentos. Essa metodologia baseou-se em KANJI *et. al.* (2003). Inicialmente, para o período de 1998 a 2002, o mesmo procedimento foi adotado, dividindo a cidade do Rio de Janeiro em 10 sub-regiões, traçando-se uma curva para cada evento pluviométrico significativo (EPS) que gerou pelo menos uma ocorrência, e classificando o EPS como fraco, moderado, forte ou catastrófico, dependendo do número de ocorrências geradas.

Diferentemente de MARTINS (2014), somente foram considerados nas análises os laudos que indicavam a ocorrência de escorregamentos provocados por chuva. Foram desconsiderados laudos em que não ocorreram escorregamentos, gerados pelo o efeito de pânico e laudos não motivados pela ocorrência de chuva.

As curvas determinadas para as sub-regiões Centro e Grande Tijuca estão apresentadas nas Figura 4.10 e na Figura 4.11 respectivamente. As curvas tracejadas em preto são os limiares definidos por MARTINS (2014).

É fácil visualizar que as curvas de eventos não seguem uma disposição coerente, curva de categoria forte acima da curva de categoria catastrófico e curvas de categoria moderado abaixo do limiar de não evento (Figura 4.10). Na Figura 4.11, curvas de categoria fraco e moderado estão intercaladas e acima do limiar catastrófico proposto.

No Anexo A, encontram-se todos os gráficos gerados para todas as 10 sub-regiões em a cidade do Rio de Janeiro foi dividida. As curvas não apresentam coerência

entre si além de não apresentarem coerência com os limiares determinados por MARTINS (2014).

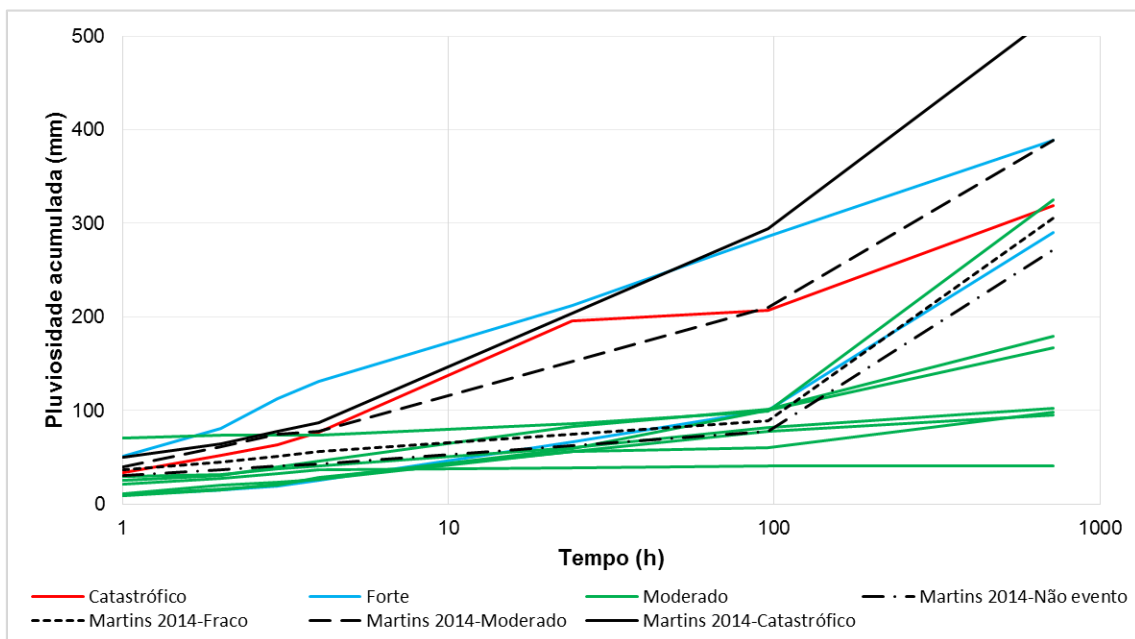


Figura 4.10 – Comparação dos limiares determinados por MARTINS (2014) com as curvas de pluviosidade acumulada (mm) por tempo (h) para sub-região Centro

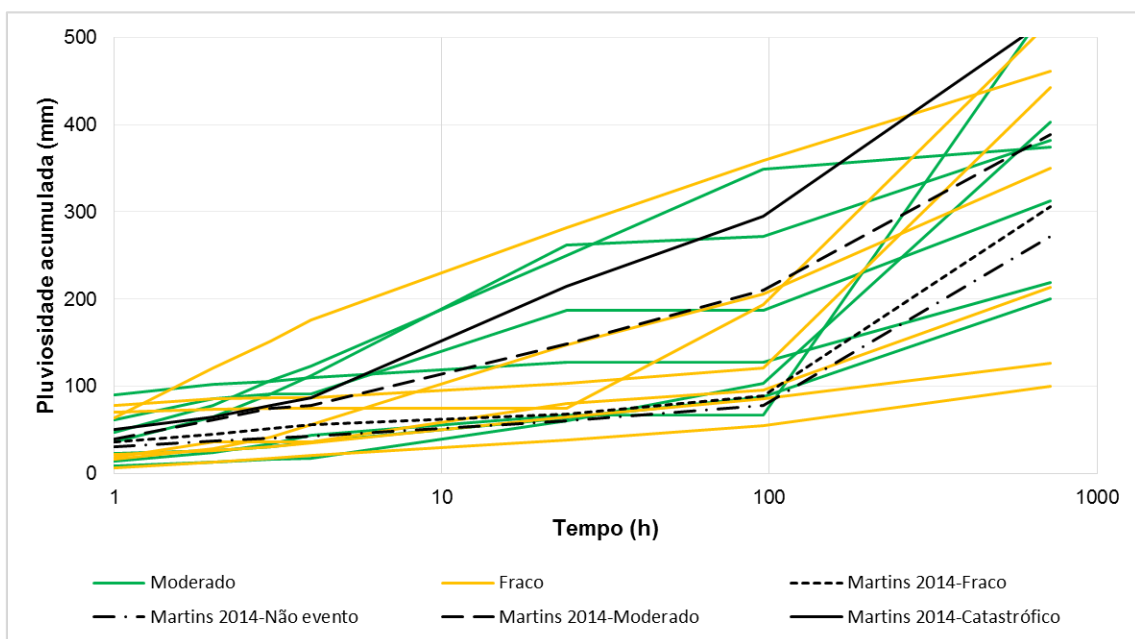


Figura 4.11 - Comparação dos limiares determinadas por MARTINS (2014) com as curvas de pluviosidade acumulada (mm) por tempo (h) para sub-região Grande Tijuca

A mesma falta de correspondência entre as curvas de eventos pluviométricos significativos (EPS) e o limiares críticos propostos por MARTINS (2014), encontrada no

período de 1998 a 2002, foi encontrada para o período de 2010 a 2012 estudado por MENDES (2016).

4.6. Escorregamentos vs. intensidade horária e acumulado de chuva

Com base na não coerência das curvas de eventos pluviométricos significativo (EPS) com os limiares de chuva desenvolvido por MARTINS (2014), empregou-se então o método proposto por TATIZANA *et. al.* (1987b) para as análises. TATIZANA *et. al.* (1987b) aponta, para regulador de ocorrências, uma combinação entre a intensidade de chuva horária e a quantidade de chuva acumulada, e não a intensidade de chuva horária ou chuva acumulada, separadamente.

A fim de verificar a melhor combinação entre acumulado de chuva e intensidade horária, foram elaborados gráficos de intensidade de pluviometria horária (mm/h) versus pluviometria acumulada para 24h, 96h e 720h, onde o acumulado é dado por mm/24h, mm/96h e mm/720h (vide Apêndice H). Apenas o gráfico de acumulado de chuva para 96h apresentou coerência e, portanto, passou a ser considerado.

Como descrito no Capítulo 3, na elaboração dos gráficos tem-se pontos representando os EPS ocorridos. No tratamento dos dados, foram traçadas cruzetas representando a média e o desvio padrão da intensidade horária (mm/1h) desses pontos versus acumulado de pluviometria para 96h (mm/96h). Foram realizadas análises para os casos de ocupação, de intervenção humana e fatores influenciadores dos escorregamentos.

4.6.1. Tipo de ocupação

Na Figura 4.12 e na Figura 4.13 são apresentadas, para a sub-região Grande Méier, as cruzetas representando média e desvio padrão de intensidade horária versus acumulado de chuva em mm/96h, considerando escalas logarítmica e natural, respectivamente para áreas de comunidade e área urbana.

Como é observado para o Grande Méier, não há diferença entre as curvas de área urbana e comunidade, as curvas se cruzam e estão muito próximas. O mesmo ocorre para as sub-regiões Anchieta/Irajá, Centro e Zona Sul (ver Anexo C).

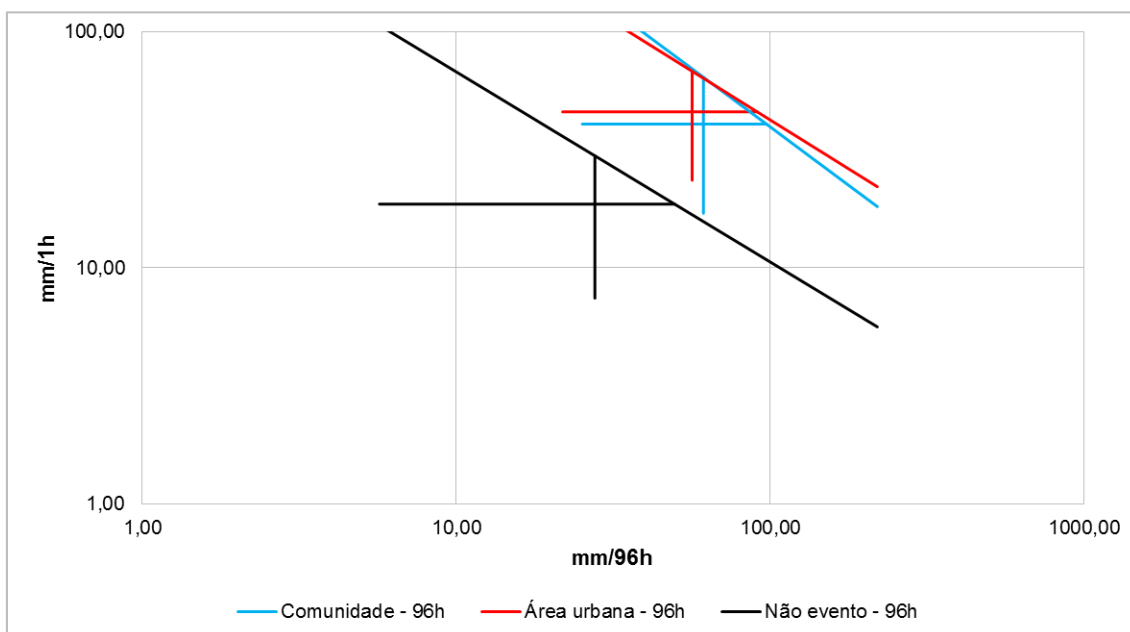


Figura 4.12 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Méier (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para tipo de ocupação

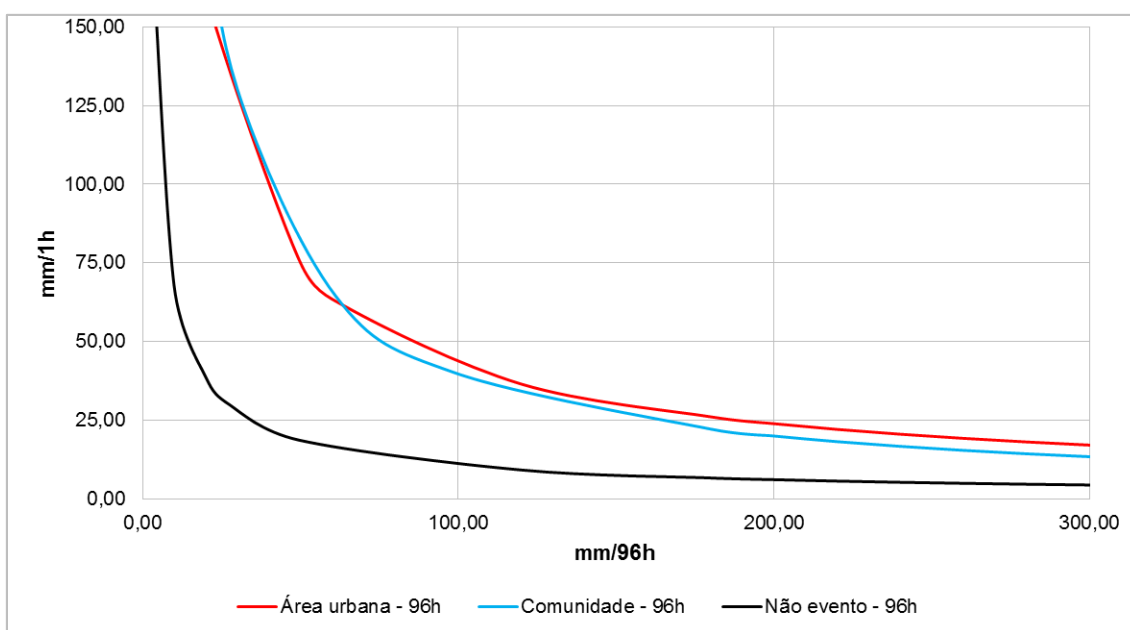


Figura 4.13 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Méier (Média e desvios padrão) em escala natural para tipo de ocupação

Em contrapartida, as sub-regiões de Grande Tijuca, Ilha do Governador e Jacarepaguá (ver Anexo C) apresentam curvas distintas, mostrando um comportamento diferente para cada tipo de ocupação. Na Figura 4.14 e na Figura 4.15 são apresentadas

as curvas para a sub-região Grande Tijuca. Pode-se observar que as curvas referentes às áreas de comunidade se encontram abaixo daquelas da área urbana, indicado uma maior suscetibilidade das comunidades ao escorregamento. Essa maior suscetibilidade provavelmente é pelo crescimento indiscriminado das comunidades, sem técnicas adequadas e em grande maioria em área de encostas. Na sub-região da Ilha do Governador pode-se observar que para o acumulado de 80mm, há uma mudança no comportamento, passando de comunidade para área urbana como área mais suscetível.

Para as sub-regiões Bangu, Barra/Recreio e Zona Oeste, não foi possível o traçado das curvas para região de comunidade por falta de ocorrências (ver Anexo C).

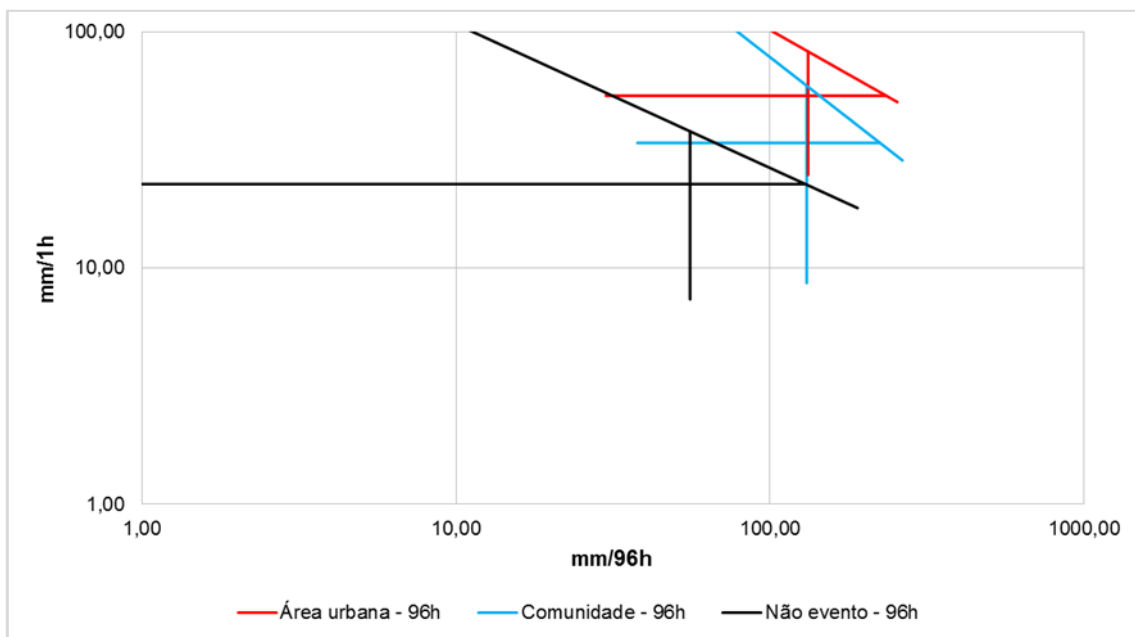


Figura 4.14 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Tijuca (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para tipo de ocupação

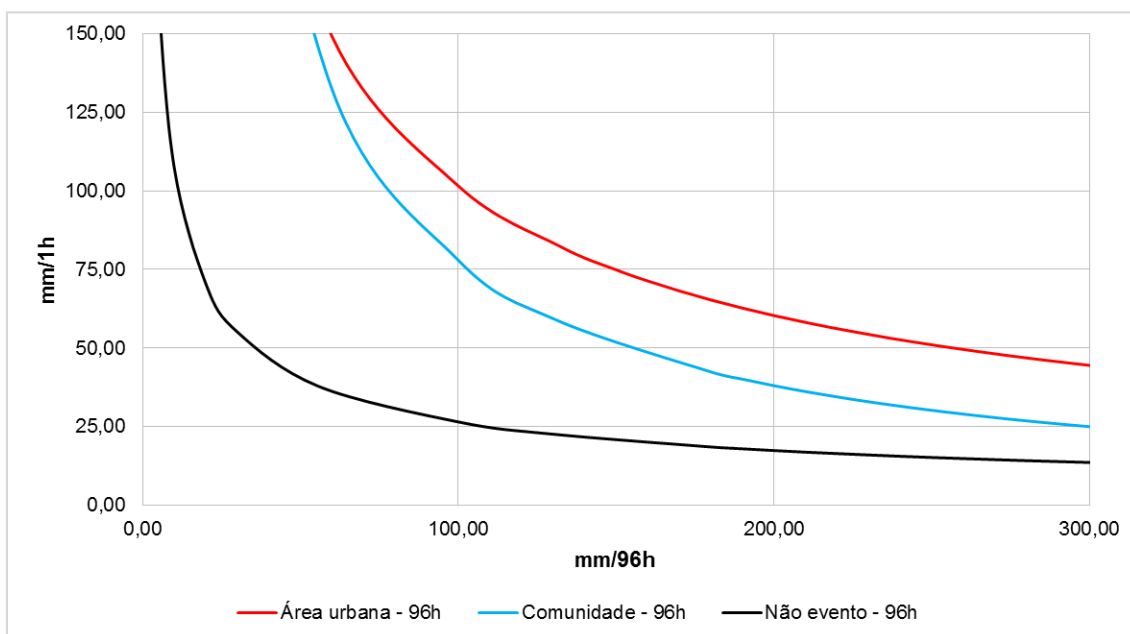


Figura 4.15 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Tijuca (Média e desvios padrão) em escala natural para tipo de ocupação

No caso da Grande Tijuca, esta diferenciação pode ser devido ao significativo aporte de recursos em obras de contenção e drenagem em áreas de ocupação informal na região, tornando assim estas encostas mais estáveis.

4.6.2. Tipo de intervenção humana

Na Figura 4.16 e na Figura 4.17 são apresentadas, para a sub-região Anchieta/Irajá, as cruzetas representando média e desvio padrão de intensidade horária versus acumulado de chuva em mm/96h, considerando escalas logarítmica e natural, respectivamente para áreas com intervenção humana e sem intervenção humana.

Como é observado para Anchieta/Irajá, a curva de intervenção humana está acima da curva sem intervenção, mostrando que a intervenção humana de alguma maneira está se mostrando benéfica para chuva de acumulado baixo. A partir de 150mm de chuva acumulada, não há diferença significativa entre as curvas. Nota-se, no entanto que nenhum ponto dos pontos analisados se obteve chuvas acumuladas maiores que 150mm. Dessa forma esta extrapolação do gráfico não deve ser considerada representativa. O mesmo ocorre para as sub-regiões Grande Méier, Ilha do Governador a partir do acumulado de 50mm (ver Anexo B).

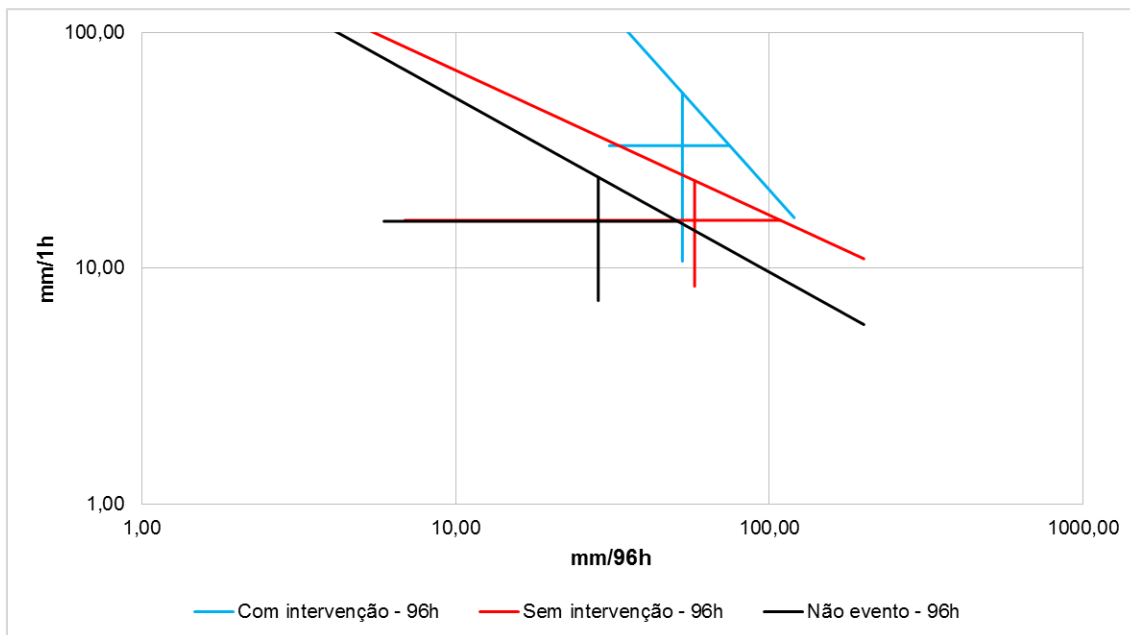


Figura 4.16 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Anchietá/Irajá (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para intervenção humana

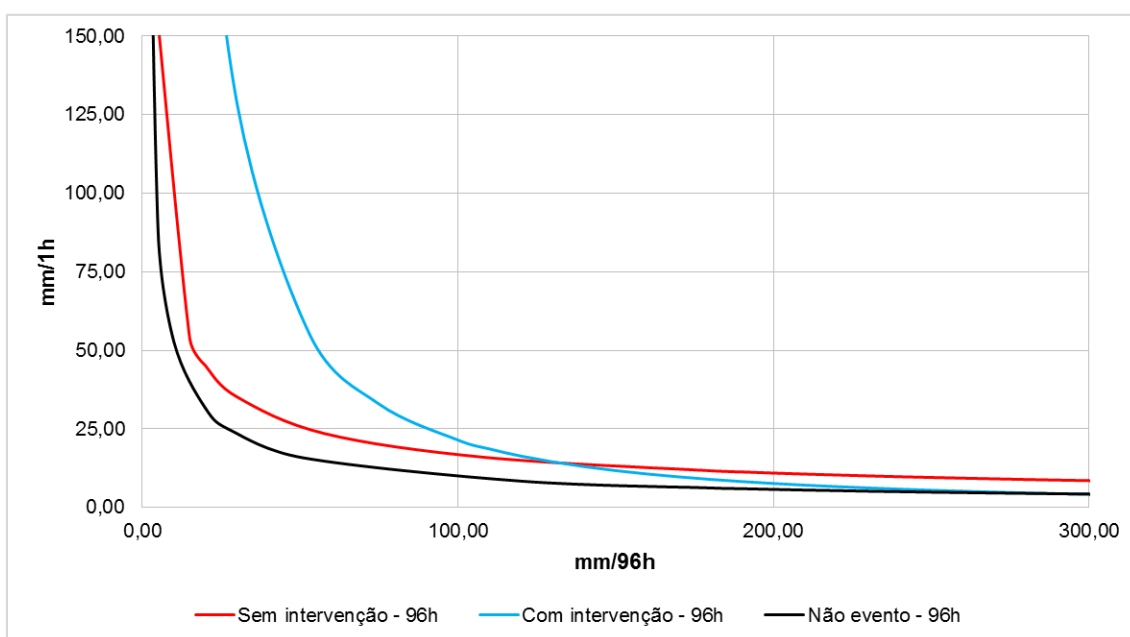


Figura 4.17 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Anchietá/Irajá (Média e desvios padrão) em escala natural para intervenção humana

As sub-regiões de Centro, Grande Tijuca, Zona Sul e Zona Oeste (ver Anexo B) apresentam curvas distintas, mostrando um comportamento diferente para cada tipo de ocupação. Nenhum ponto dos pontos analisados se obteve chuvas acumuladas maiores

que 150mm, dessa forma a extrapolação do gráfico não deve ser considerada representativa. Na Figura 4.18 e na Figura 4.19 são apresentadas as curvas para a sub-região Centro. Pode-se observar que, com exceção da Grande Tijuca e Zona Sul, as curvas referentes às áreas sem intervenção se encontram abaixo daquelas de com intervenção, indicado assim que as intervenções humanas foram favoráveis à estabilidade das encostas. Tal conclusão mostra que nem toda intervenção humana é ruim.

Para as sub-regiões Bangu, Barra/Recreio e Jacarepaguá, não foi possível o traçado das curvas para a situação sem intervenção humana por falta de ocorrências (ver Anexo B), impossibilitando conclusões em relação a este aspecto. Note-se que na sub-região Barra/Recreio a curva de ocorrências para situação com intervenção humana se aproxima da curva referente a não eventos, indicando que na Barra/Recreio os escorregamentos apresentam-se mais relacionados à intervenção humana do que à pluviometria (Figura 4.20 e Figura 4.21).

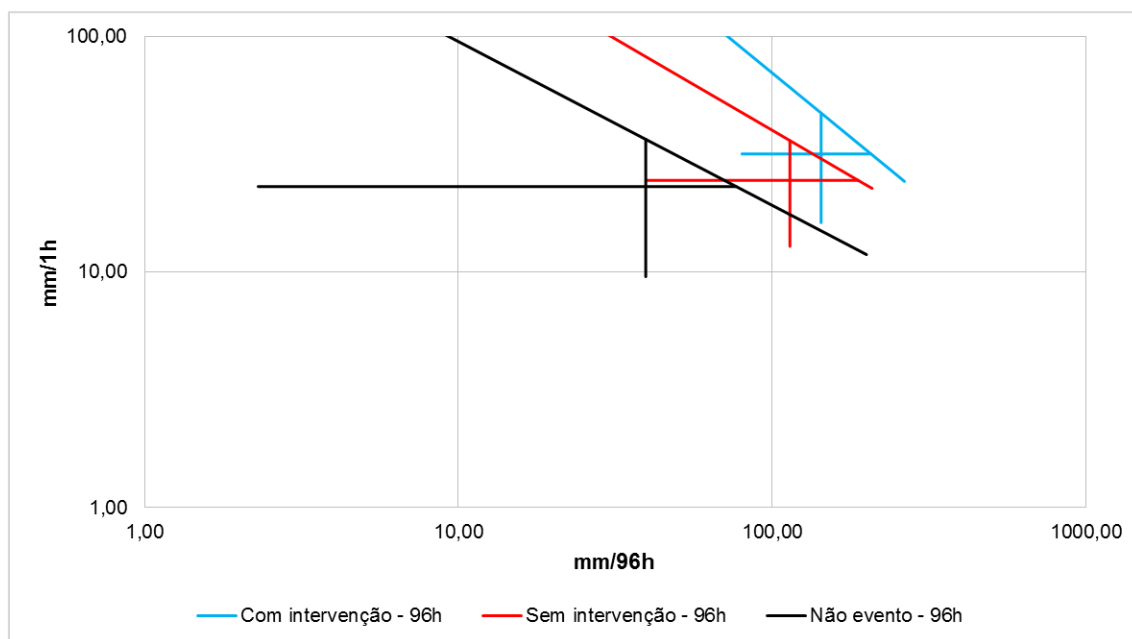


Figura 4.18 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Centro (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para intervenção humana

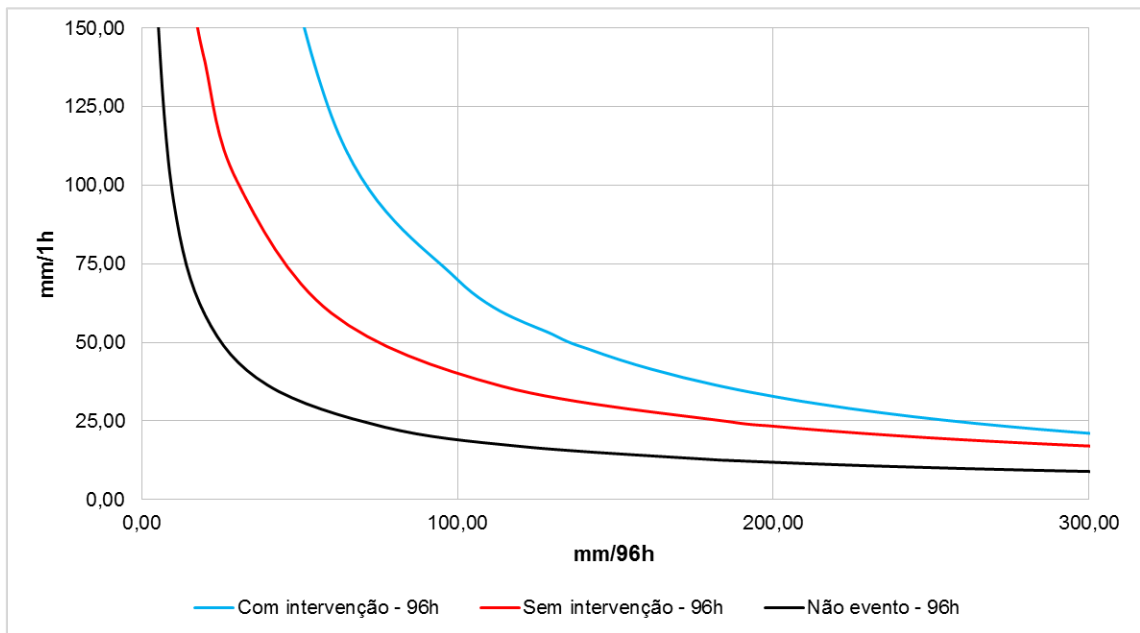


Figura 4.19 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Centro (Média e desvios padrão) em escala natural para intervenção humana

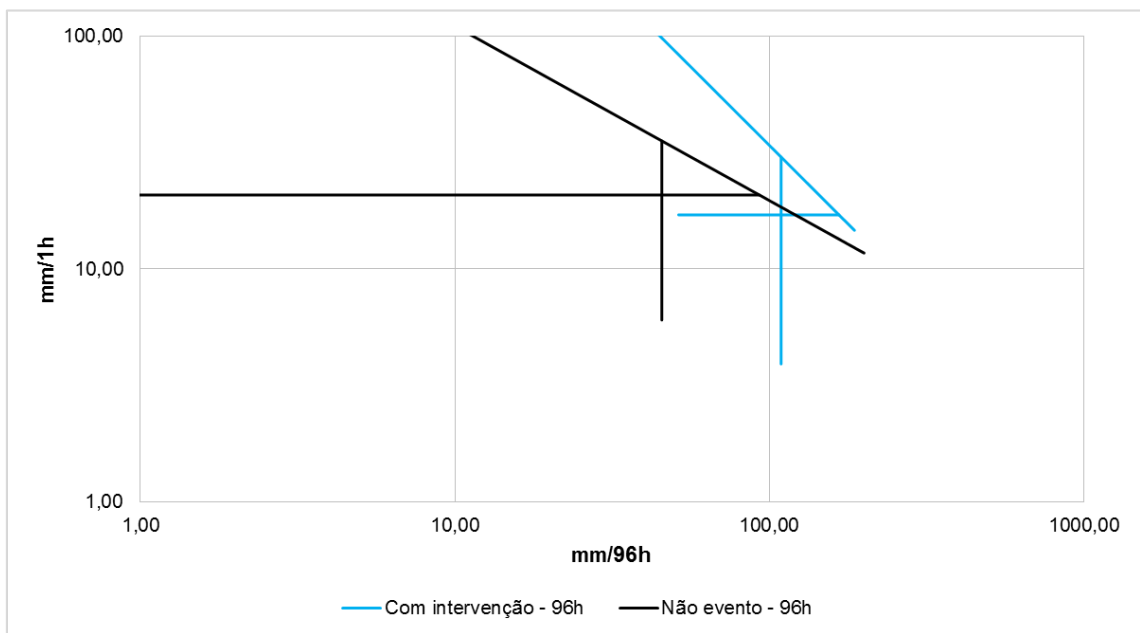


Figura 4.20 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Barra/Recreio (desvios padrão) em escala logarítmica para intervenção humana

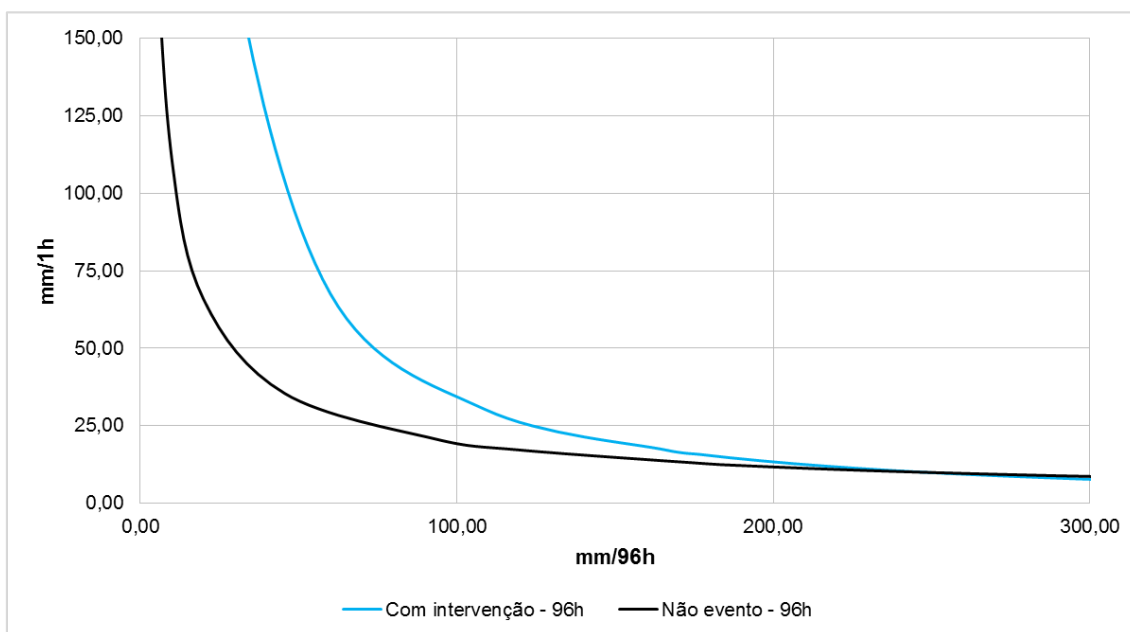


Figura 4.21 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Barra/Recreio (Média e desvios padrão) em escala natural para intervenção humana

4.6.3. Fatores combinados

Na Figura 4.22 e na Figura 4.23 são apresentadas, para a sub-região Grande Tijuca, as cruzetas representando média e desvio padrão de intensidade horária versus acumulado de chuva em mm/96h, considerando escalas logarítmica e natural, respectivamente para situações de drenagem insatisfatória, drenagem insatisfatória e modificação de sítio (corte e/ou aterro) e drenagem insatisfatória, modificação de sítio (corte e/ou aterro) e estrutura de contenção de sem técnica adequada. Como mencionado, essa combinação de fatores se apresentam como os maiores responsáveis pelas ocorrências no período de 1998 a 2002.

Como é observado para Grande Tijuca, foi possível traçar todas as curvas referentes às três combinações de maior influência nas ocorrências. O mesmo ocorreu para as sub-regiões Anchieta/Irajá, Centro, Grande Méier, Ilha do Governador e Zona Sul (Anexo D). Porém há particularidades nas curvas para cada uma dessas sub-regiões. Algumas combinações, a partir de um certo acumulado de chuva, passam a ter alguma de suas curvas coincidindo com a curva de não evento, ou abaixo dela, tal ocorre em vista de extrapolação e dos poucos números de pontos que diminui a representatividade dos resultados. Rigorosamente as curvas se confundem indicando que não como se hierarquizar maior ou menor influência destes fatores.

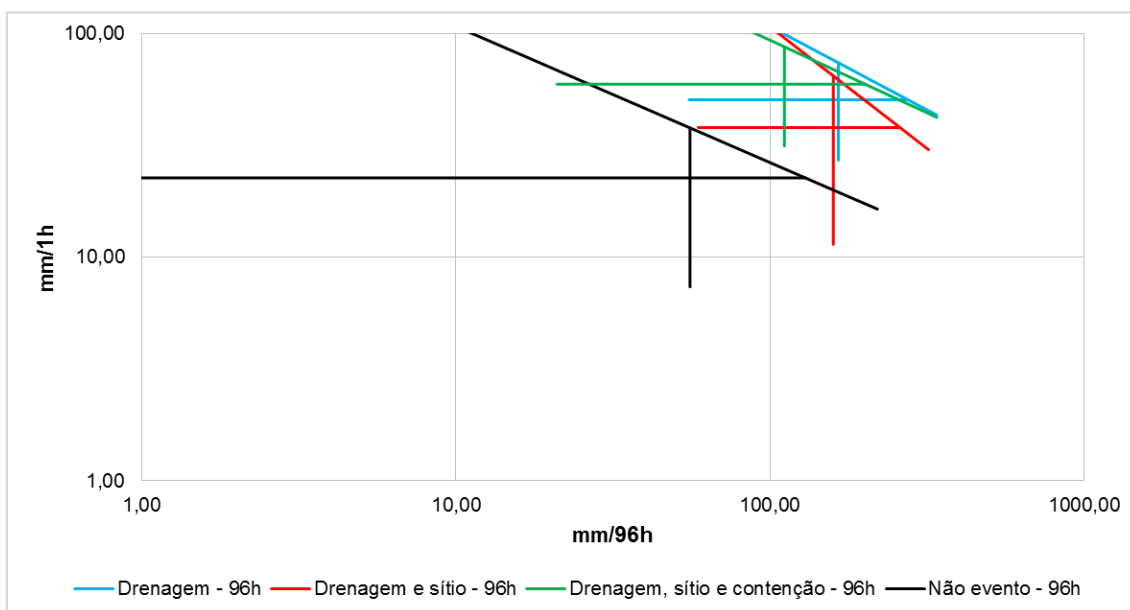


Figura 4.22 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Tijuca (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para fatores secundários

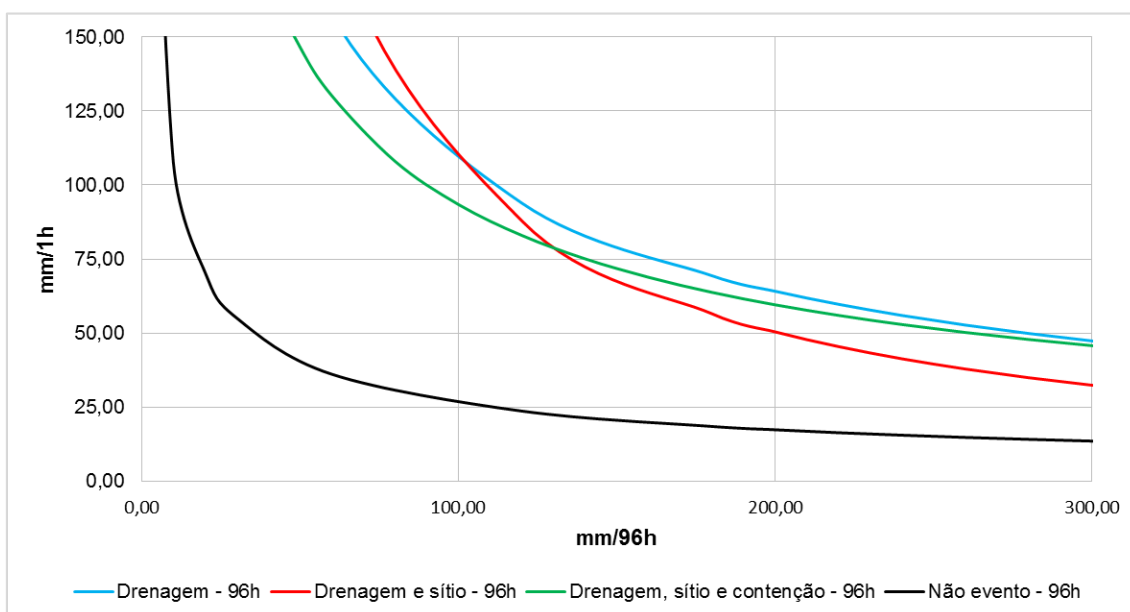


Figura 4.23 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Tijuca (Média e desvios padrão) em escala natural para fatores secundários

No caso da sub-região Anchieta/Irajá (Figura 4.24 e Figura 4.25), as três curvas referentes aos fatores mais influenciadores, a partir do acumulado de 150mm/96h passam a coincidir com a curva de não evento, mostrando que a partir deste valor de chuva acumulada, não há diferença significativa entre as curvas. Nota-se, no entanto

que nenhum ponto dos pontos analisados se obteve chuvas acumuladas maiores que 150mm, sendo uma extrapolação do gráfico de pequena representatividade. O mesmo ocorre para as sub-regiões Centro, Grande Méier, Ilha do Governador e Zona Sul (Anexo D). Note-se que para Anchieta/Irajá a condição drenagem, sítio e contenção apresentou-se das três combinações a mais instável, indicando uma possível precariedade das estruturas contenções estabelecidas nestes locais.

Para as sub-regiões Bangu, Barra, Jacarepaguá e Zona Oeste não foi possível traçar todas as curvas referentes as três combinações de maior influência, em vista do pequeno número de ocorrências. Na Figura 4.26 e na Figura 4.27 estão apresentadas as curvas de drenagem insatisfatória e modificação de sítio (corte e/ou aterro) e drenagem insatisfatória, modificação de sítio (corte e/ou aterro) e estrutura de contenção de baixa qualidade para a sub-região Jacarepaguá. As demais sub-regiões se encontram no Anexo D. As curvas obtidas se confundem mostrando uma não preponderância de um fator sobre os demais.

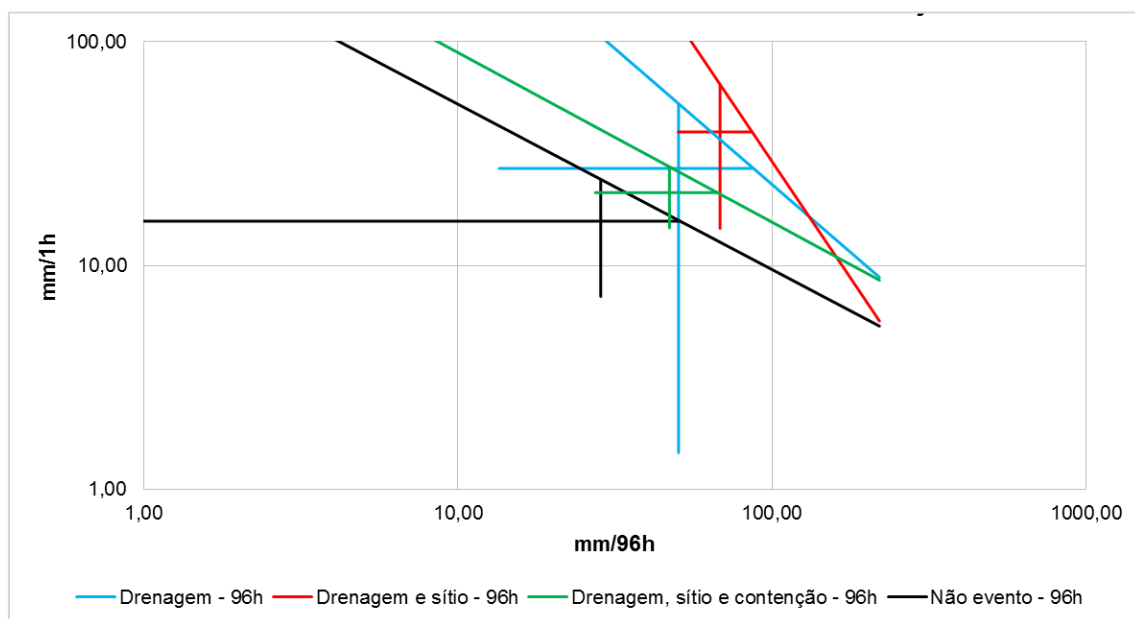


Figura 4.24 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Anchieta/Irajá (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para fatores secundários

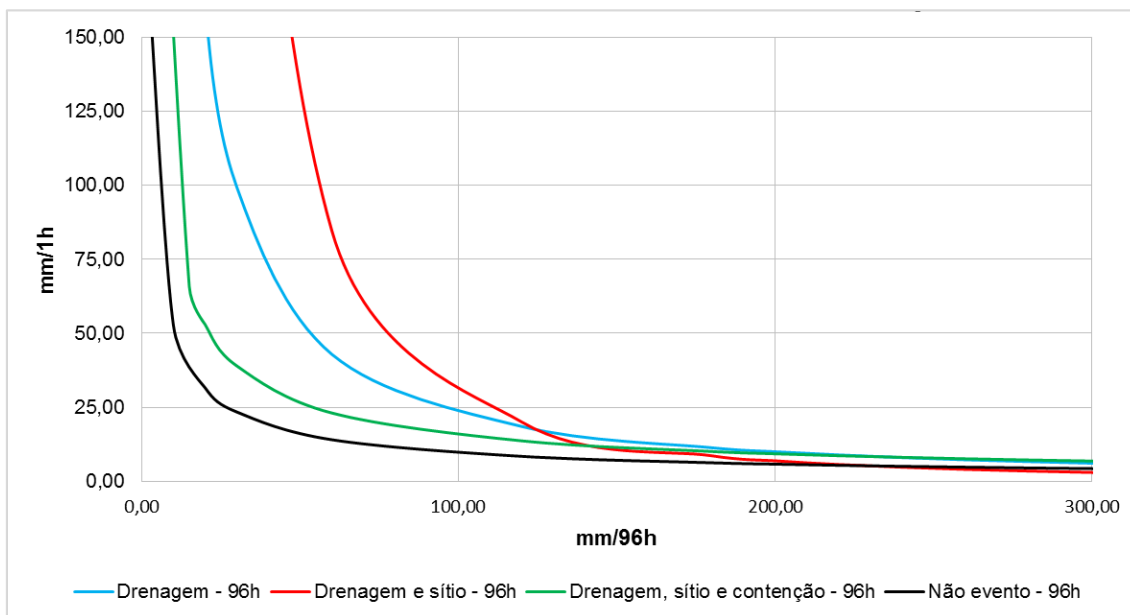


Figura 4.25 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Anchieta/Irajá (Média e desvios padrão) em escala natural para fatores secundários

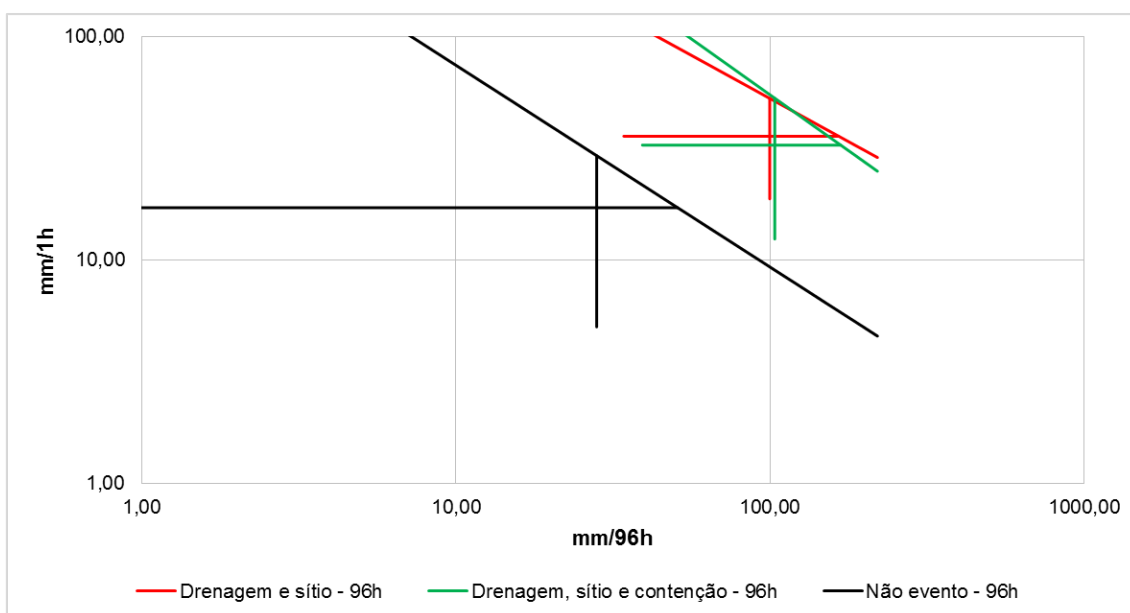


Figura 4.26 – Acumulado de 96h (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Jacarepaguá (média e desvios padrão) em escala logarítmica para fatores secundários

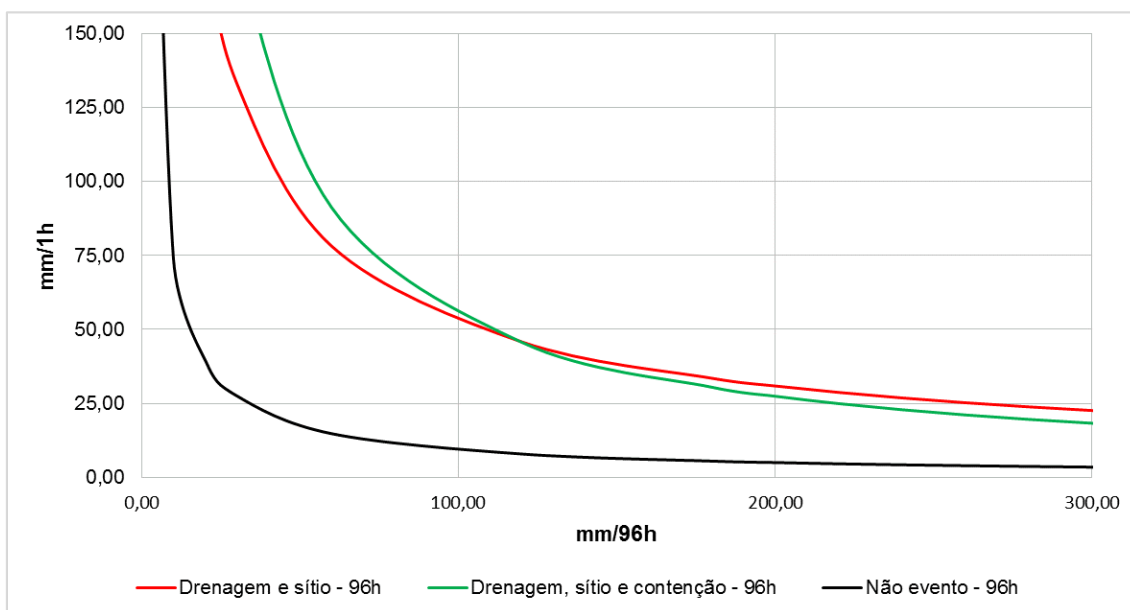


Figura 4.27 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Jacarepaguá (Média e desvios padrão) em escala natural para fatores secundários

No período estudado por MENDES (2016), 2010 a 2012, foi encontrado, em linhas gerais, o mesmo comportamento observado no período 1998 a 2002. As principais combinações de fatores influenciadores foram as mesmas (drenagem insatisfatória, drenagem insatisfatória e modificação de sítio (corte e/ou aterro) e drenagem insatisfatória, modificação de sítio (corte e/ou aterro) e estrutura de contenção de baixa qualidade), porém o traçado foi mais preciso dado o número muito maior de ocorrências, em relação ao período de 1998 a 2002.

A diferença nos resultados encontrados de uma sub-região para outra mostra que cada sub-região apresenta um comportamento diferenciado em função da ocupação das encostas, de qual tipo de intervenção foi realizada, da geologia local, da geomorfologia e da vegetação.

4.7. Limiares de chuva para diferentes categorias de eventos

No item 4.5 foi mostrado que a metodologia adotada por MARTINS (2014) não se encaixou bem com as curvas dos EPS tanto do período em análise (1998 a 2002) como para o período analisado por MENDES (2016) (2010 a 2012). Para isso foi elaborada então um novo limiar baseada nos critérios adotados por MARTINS (2014).

Na Tabela 3.10, é apresentado, em função do número de ocorrências por área de susceptibilidade ao escorregamento de uma sub-região, três categorias, sendo elas

Categoria I, Categoria II e Categoria III. Esta classificação também foi adotada por MENDES (2016). Essas categorias correspondem, respectivamente, na metodologia de MARTINS (2014) a eventos: Fracos/Moderados; Moderados/Fortes e; Fortes/Catastróficos.

A classificação sugerida difere da de MARTINS (2014) pelos limites definidores de cada subdivisão, que foram modificados e reduzidos em função da desconsideração no trabalho ora apresentado (tal como em MENDES 2016) dos laudos em que não ocorreram escorregamentos, gerados pelo o efeito de pânico e laudos não motivados pela ocorrência de chuva.

Na Figura 4.28 a Figura 4.33 são apresentadas as curvas para as sub-regiões do Centro, Grande Méier e Zona Oeste para o acumulado de chuvas de 96h. Foram traçadas as cruzetas representando média e desvio padrão de intensidade horária versus acumulado de chuva em mm/96h, considerando escalas logarítmica e natural, respectivamente para cada categoria.

A curva gerada pelas cruzetas para cada categoria marca o limite superior dos casos estudados. Foi considerado a possibilidade de 85% dos casos estarem abaixo desta curva, isto é, média mais 1 desvio padrão (ver item 3.8.).

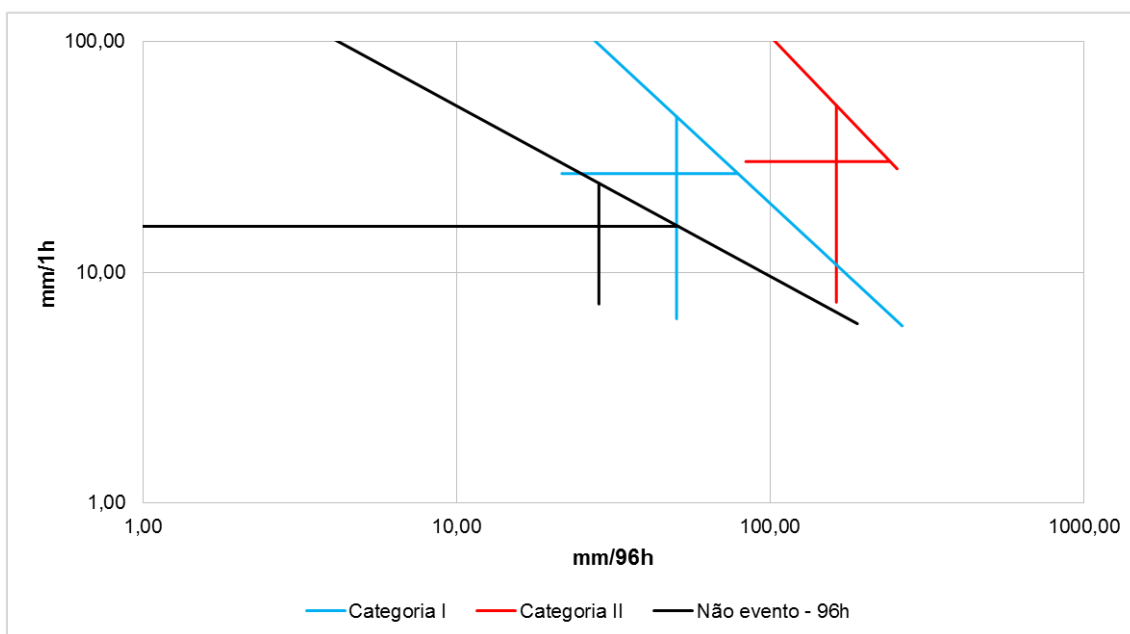


Figura 4.28 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Centro (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para nova classificação de EPS

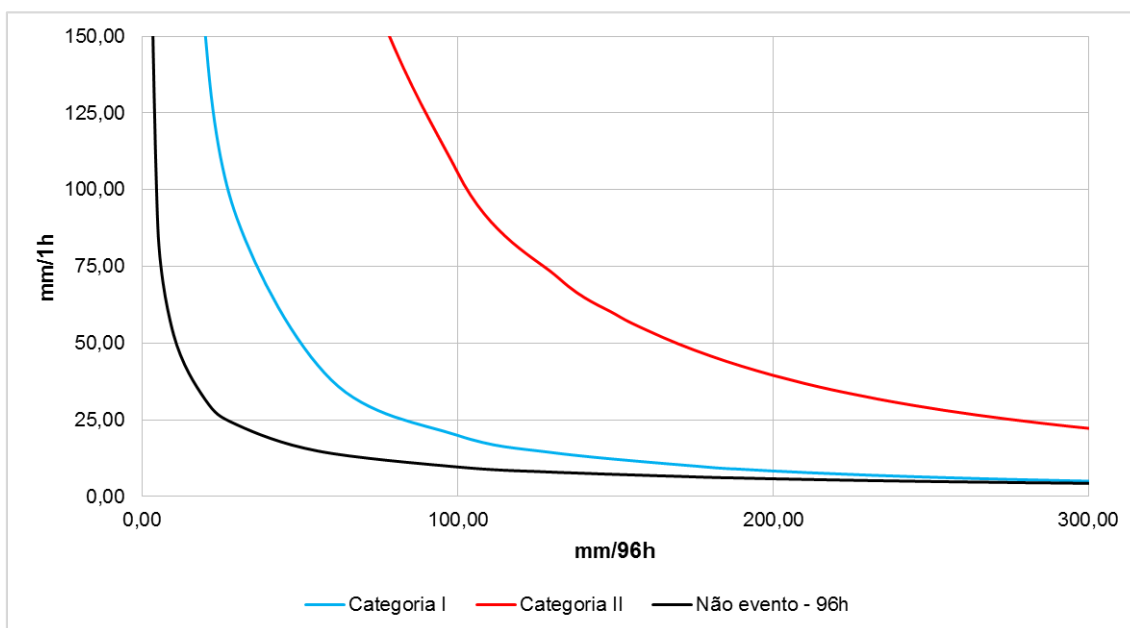


Figura 4.29 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Centro (Média e desvios padrão) em escala natural para nova classificação de EPS

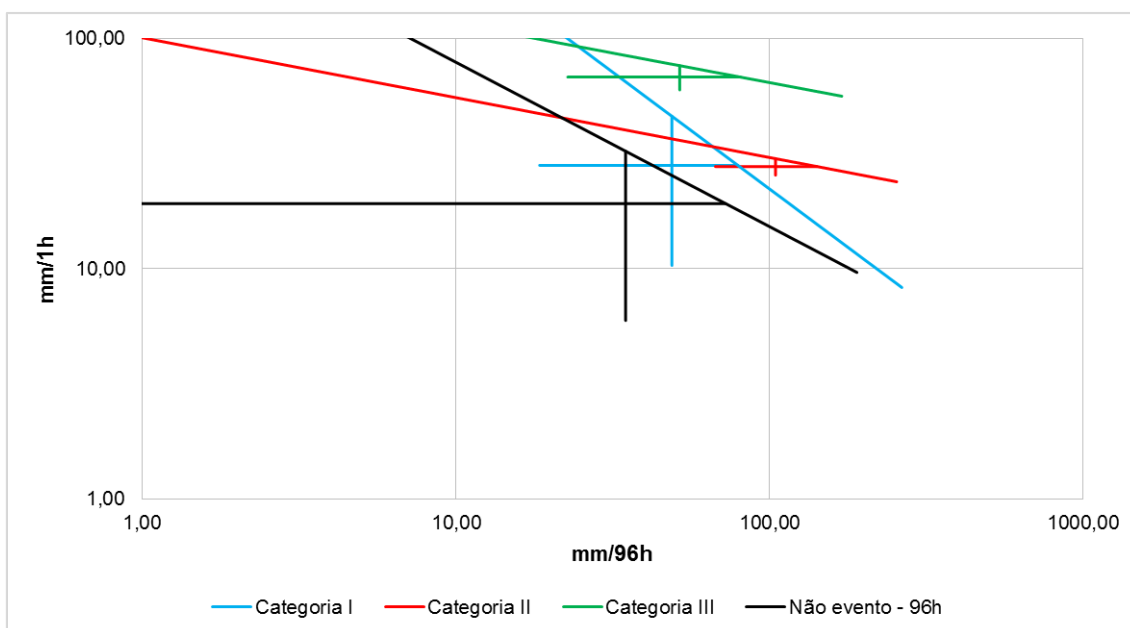


Figura 4.30 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Méier (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para nova classificação de EPS

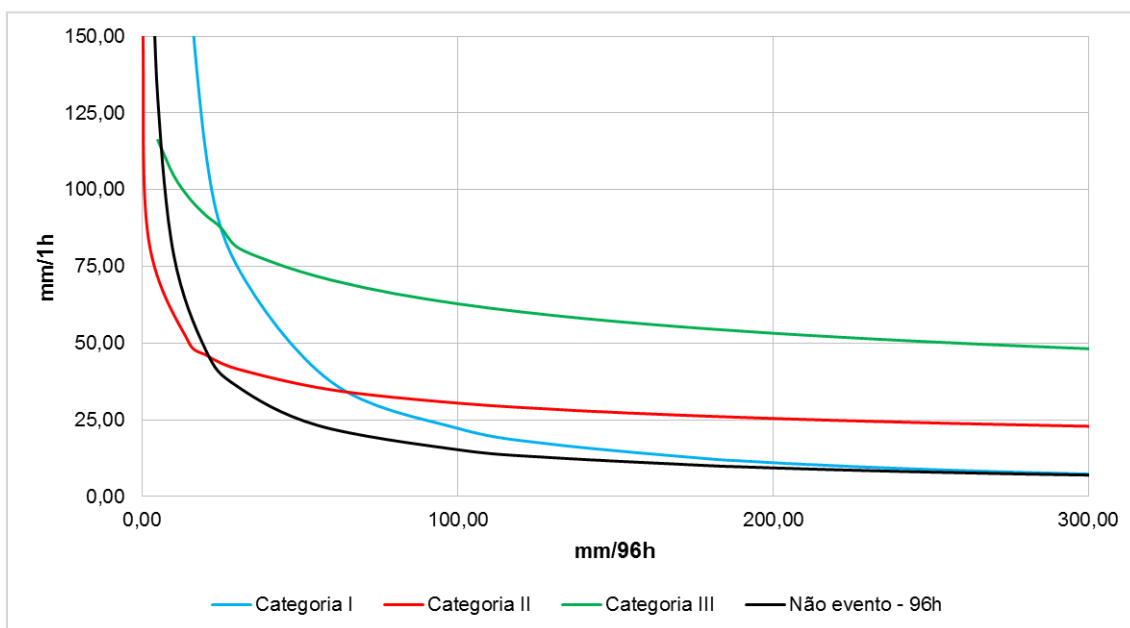


Figura 4.31 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Méier (Média e desvios padrão) em escala natural para nova classificação de EPS

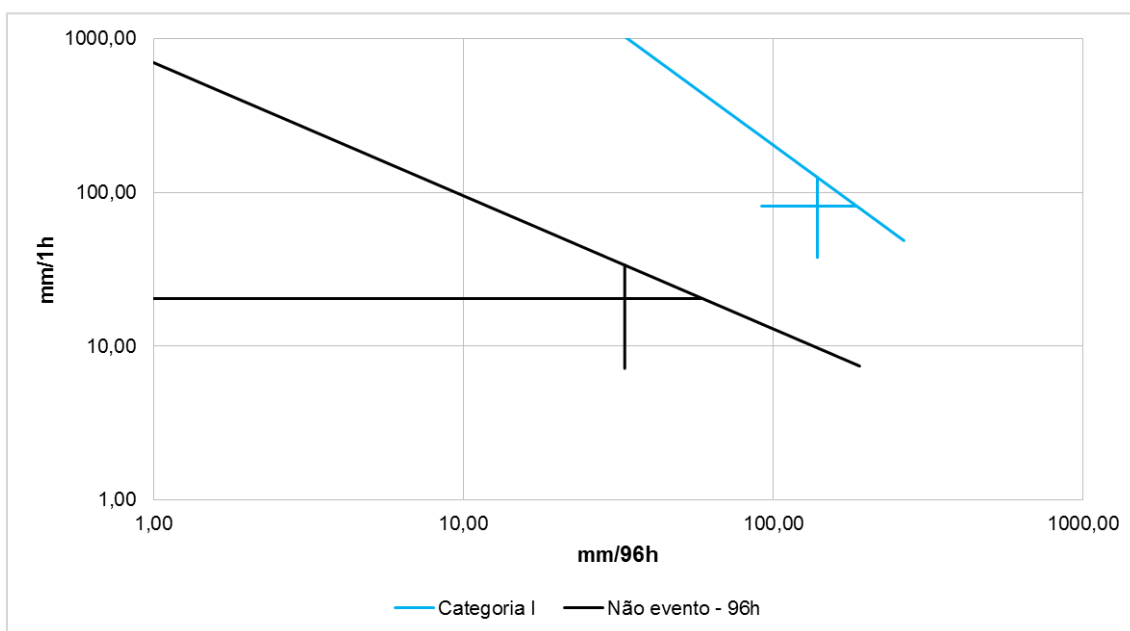


Figura 4.32 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Oeste (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para nova classificação de EPS

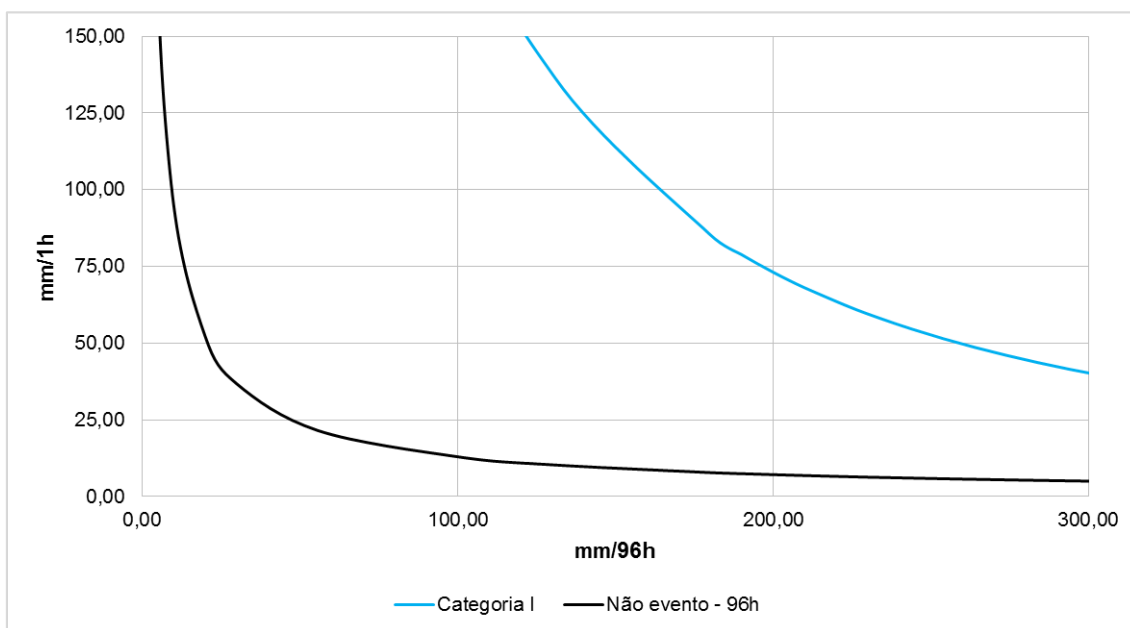


Figura 4.33 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Oeste (Média e desvios padrão) em escala natural para nova classificação de EPS

Pelo limitado número de ocorrências, em algumas sub-regiões só foi possível o traçado da “Categoria 1” e em outras delas o traçado das curvas das “Categoria 2” e “Categoria 3” apresentou resultados inconsistentes (Figura 4.31). Na Figura 4.31 observe que para um acumulado de 50mm por exemplo, precisa-se de menos chuva na intensidade horária para obter uma “Categoria 2” do que “Categoria 1”. Inconsistências semelhantes foram também observadas no Rio de Janeiro como um todo. Observa-se também que os limiares de chuva variam para cada sub-região. Por exemplo a sub-região Centro, no acumulado de 200mm em 96h, precisa de uma intensidade horária de 12mm para “Categoria 1” enquanto na Zona Oeste para o mesmo acumulado precisa de 75mm. Este comportamento é esperado pelas diversidades de ocupação e outros condicionantes verificados ao longo da cidade.

Na Figura 4.34 e Figura 4.35, apresentam-se os resultados englobando a cidade como um todo. Observa-se também inconsistências dos resultados encontrados para as diferentes categorias. Para pequenos acumulados de chuva a curva correspondente a categoria III apresenta-se abaixo das demais. Tal se deve ao pequeno número de EPS que se englobam no período na categoria III. Além desse aspecto, tem-se que as análises por sub-região mostram diferenças no comportamento de cada uma delas, como já discutido anteriormente.

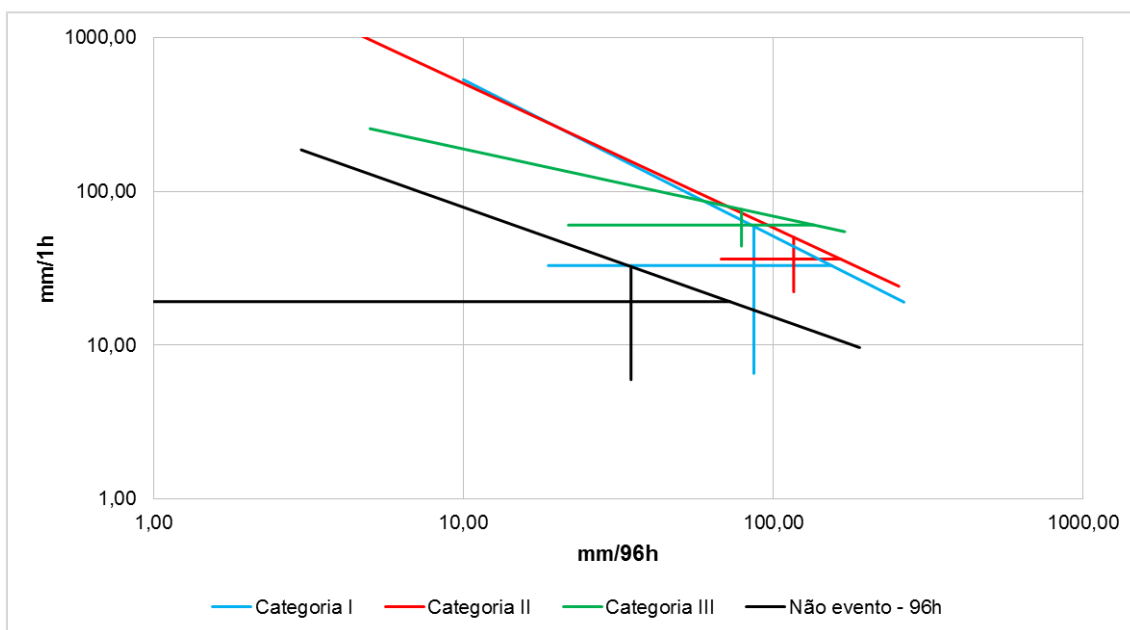


Figura 4.34 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na cidade do Rio de Janeiro (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para nova classificação de EPS

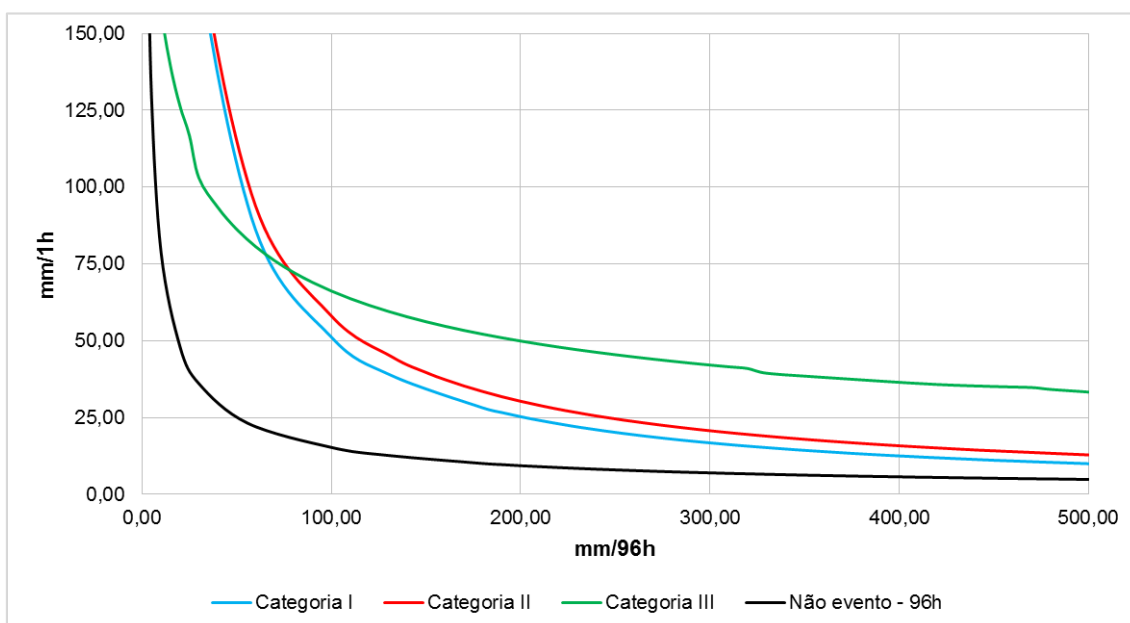


Figura 4.35 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na cidade do Rio de Janeiro (Média e desvios padrão) em escala natural para nova classificação de EPS

Conforme mencionado no item 2.2.2. o Sistema Alerta Rio, de alarme de chuvas fortes e riscos de escorregamentos na Cidade do Rio de Janeiro, considera de forma independente a chuva acumulada ou a intensidade horária e não o efeito acoplado dos dois fatores. De forma a destacar este aspecto, na Figura 4.36 comparam-se as curvas

determinadas para a condição “não evento”, referentes a cada sub-região da cidade, com os limiares adotados no sistema Alerta Rio. As curvas “não evento” variam por sub-região, 85% dos EPS nos quais não se verificaram deslizamentos estão abaixo destas curvas. Estes limiares são definidos de forma acoplada com a intensidade horária e o acumulado de 96 horas. Comparando as curvas “não evento” com os limiares adotados pelo sistema de alerta adotado pela cidade, verifica-se que, considerando de forma independente a chuva acumulada em 96h, ou a intensidade horária, tais EPS podem representar, segundo o padrão Alerta Rio, incompativelmente ocorrências de diferentes categorias, inclusive níveis médio a muito alto. Note-se também as variações das curvas “Não evento” que é significativo de uma sub-região para outra, variações estas que não são consideradas nos critérios adotados pelo Sistema do Alerta Rio.

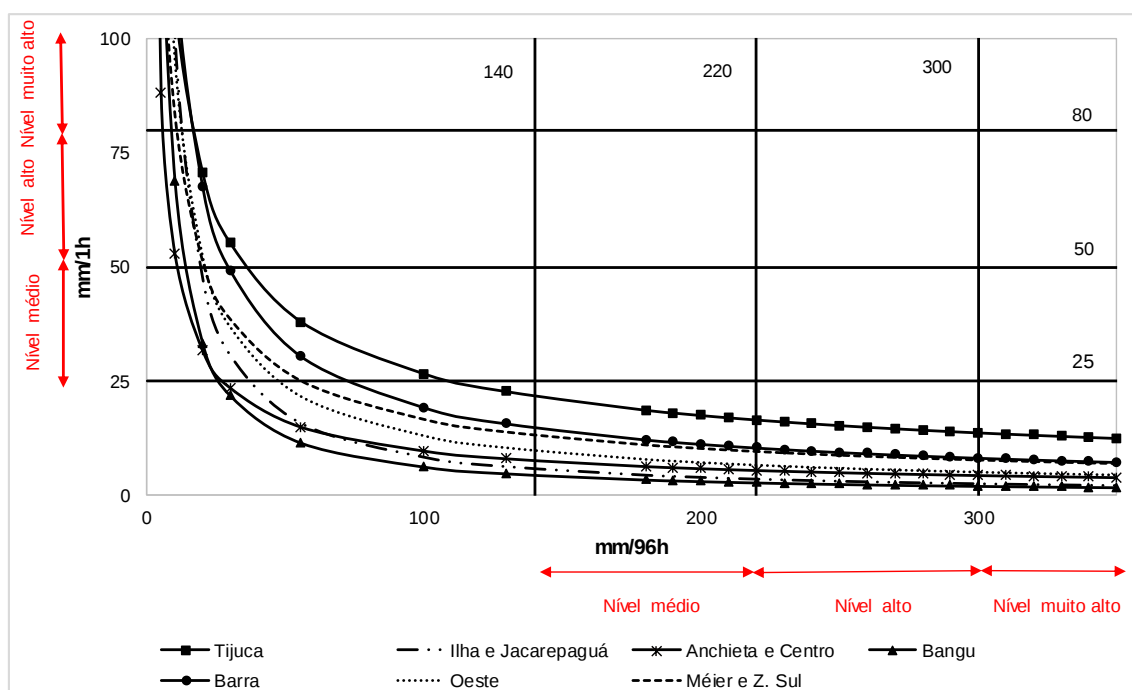


Figura 4.36 – Análise do acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS que não geraram evento com os limites do Alerta Rio em 96hs

4.8. Correlação entre número de escorregamentos e EPS

A intensidade horária e a chuva acumulada correlacionam-se com os escorregamentos. Relacionou-se para todos os EPS isoladamente o número de escorregamentos por km² de área de susceptibilidade com o produto IA^n , onde I é a intensidade horária e A é o acumulado de chuva em 96h. n representa o coeficiente angular das retas geradas pelas cruzetas dos gráficos I vs. A , em escala logarítmica. Foi adotado o valor de n correspondente a categoria não evento, já que esta categoria

tem maiores números de pontos conferido maior representatividade às curvas. Em princípio deve-se esperar paralelismos das curvas de limiares críticos, isto é, valores de **n** similares para as diferentes categorias. Cruzamentos destas indicariam que categorias superiores, sob determinadas condições, precisariam de menos chuvas do que as inferiores, o que não faz sentido.

Na Tabela 4.4 apresentam-se os valores de **n** determinados para as diferentes sub-regiões. Em linhas gerais, observa-se que o valor $n = 0.7$ é representativo. Note-se que o valor 0.7 é também consistente com o observado por MENDES (2016). Note-se que para as diferentes categorias e sub-regiões muitas vezes foram encontrados valores de **n** diversos. Poucos pontos representam estas categorias, portanto, nestes casos as médias e desvios padrão são pouco representativas.

Tabela 4.4 – Valores dos coeficientes angulares para cada sub-região das retas de não evento

Sub-região	n	
	1998-2002	2010-2012
Anchieta	0,7	0,7
Bangu	1,0	1,0
Barra	0,8	0,5
Centro	0,7	1,0
G. Méier	0,7	0,6
G. Tijuca	0,6	0,6
Ilha do G.	1,1	1,2
Jacarepaguá	0,9	0,6
Z. Oeste	0,9	0,6
Z. Sul	0,7	0,5

Foi então separado as categorias por sub-região e realizadas a média e desvio padrão do produto IA^n para as categorias “Não evento”, “Categoria I”, “Categoria II” e “Categoria III”. Foi realizada também a média do número de ocorrências por área de suscetibilidade (km^2) correspondentes a cada categoria. Definiu-se as médias e desvio padrão de cada categoria. Traçaram-se então retas representativas das médias (contínua) e mais ou menos um desvio padrão (tracejadas).

Na Figura 4.37 são apresentados os resultados para a sub-região Grande Méier, para um acumulado de 96h. Os pontos cheios representam as médias e o vazio cada EPS isoladamente. Essa é a única sub-região que apresenta as três categorias para os dados de 1998 a 2002. No Anexo F são encontras as curvas correspondentes a cada sub-região.

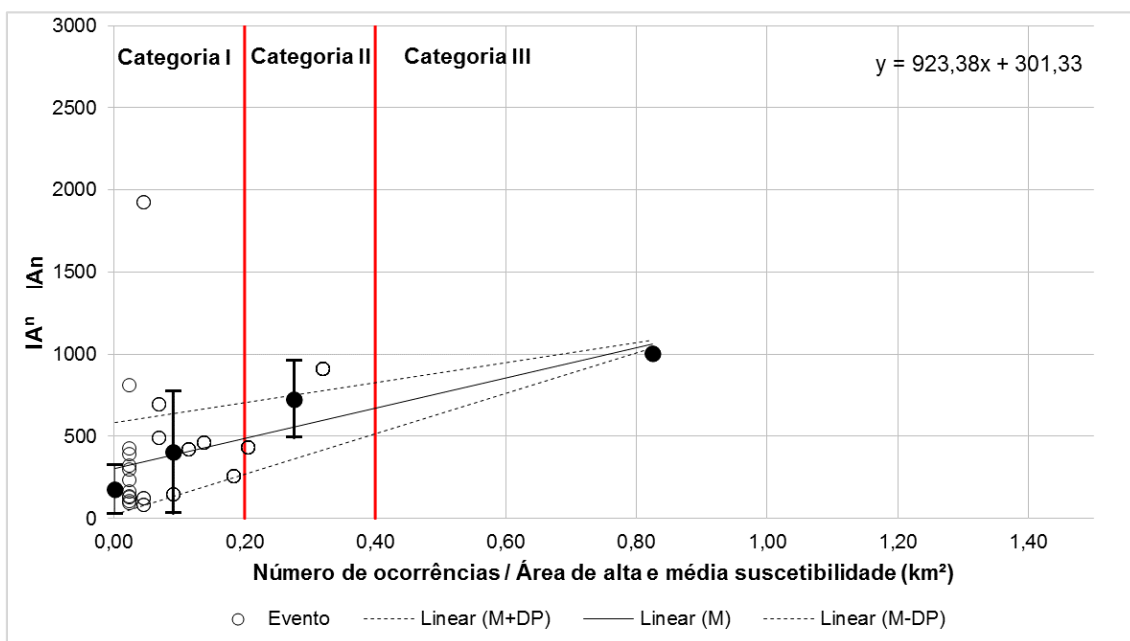


Figura 4.37 – Número de ocorrências por área de suscetibilidade (km²) versus IA^n , sub-região Grande Méier para acumulados de 96h

4.8.1. Comparação entre 1998 a 2002 e 2010 a 2012

Na Figura 4.38 são apresentados os dados da sub-região Anchieta/Irajá e na Figura 4.39 uma aproximação para melhor entendimento do gráfico. Estas figuras apresentam dados dos dois períodos em um único gráfico. Os círculos e os triângulos correspondem os períodos 1998-2002 e 2010-2012, respectivamente. As sub-regiões Anchieta/Irajá, Bangu, Barra/Recreio, Centro, Ilha do Governador, Jacarepaguá, Grande Méier e Zona Sul não apresentaram diferenças significativas de resultados entre os dois períodos. Ou seja, não se observou nem piora e nem melhora entre os dois períodos. Assim, nestes locais, os pontos dos dois períodos foram utilizados para o traçado da curva de tendência, e uma curva única foi obtida. As curvas correspondentes a estas sub-regiões se encontram no Anexo F.

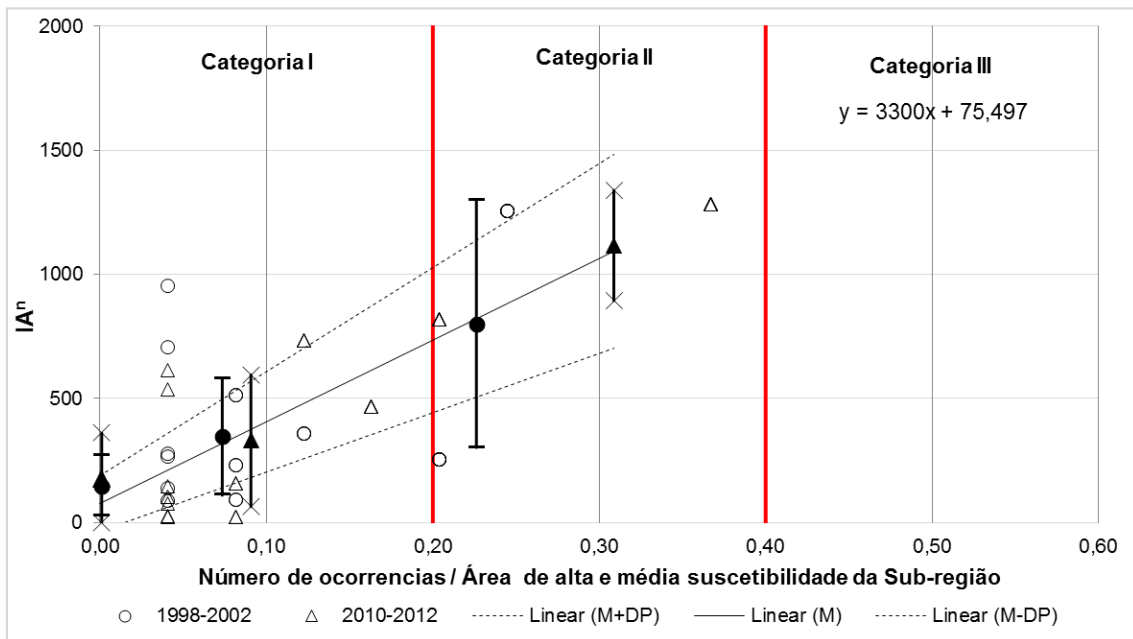


Figura 4.38 - Número de ocorrência por área de suscetibilidade (km^2) versus IA^n para a sub-região Anchieta/Irajá para os períodos 1998-2002 e 2010-2012 com acumulado de 96hs

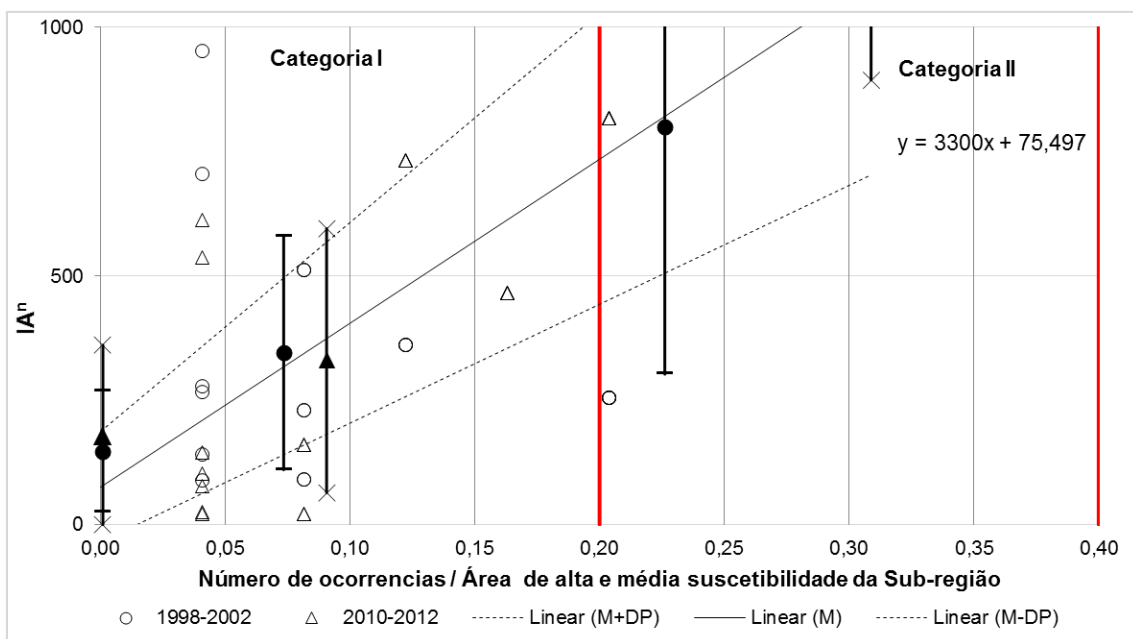


Figura 4.39 - Número de ocorrência por área de suscetibilidade (km^2) versus IA^n para a sub-região Anchieta/Irajá para os períodos 1998-2002 e 2010 a 2012 com acumulado de 96hs (escala ampliada)

Já as sub-regiões Grande Tijuca e Zona Oeste, os dados apresentaram variações significativas entre um período e outro, indicado uma piora no período de 2010 a 2012. Desta maneira, os pontos não puderam ser considerados conjuntamente e assim mantido a curva de tendência apresentada por MENDES (2016) para 2010 a

2012, já que é representativa de uma situação mais atual. Na Figura 4.40 e Figura 4.41 são apresentados os pontos para a região da Zona Oeste. A curva correspondente à Grande Tijuca está apresentada no Anexo F. Os resultados assinalam que no período de 2010 a 2012, precisava-se de menos chuvas para ocorrer deslizamentos com impactos similares ao que se observou no período 1998 a 2002. Essa piora provavelmente se deve ao aumento do número de comunidades em áreas de alta susceptibilidade a escorregamentos (vide Tabela 2.2).

Objetivando a análise comparativa, em um único gráfico são apresentadas as retas de tendência correspondentes a média de cada sub-região, considerando os dados dos dois períodos (1998-2002 e 2010-2012) (Figura 4.42). Note-se que as retas das sub-regiões Anchieta/Irajá e Barra/Recreio podem ser agrupadas em uma curva única, visto da semelhança encontrada. O mesmo ocorre para as sub-regiões de Bangu e Tijuca, Jacarepaguá e Z. Oeste e, Z. Sul e Ilha do Governador. Na Figura 4.43 se encontra as retas de média correspondentes às sub-regiões agrupadas. Note-se que as sub-regiões de Jacarepaguá e Zona Oeste são as mais estáveis e que a sub-região Centro é a que necessita menores chuvas para ocorrerem deslizamentos.

A Figura 4.44 mostra a média do produto IA^n para a categoria “Não evento”, para cada sub-região correspondente os períodos 1998-2002 e 2010-2012. Tais resultados indicam que ocorreu ao longo dessa década a melhora para as sub-regiões Anchieta/Irajá, Bangu, Ilha do Governador e Jacarepaguá e a piora para as sub-regiões Barra/Recreio, Centro, Grande Tijuca e Zona Oeste. Note-se que as sub-regiões Grande Méier e Zona Sul permaneceram sem mudanças no seu índice de criticidade.

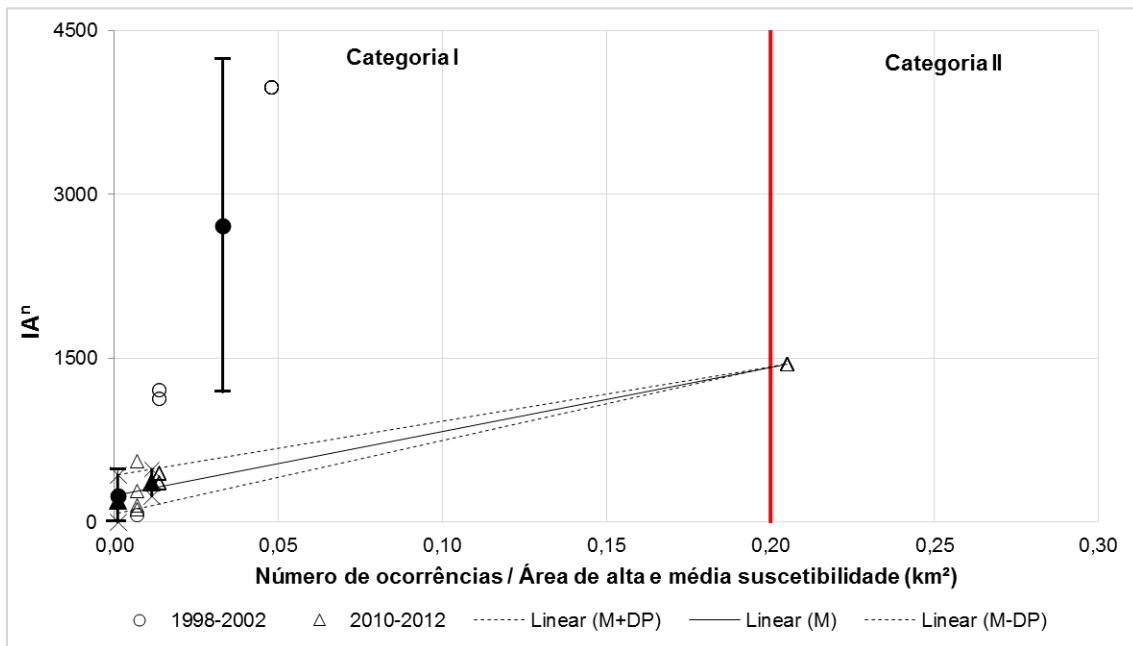


Figura 4.40 – Número de ocorrência por área de suscetibilidade (km²) versus IAⁿ para a sub-região Zona Oeste para os períodos 1998-2002 e 2010 a 2012 com acumulado de 96hs

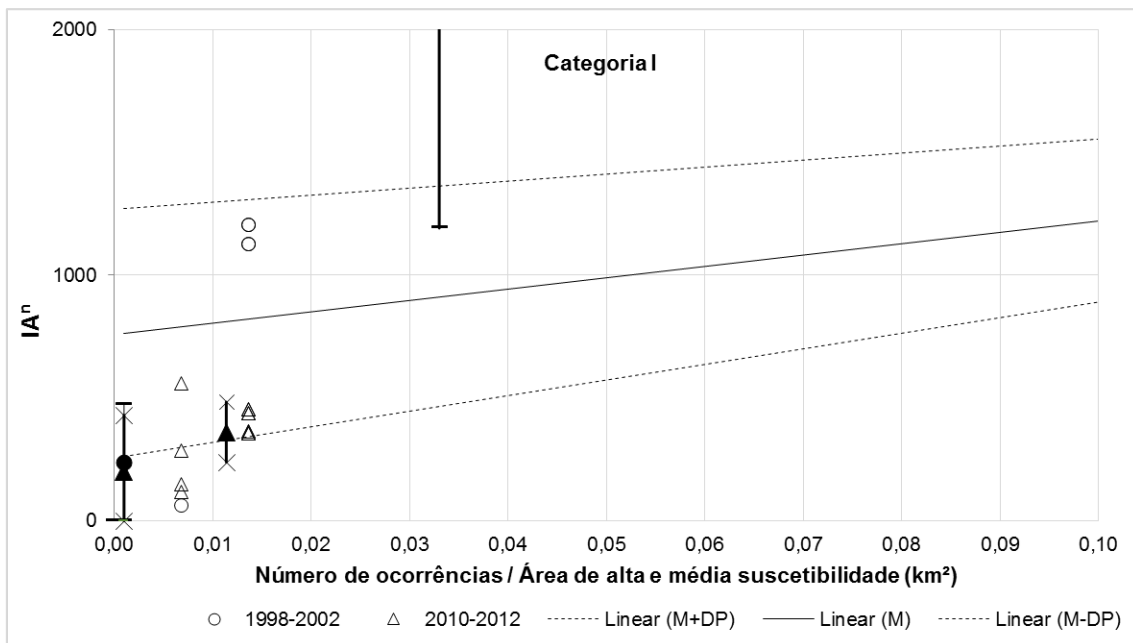


Figura 4.41 – Número de ocorrência por área de suscetibilidade (km²) versus IAⁿ para a sub-região Zona Oeste para os períodos 1998-2002 e 2010 a 2012 com acumulado de 96hs (escala ampliada)

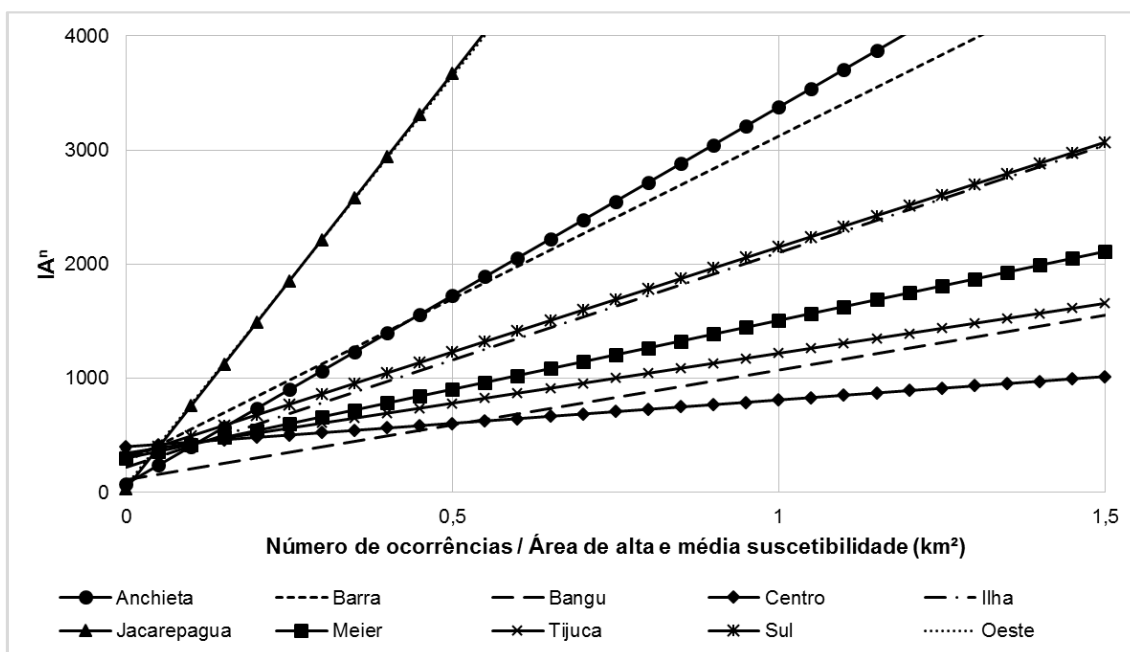


Figura 4.42 – Número de ocorrência por área de suscetibilidade (km^2) versus IA^n para cada sub-região para os períodos 1998-2002 e 2010-2012 com acumulado de 96hs

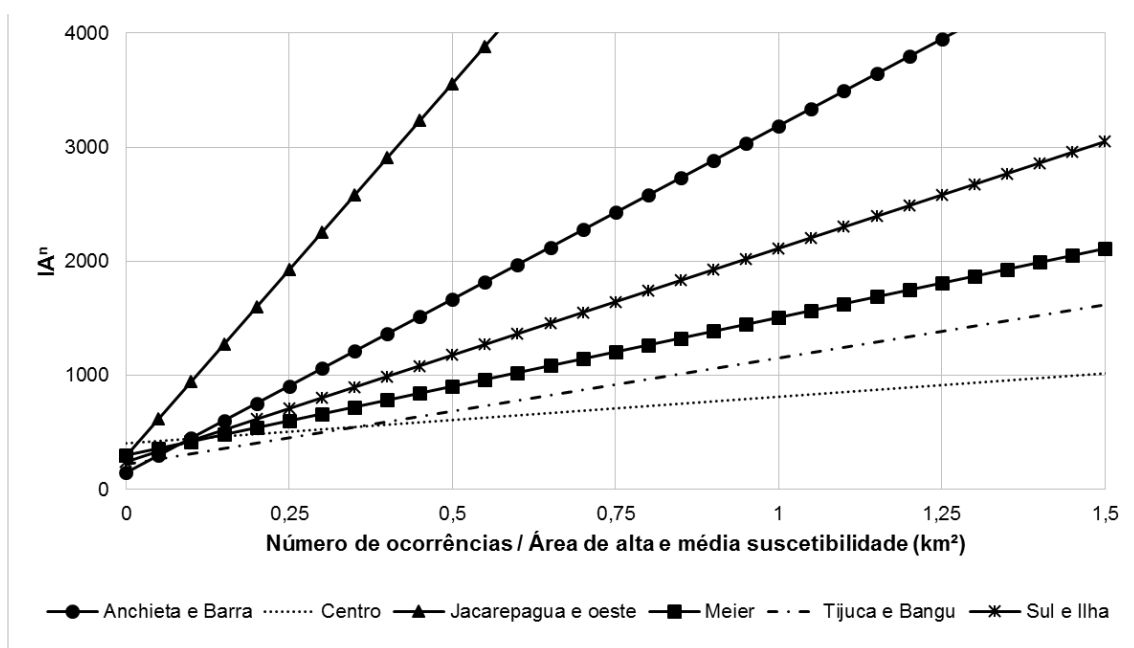


Figura 4.43 – Número de ocorrência por área de suscetibilidade (km^2) versus IA^n para as sub-regiões agrupadas para os períodos 1998-2002 e 2010-2012 com acumulado de 96hs

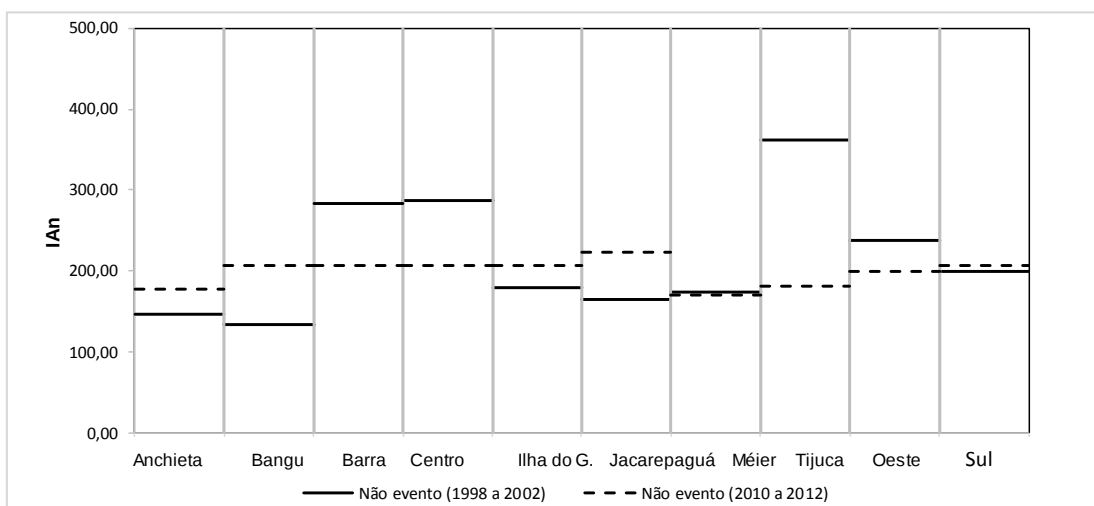


Figura 4.44 – Comparação do IAⁿ (96hs) médio para a categoria “Não evento”, por sub-região, períodos 1998-2002 e 2010-2012

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

As chuvas são as causas predominante dos movimentos de massa, porém não são os únicos fatores geradores destes escorregamentos, podendo ser influenciados pela intervenção do homem, geologia, vegetação entre outros. Pode-se observar que os fatores secundários mais influenciadores ao deslizamento de uma encosta são drenagem inexistente ou inadequada, execução de cortes e/ou aterros e estruturas de contenção construídas sem técnica adequada. Esses fatores podem ocorrer de forma isolada ou combinada.

Considerando a Cidade do Rio de Janeiro como um todo foi observado, em relação a existência de intervenção humana, que o número de ocorrências onde houve intervenção humana, seja em área urbana formal ou comunidade, foram superiores àquelas sem quaisquer intervenções humanas. Note-se estas intervenções podem ter sido realizadas com técnicas adequadas de engenharia ou não, porém, em geral, se apresentaram mais estáveis com relação a resposta às chuvas, apesar maior número de ocorrências reportado nos laudos. Este comportamento foi também observado por Mendes (2016). Verificou-se que as áreas onde houveram intervenções apresentaram limiares de pluviosidade superiores as demais.

Verificou-se, também, que percentualmente maiores ocorrências ocorreram em comunidades informais. Tal pode ser explicado pelo crescimento da ocupação informal em encostas, regiões, em geral, suscetíveis a deslizamento. Os tipos de movimento de massa mais recorrente foram ruptura de estrutura de contenção e deslizamento em talude de corte. Isso se deu provavelmente pela falta de uso de técnicas adequadas para corte do talude e construção das estruturas de contenção. O material deslizado foi, em sua maioria, consistentemente com o observado por Mendes (2016) de pequeno volume, abaixo de 10m³. No entanto, no ano de 2010 verificou-se um aumento no número de deslizamentos de maior porte (>10 m³), ano este de maiores chuvas (Mendes 2016).

Em ambos os períodos (1998-2012 e 2010-2012), drenagens inadequadas, estruturas de contenção de baixa qualidade e modificação da geometria de taludes apresentaram muita influência nos escorregamentos. No entanto, comparando os dois períodos, o número de casos de ocorrências relacionadas a lançamento de lixo e entulho sofreu uma diminuição de 14% para cerca de 3% dos casos. Tal se verificou,

possivelmente pela conscientização da população e melhor coleta de lixo promovida pelos programas sociais.

Correlação dos EPS vs. tipo de ocupação e intervenção

No presente trabalho eliminaram-se os laudos referentes ao efeito de pânico e os laudos em que a chuva não foi o fator motivador. As análises desenvolvidas utilizando a mesma metodologia adotada por MARTINS (2014), que teve como base KANJI *et. al.* (2003), não apresentaram consistência após esta depuração dos laudos. Adotou-se em sequência o método desenvolvido por TATIZANA *et. al.* (1987b), que considera, de forma conjunta, os efeitos da intensidade horária e acumulados de chuva. Procurou-se verificar, além da pluviosidade, os efeitos da intervenção humana, do tipo de ocupação, além do efeito combinado de drenagem, corte e/ou aterro e estruturas de contenção.

No período de 1998 a 2002 ocorreram poucas ocorrências e baixa intensidade de chuvas, dificultando a representatividade das análises. Note-se que no período em questão não ocorreram acumulados de chuvas elevados, e que estas conclusões apresentadas a seguir compreendem a acumulados, em geral, inferiores a 200 mm/96hs. Refletindo o comportamento global da cidade, para a sub-região de Anchieta/Irajá, Centro e Zona Oeste, a intervenção humana mostrou-se favorável à estabilidade. Para as sub-regiões Grande Méier e Ilha do Governador as intervenções humanas foram favoráveis à estabilidade dos taludes a partir de um acumulado entre 50mm a 70mm. No entanto, na Zona Sul e na Grande Tijuca ocorreu o oposto, a situação sem intervenção se apresentou mais estável. Nas sub-regiões de Bangu, Barra/Recreio e Jacarepaguá, não houveram ocorrências em áreas sem intervenção humana e a comparação não pode ser efetuada.

Para as sub-regiões de Centro, Grande Méier e Zona Sul, Anchieta/Irajá não se observou diferenças significativas nos resultados encontrados para áreas de ocupação formal ou informal. Por outro lado, para a sub-região de Grande Tijuca, Ilha do Governador e Jacarepaguá as curvas se apresentaram distintas, evidenciando a não uniformidade de resposta às chuvas em regiões formais e informais. Nestes casos, pode-se observar que, com exceção de Ilha do Governador, que para acumulados maiores de 80mm apresenta área formal menos estável, as curvas indicam uma maior suscetibilidade ao deslizamento das comunidades informais. Nas sub-regiões de Bangu, Barra/Recreio e Zona Oeste não houve ocorrências para o traçado da curva da área de comunidade.

No estudo relativo à influência a falta de drenagem, corte e/ou aterro e estruturas de contenção inadequadas, o pequeno número de eventos, não possibilitou o traçado de curvas que possibilitassem análises conclusivas. Em geral, as curvas se confundem indicando que não há como hierarquizar maior ou menor influência destes fatores.

Correlação entre EPS e o número de deslizamentos

Traçaram-se curvas da influência do efeito acoplado da intensidade horária e o acumulado pluviométrico de 96h. Definiu-se um limite superior para 85% dos EPS relativos a três categorias eventos. Um EPS é classificado em uma dada categoria em função do número de deslizamentos por km² de área de susceptibilidade da sub-região em análise.

O Sistema Alerta Rio, considera de forma independente a chuva acumulada ou a intensidade horária e não o efeito acoplado dos dois fatores. Comparam-se as curvas determinadas para a condição “Não Evento” determinadas nesta pesquisa, com os limiares adotados no sistema Alerta Rio. Verificou-se que, considerando de forma independente a chuva acumulada em 96h, ou a intensidade horária, estes EPS “Não evento” poderiam representar, segundo o padrão Alerta Rio, incompativelmente ocorrências de diferentes categorias, inclusive níveis médio a muito alto. Note-se que as curvas “Não Evento” correspondem a um grande número de evento sendo, portanto confiáveis sob ponto de vista estatístico.

Observou-se que limiares críticos de chuva variam para cada sub-região. Este comportamento é esperado pelas diversidades de ocupação e outros condicionantes verificados ao longo da cidade. Pelo limitado número de ocorrências, no entanto, na maioria das sub-regiões não foi possível o traçado de todas as categorias. Em muitas situações os resultados apresentaram inconsistências, categorias superiores se apresentando abaixo das demais em função do pequeno número de dados para compor as curvas. Considerar-se a cidade como um todo também não se mostrou adequado, em função das diferenças das sub-regiões, que não permitem uma análise conjunta.

As análises efetuadas considerando o produto da intensidade horária e o acumulado de chuvas, IA^n , e o número de ocorrências por km² de área de suscetibilidade, mostraram que certas sub-regiões da cidade não apresentam modificações em sua resiliência/resistência. As sub-regiões de Anchieta/Irajá, Bangu, Barra/Recreio, Centro, Grande Méier, Ilha do Governador, Jacarepaguá e Zona Sul não apresentam diferenças entre os períodos de 1998 a 2002 e 2010 a 2012, indicando que a situação se manteve semelhante de um período para o outro, sem melhora e sem

piora. Já Grande Tijuca e Zona Oeste apresentaram diferenças entre os períodos mencionados, mostrando uma piora no período mais recente, gerado, provavelmente pelo aumento das comunidades nessas sub-regiões.

5.1. Recomendações e sugestões para novas pesquisas

Sugere-se uma extensão desta pesquisa abrangendo mais anos para um número maior de dados e assim maior representatividade, visando verificar se a suscetibilidade ao deslizamento das encostas da cidade do Rio de Janeiro vem se alterando ao longo do tempo e assim se as correlações propostas neste trabalho podem ser utilizadas para outros períodos. Seria de interesse comparar os limiares observados com chuvas históricas ocorridas na cidade.

Recomenda-se o aperfeiçoamento dos procedimentos para levantamento dos dados, incluindo um aprofundamento das informações sobre a geologia e geomorfologia do local da ocorrência de forma a verificar correspondências com os comportamentos observados. Sugere-se o aperfeiçoamento também das informações sobre as estruturas de contenção, se seguem ou não critérios de engenharia.

Dever-se-ia aprofundar as ocorrências afim de eliminar os casos nos quais a chuva não foi o fator determinante para o escorregamento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABGE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA (1988). A Catástrofe ocorrida no Município do Rio de Janeiro. Informes Técnicos – Rosa A.C e Lacerda, W. A. (1988) - Jan/Fev/Mar/1988, 1p.

ALERTA RIO. “Informações sobre o Sistema de Alerta de Chuvas da Prefeitura do Rio de Janeiro”. Disponível em: http://www0.rio.rj.gov.br/alertario/?page_id=2. Acessado em: 30 de Setembro de 2017.

ALCÁNTARA – AYALA, I. 2002. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. *Geomorphology* 47 (2002) p. 107-124.

ALMEIDA, M. C. J., NAKAZAWA, A., TATIZANA, C. 1993. Análise de correlação entre chuvas e escorregamentos no Município de Petrópolis, RJ. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 7, Poços de Caldas, 1993. Anais, 2: 129 – 133.

AUGUSTO FILHO, O. 2001. Cartas de risco de escorregamentos quantificadas em ambiente de SIG: um ensaio de aplicação em Caraguatatuba (SP), Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil. Ano de Obtenção: 2001. 200p.

AZEVEDO, G.F. (2011). Análise da Relação Chuva-Escorregamentos em Regiões Tropicais Montanhosas Urbanas, Caso de Estudo Rio de Janeiro, Brasil. Dissertação de Mestrado, Publicação G.DM - 198/11, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 120 p.

BAENINGER, Rosana. Cidades e Metrôpoles: a desaceleração no crescimento populacional e novos arranjos regionais. In: Congresso Brasileiro De Sociologia, 11., 2003, Campinas. Grupo de Trabalho Cidades: Transformações, Governança Pública e Participação da Sociedade. Campinas: Unicamp, 2003. p. 1 - 30.

BESSERMAN, S.; CAVALLIERI, F. “Nota técnica sobre o crescimento da população favelada entre 1991 e 2000 na cidade do Rio de Janeiro”. Coleção Estudos Cariocas: Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos, Rio de Janeiro, v. 04, p.1-5, jun. 2004. Anual. Disponível em: <www.armazemdedados.rio.rj.gov.br>. Acesso em: 01 fev. 2014.

Banco de dados GEO-RIO – Laudos de vistoria de 2010 a 2012

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.

BRANDÃO, A. M. P. M. (1992). As Alterações Climáticas na Área Metropolitana do Rio de Janeiro: Uma provável influência do crescimento urbano. in: ABREU, M. de A. (org.): Natureza e Sociedade no Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de cultura, 98

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.

CARNEIRO, A., SANTOS, L., MIRANDA, R. 2012. Série Histórica de Índices Pluviométricos das 32 Estações da Cidade do Rio de Janeiro 2000-2010. Notas Técnicas IPP-Rio. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. p.1-11.

CASTRO, A. L. C. Manual de desastres: desastres naturais. Brasília: MIN, 2003. 174 p.

CAVALLIERI, Fernando; LOPES, Gustavo Peres. 2006. Favelas Cariocas: comparação das áreas ocupadas 1999-2004. Revista Coleção Estudos Cariocas. Instituto Pereira Passos. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. nº 20061201. Dezembro de 2006.

CAVALLIERI, Fernando; VIAL, Adriana. Favelas na cidade do Rio de Janeiro: o quadro populacional com base no Censo 2010. Coleção Estudos Cariocas: Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos, Rio de Janeiro, v. 12, n. 20120501, p.1-20, maio 2012. Anual. Disponível em: <www.armazemdedados.rio.rj.gov.br>. Acesso em: 05 fev. 2014.

99

DEFESA CIVIL DO RIO DE JANEIRO. Secretaria de Estado de Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro (Org.). Rio de Janeiro em Busca da Resiliência Frente Chuvas Fortes: Campanha da UNISDR (Estratégia Internacional para Redução de Desastres) em Parceria com a Secretaria Nacional de Defesa Civil. Rio de Janeiro: Prefeitura do Rio de Janeiro, 2013. 21 p. Disponível em: <<http://www.preventionweb.net/english/professional/publications/v.php?id=32363>>. Acesso em: 20 fev. 2014.

DELMONACO, G.; IPPOLITO, F.; MARGOTTINI, C. "The CEC Project. Meteorological Factors influencing slope stability and slope movement type: evaluation of hazard prone areas". In: Proceedings of 1st Review Meeting of Hydrological and Hidrogeological Risks, pp. 259-283, R. Casale ed., Official Publications of European Communities, Bruxelas, 1995.

DERECZYNSKI, C. et al., Impactos Sobre O Meio Físico: Clima e Mudanças Climáticas na Cidade do Rio de Janeiro. In: Nobre, Carlos; Young, Andréa (Org.).

DIKSHIT, A., SATYAM, N., Rainfall thresholds for the prediction of landslides using empirical methods in Kalimpong, Darjeeling, India. JTC1 Workshop on Advances in Landslide Understanding, Barcelona, Spain, 2017.

D'ORSI, R.N.; D'ÁVILA, C.; ORTIGÃO, J.A.R.; DIAS, A.; MORAES, L.; SANTOS, M.D. (1997). Rio-Watch: The Rio de Janeiro Landslide Watch System. In: 2ª Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas (2ª COBRAE). Anais. Rio de Janeiro. v.1 pp.21-30.

D'ORSI R.N., FEIJÓ R.L.; PAES, N.M. (2000). Rainfall and Mass Movements in Rio de Janeiro. In: Proceedings of 31st International Geological Congress, (CD) Rio de Janeiro, Brasil.

D'ORSI. R.; FEIJÓ, R.L.; PAES, N.M., 2,500 operational days of Alerta Rio System: history and technical improvements of Rio de Janeiro Warning System for Severe Weather. In: IX INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LANDSLIDES, 2004, Rio de Janeiro – Brasil - p. 831-836 – vol 1.

D'ORSI, Ricardo Neiva (2011), Correlação entre Pluviometria e Escorregamentos no Trecho da Serra dos Órgãos da Rodovia Federal BR-116 RJ (Estrada Rio-Teresópolis) / Ricardo Neiva d'Orsi – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE.

D'ORSI, Ricardo Neiva (2013), Sistema de Alerta de Chuvas Intensas e de Acidentes Geotécnicos em Encostas: a Experiência do Município do Rio de Janeiro. In: 6ª Conferência Brasileira de Estabilidade de Encostas, Rio de Janeiro, p. 160-176

ENDO, T "Probable distribution of the amount of rainfall causing landslides". Annual report, Hokkaido Branch, Govern. Forest Experiment Station, pp.123– 136, Sapporo, Japan, 1970.

FEIJÓ, R.L.; PAES, N.M.; D'ORSI, R.N. (2001). Chuvas e movimentos de massa no município do Rio de Janeiro. In: 3ª Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas (3ª COBRAE). Anais. Rio de Janeiro. p.223-230.

FERNANDES N. F., AMARAL C. P., Geomorfologia e Ambiente. 2ª Ed, Bertrand Brasil, Capítulo 3 - Movimentos de Massa: Uma Abordagem Geológica, pp. 37, 1998.

GRAMANI, M. F. and KANJI, M. A. (2001) "Inventário e análise das corridas de detritos no Brasil", In: 3º Conferencia Brasileira de Estabilidade de encostas, Rio de Janeiro, p.53-60.

GEO-RIO. Fundação GEO-RIO. Secretaria de Obras (Org.). Manual Técnico de Encostas: Volume 1. Rio de Janeiro: Prefeitura do Rio de Janeiro, 2014. 518 p. 2 v.

GUIDICINI, G e IWASA, O. Y. (1976) – Ensaio de correlação entre pluviosidade e escorregamento em meio tropical. Publicação IPT/São Paulo, nº 1080, 48p.

HELMBOLD, R.; VALENÇA, J. G.; LEONARDOS JUNIOR, O. H. Mapa geológico do Estado da Guanabara: escala 1:50.000. Rio de Janeiro: DNPM, 1965. (Folhas Santa Cruz, Vila Militar e Baía de Guanabara).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA -IBGE. Consulta a Homepage. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 jun. 2013. 102

IDE, Fernanda Sugamore. Escorregamento, meteorologia e precipitação: uma proposta de método de investigação para a prevenção e monitoramento de riscos, aplicado em Campinas/SP. 2005. 154 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão Ambiental, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo-SP, 2005.

IPCC - Intergovernmental panel on Climate Change. Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

IPP – INSTITUTO PEREIRA PASSOS. Anexo VI: Descrição e Mapas da Área de Planejamento. Disponível em: www.rio.rj.gov.br/. Acesso em: 14 de julho 2014.

KANJI, M. A., MASSAD, F., CRUZ, P. T., “Debris flows in areas of residual soils: occurrence and characteristics”. In: Proceedings of International Workshop on Occurrence and Mechanisms of Flows in Natural Slopes and Earthfills. IWFLAWS 2003, Associazione Geotecnica Italiana - v.2, pp.1–11, Sorrento, Italia, 2003.

LACERDA, W. A. & SANDRONI, S. S., 1985, “Movimentos de massas coluviais”, Mesa Redonda sobre aspectos geotécnicos de taludes, ABMS, Clube de Engenharia, Rio de Janeiro, pp.III-1 a III-19.

LINS I. B. et al. “Projeção Populacional 2013-2020 para a Cidade do Rio de Janeiro: uma aplicação do método AiBi”. Coleção de Estudos Cariocas Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos, Rio de Janeiro, v. 13, n. 01, p.1-13, jan. 2013. Anual. Disponível em: <www.armazemdedados.rio.rj.gov.br>. Acesso em: 01 fev. 2014. 103

LUMB, P. Slope failures in Hong Kong. Quarterly Journal of Engineering Geology, London, v.8, p.31-35, 1975.

LUMBRERAS, J. F.; GOMES, J. B. V. Mapeamento pedológico e interpretações úteis ao planejamento ambiental do município do Rio de Janeiro Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 331 p. mapa color; escala 1:75.000. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/89018/1/mapeamento-rj-1.pdf>. Acesso em: junho de 2014

MARTINS, Thiago da Fonseca.; Pluviometria crítica de escorregamentos na cidade do Rio de Janeiro: Comparação entre regiões e períodos / Thiago da Fonseca Martins. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2014.

MENDES, Camila Galdino.; Pluviosidade Crítica e Aspectos Geológicos-Geotécnicos Deflagradores de Deslizamentos nas Encostas da Cidade do Rio de Janeiro – Período de 2010 a 2012 / Camila Galdino Mendes. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2016.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais. Celso Santos Carvalho e Thiago Galvão (organizadores). Brasília: Ministério das Cidades, 2006, 111 p.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Anuário Brasileiro de Desastres Naturais 2012. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. Brasília 2013, 88p.

PARIZZI, Maria Giovana et al. Correlações entre chuvas e movimentos de massa no município de Belo Horizonte, MG. Geografias: Artigos Científicos, Belo Horizonte, v. 2, n. 6, p.49-68, jun./dez. 2010.

PEDROSA, Maria das Gracas Alcantara. Análise de Correlações entre Pluviometria e Escorregamento de Taludes. 1994. 343 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Coppe, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1994. Disponível em: <<http://www.coc.ufrj.br/>>. Acesso em: 10 abr. 2013.

RCCD-REDE DE CONHECIMENTO DE CLIMA E DESENVOLVIMENTO (2012). Gerenciando extremos climáticos e desastres na América Latina e no Caribe: Lições do relatório SREX. CDKN. Disponível em: www.cdkn.org/srex. Acesso em: Abril de 2014.

RIO DE JANEIRO. Ricardo Neiva D'Orsi. Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro - GEO-RIO. Relatório GEO-RIO/GPE. Relatório Anual de Chuvas 1998. n. Rio de Janeiro - RJ, 1999. 20 p.

RIO DE JANEIRO. Ricardo Neiva D'Orsi. Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro - GEO-RIO. Relatório GEO-RIO/DEP. Relatório Anual de Chuvas 1999. n 02. Rio de Janeiro - RJ, 2000. 24 p.

RIO DE JANEIRO. Ricardo Neiva D'Orsi. Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro - GEO-RIO. Relatório GEO-RIO/DEP. Relatório Anual de Chuvas 2000. n 01. Rio de Janeiro - RJ, 2001. 57 p.

RIO DE JANEIRO. Ricardo Neiva D'Orsi. Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro - GEO-RIO. Relatório GEO-RIO/DEP. Relatório Anual de Chuvas 2001. n 04. Rio de Janeiro - RJ, 2002. 72 p.

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, pp. 225-236, ABGE, São Paulo (SP), Brasil, 1987a. 107

TATIZANA, C., OGURA, A. T., CERRI, L. E. S., ROCHA, M. C. M., Modelamento numérico da análise de correlação entre Chuvas e Escorregamentos aplicado às

encostas da Serra do Mar. In: Anais do 5º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, v. 2, pp. 237-248, ABGE, São Paulo (SP), Brasil, 1987b.

TOMINAGA L. K.; SANTORO J.; AMARAL R. (ORGS.). Desastres naturais: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 196p.

UN-ISDR - International Strategy for Disaster Reduction. 2004. Living with Risk. A global review of disaster reduction initiatives. Inter-Agency Secretariat International Strategy for Disaster Reduction (ISDR), Genebra, Suíça. 152pp. Disponível em <http://www.unisdr.org>. Acesso em: junho de 2014.

VARGAS Jr, E., COSTA FILHO, L.M., PRADO CAMPOS, L.E.. "A study of the relationship between the stability of slopes in residual soils and rain intensity". In: Proceedings of International Symposium on Environmental Geotechnology, pp.491-500, Bethlehem – Pennsylvania, EUA, 1986.

VEYRET, Y. Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2007.

7. ANEXO A – COMPARAÇÃO COM LIMITES DETERMINADOS POR MARTINS (2014)

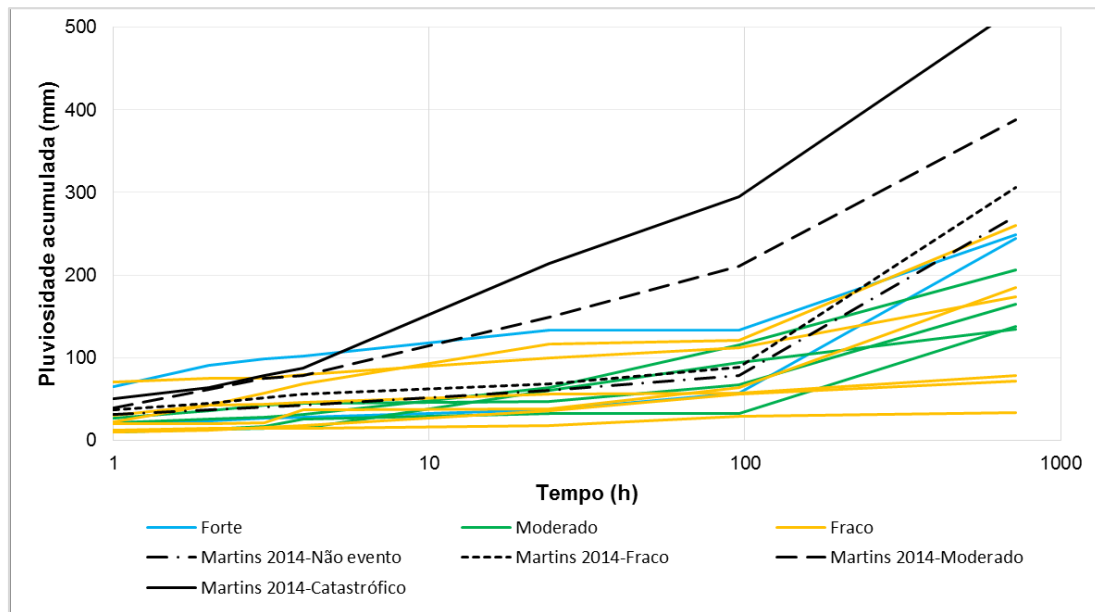


Figura 7.1 – Comparação dos limiares determinados por MARTINS (2014) com as curvas de pluviosidade acumulada (mm) por tempo (h) para sub-região Anchieta/Irajá

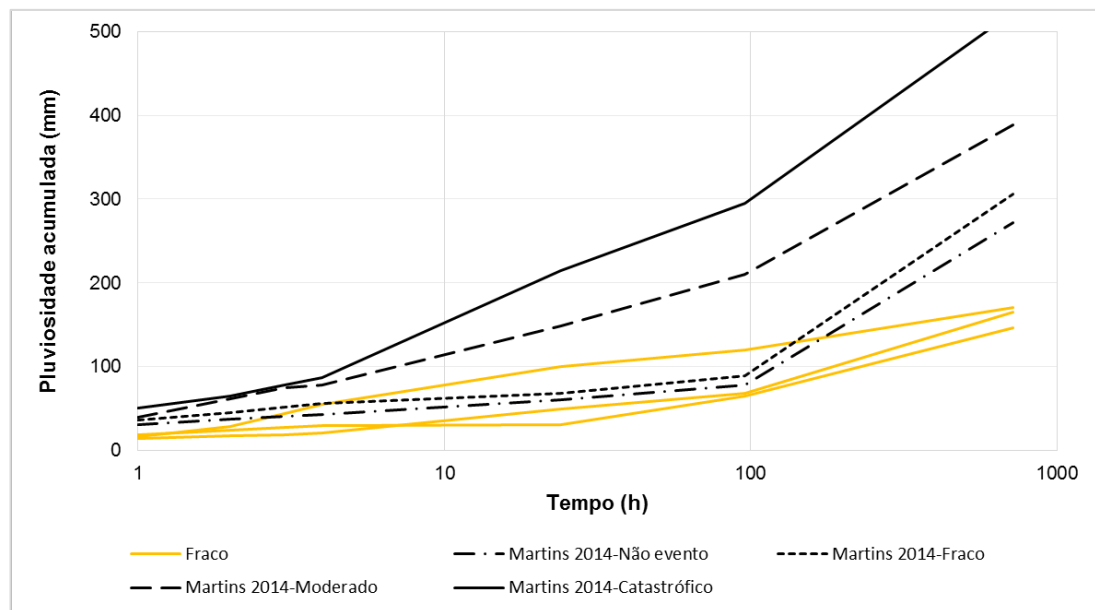


Figura 7.2 – Comparação dos limiares determinados por MARTINS (2014) com as curvas de pluviosidade acumulada (mm) por tempo (h) para sub-região Bangu

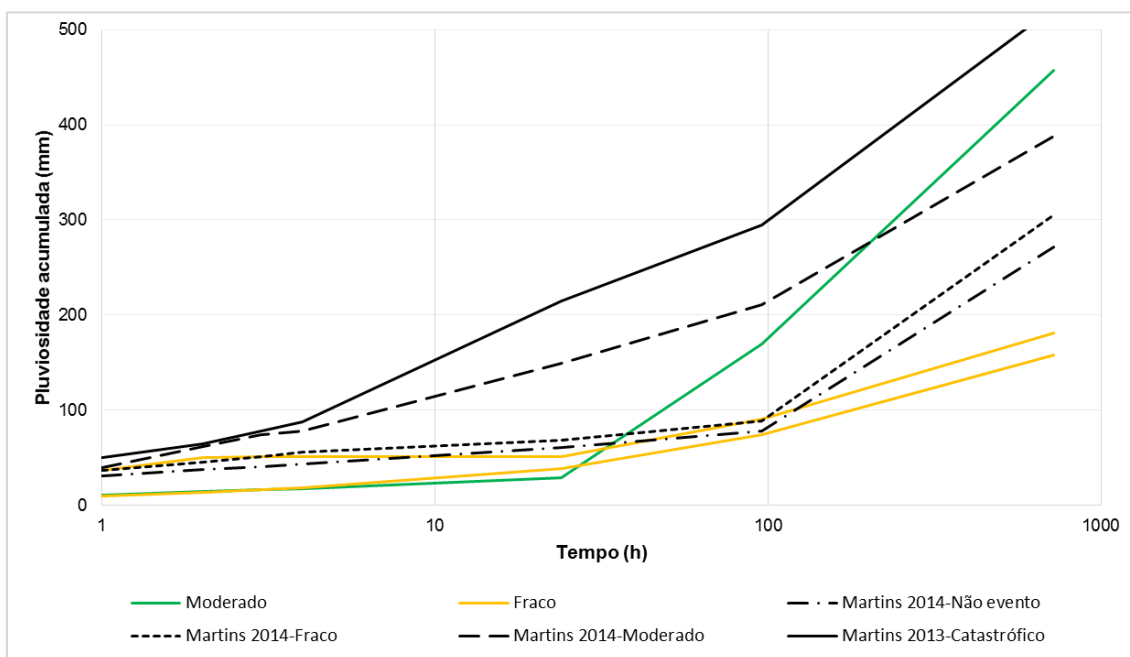


Figura 7.3 – Comparação dos limiares determinados por MARTINS (2014) com as curvas de pluviosidade acumulada (mm) por tempo (h) para sub-região Barra/Recreio

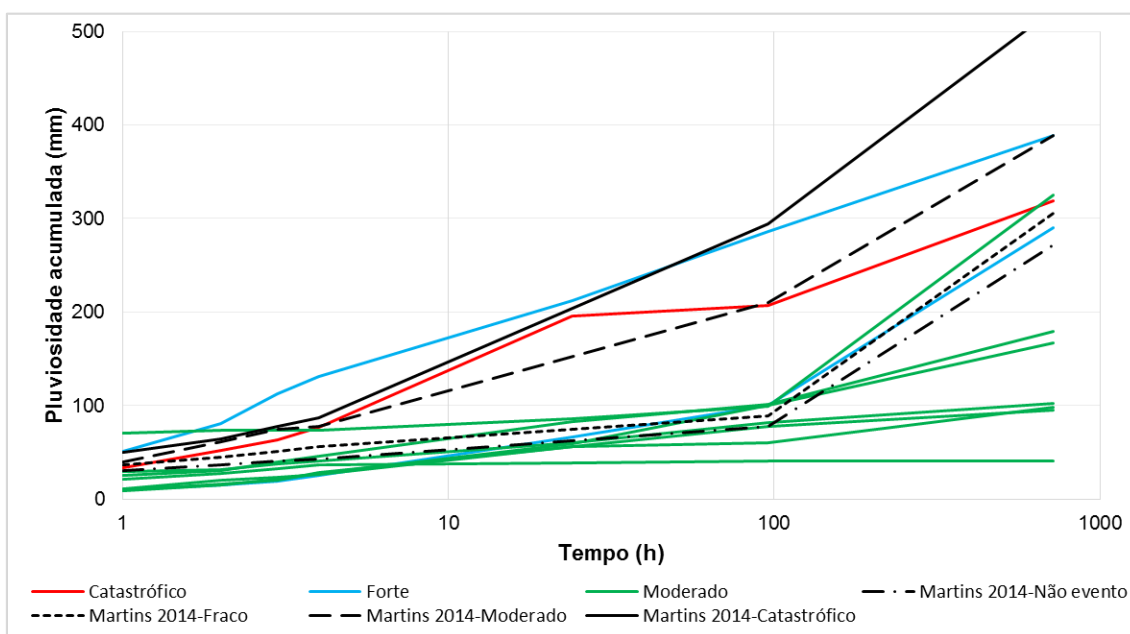


Figura 7.4 – Comparação dos limiares determinados por MARTINS (2014) com as curvas de pluviosidade acumulada (mm) por tempo (h) para sub-região Centro

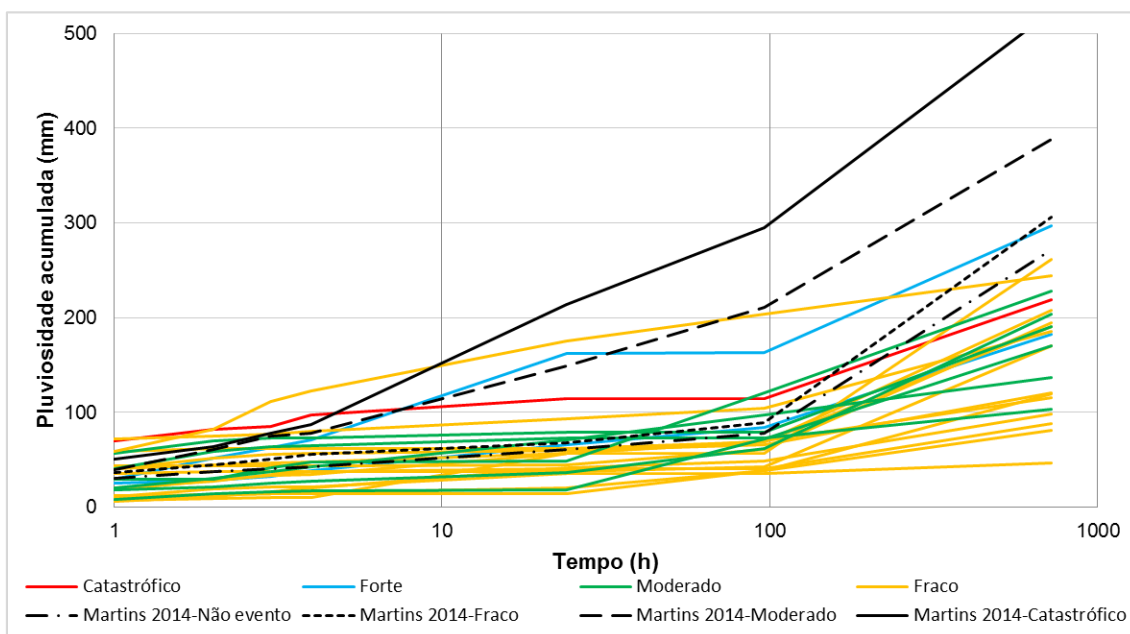


Figura 7.5 – Comparação dos limiares determinados por MARTINS (2014) com as curvas de pluviosidade acumulada (mm) por tempo (h) para sub-região Grande Méier

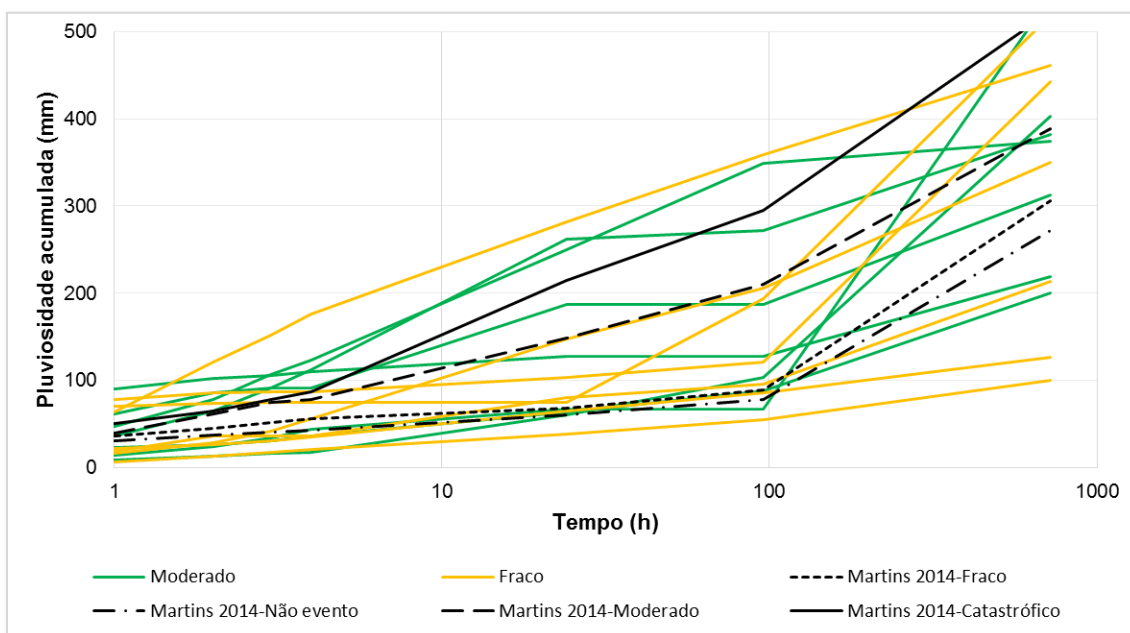


Figura 7.6– Comparação dos limiares determinados por MARTINS (2014) com as curvas de pluviosidade acumulada (mm) por tempo (h) para sub-região Grande Tijuca

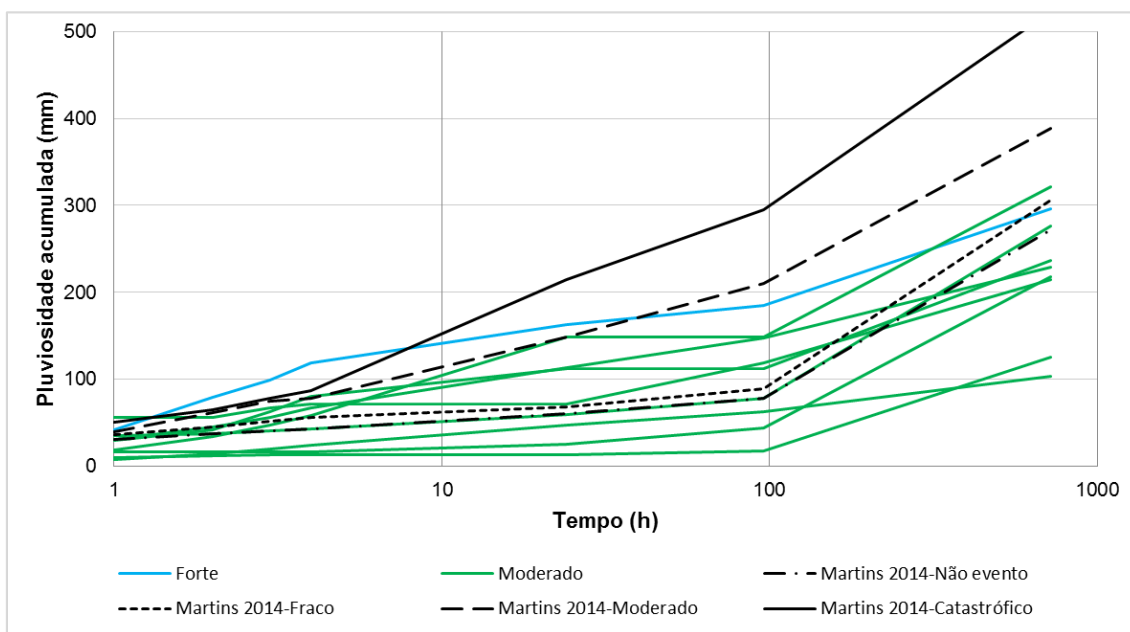


Figura 7.7 – Comparação dos limiares determinados por MARTINS (2014) com as curvas de pluviosidade acumulada (mm) por tempo (h) para sub-região Ilha do Governador

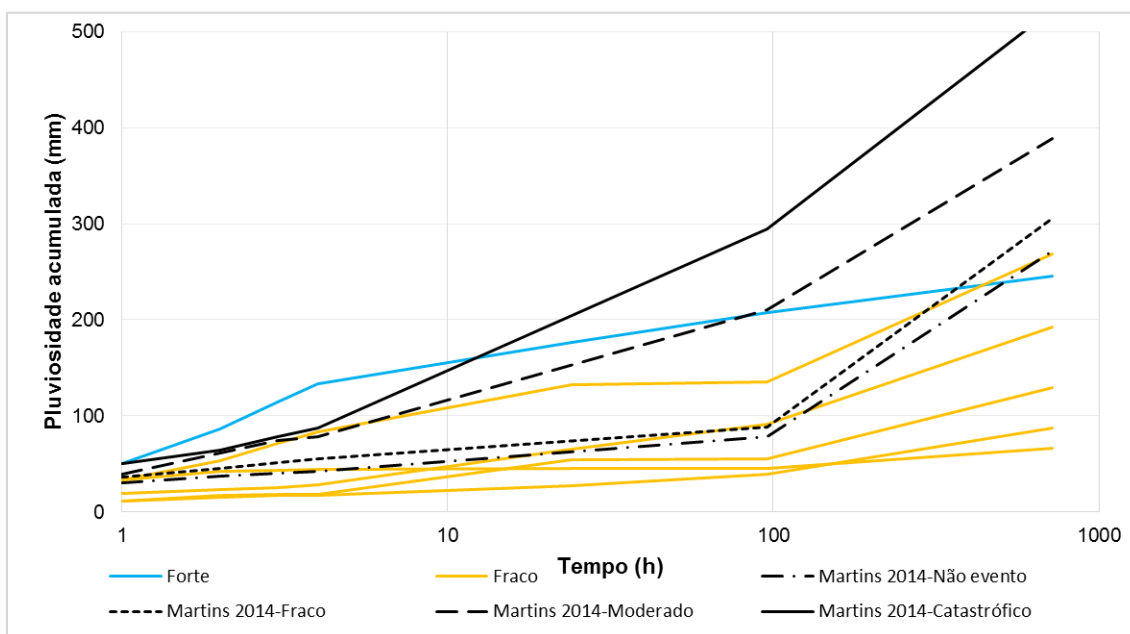


Figura 7.8– Comparação dos limiares determinados por MARTINS (2014) com as curvas de pluviosidade acumulada (mm) por tempo (h) para sub-região Jacarepaguá

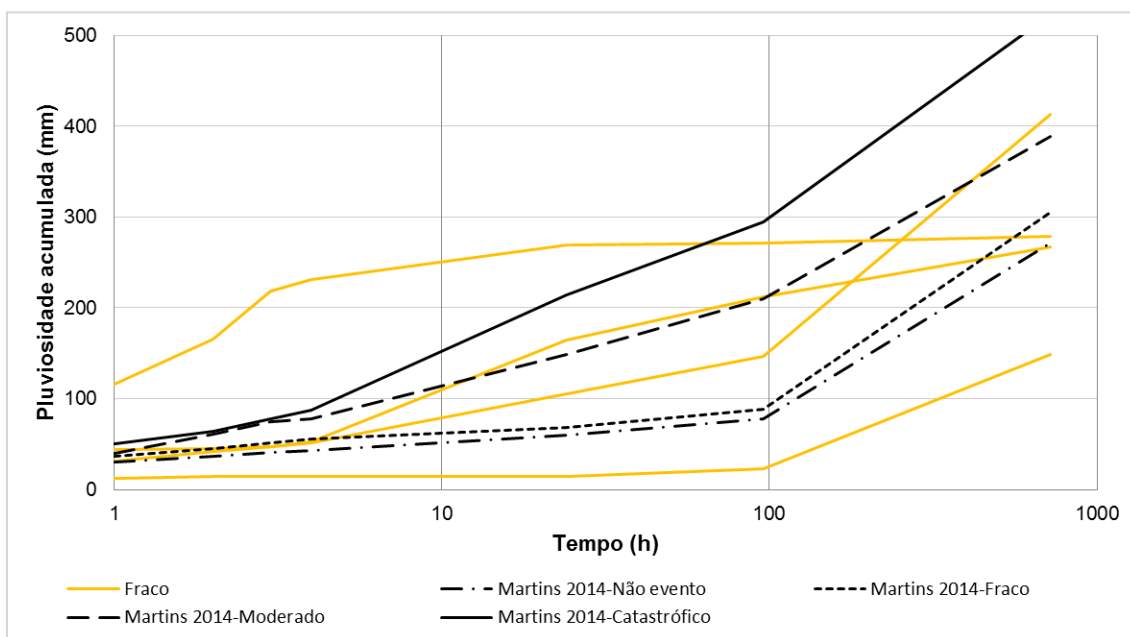


Figura 7.9 – Comparação dos limiares determinados por MARTINS (2014) com as curvas de pluviosidade acumulada (mm) por tempo (h) para sub-região Zona Oeste

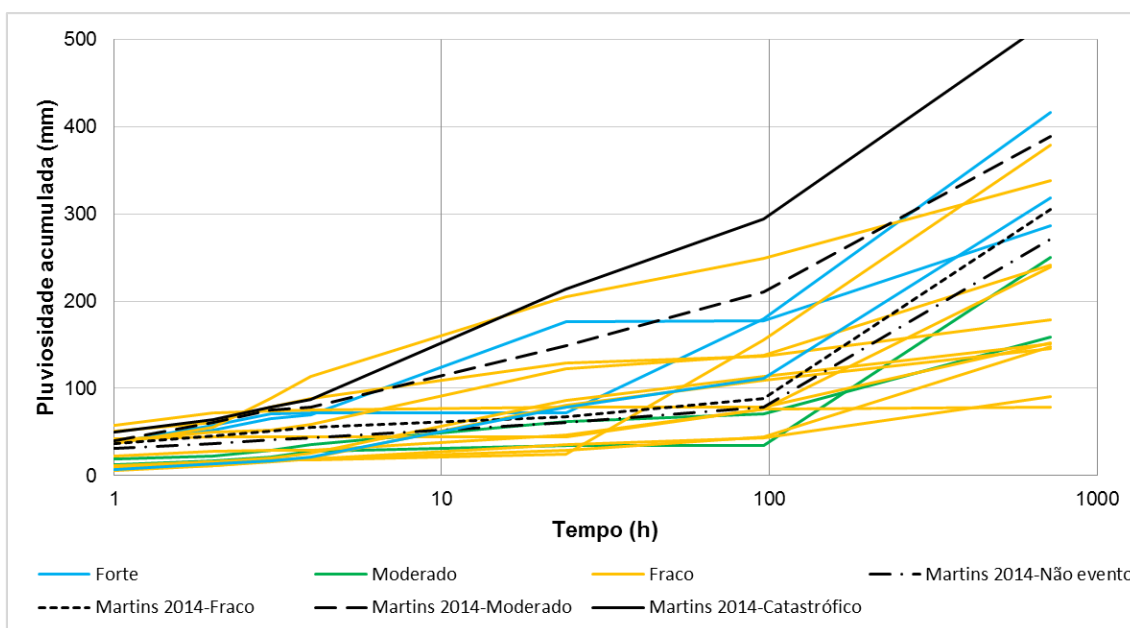


Figura 7.10 – Comparação dos limiares determinados por MARTINS (2014) com as curvas de pluviosidade acumulada (mm) por tempo (h) para sub-região Zona Sul

8. ANEXO B – ACUMULADO VERSUS INTENSIDADE HORÁRIA - COM E SEM INTERVENÇÃO HUMANA

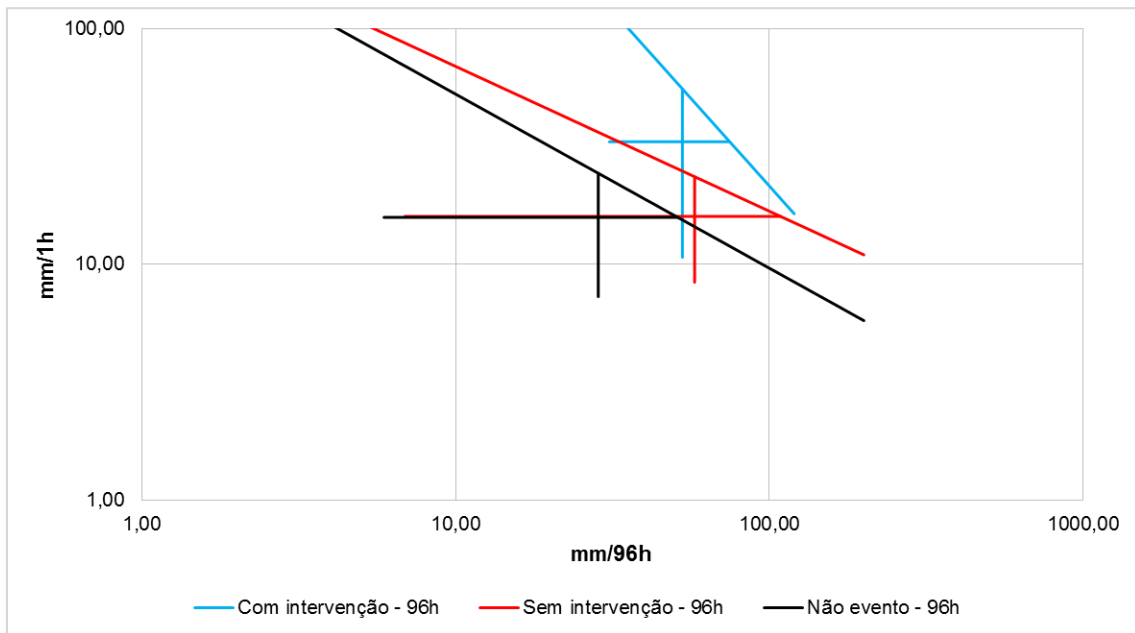


Figura 8.1 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Anchieta/Irajá (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para intervenção humana

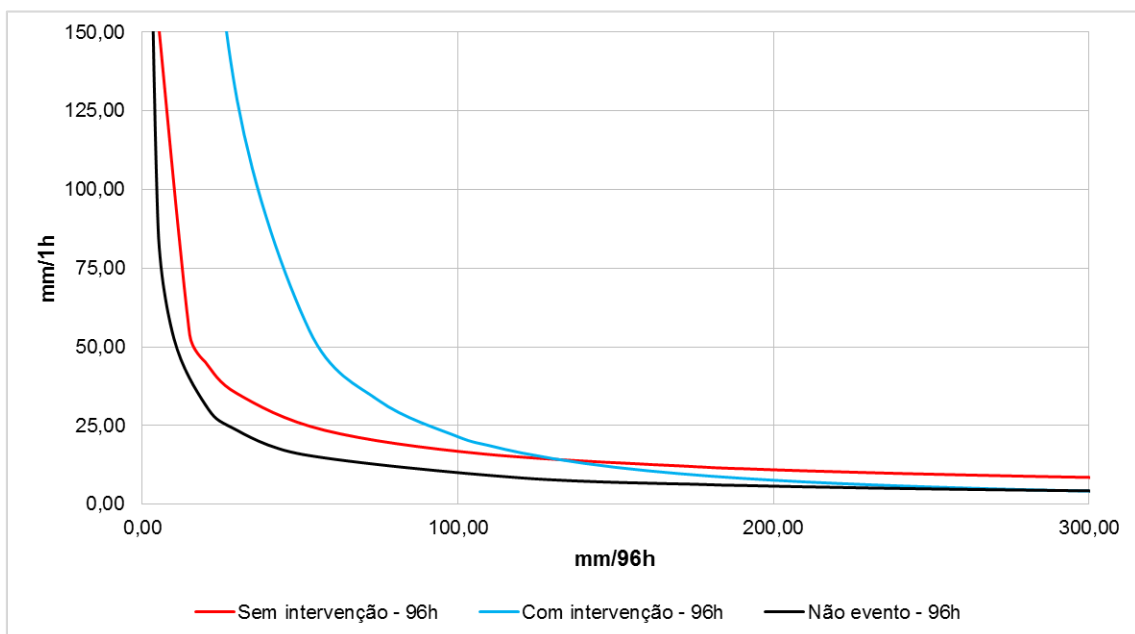


Figura 8.2 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Anchieta/Irajá (Média e desvios padrão) em escala natural para intervenção humana

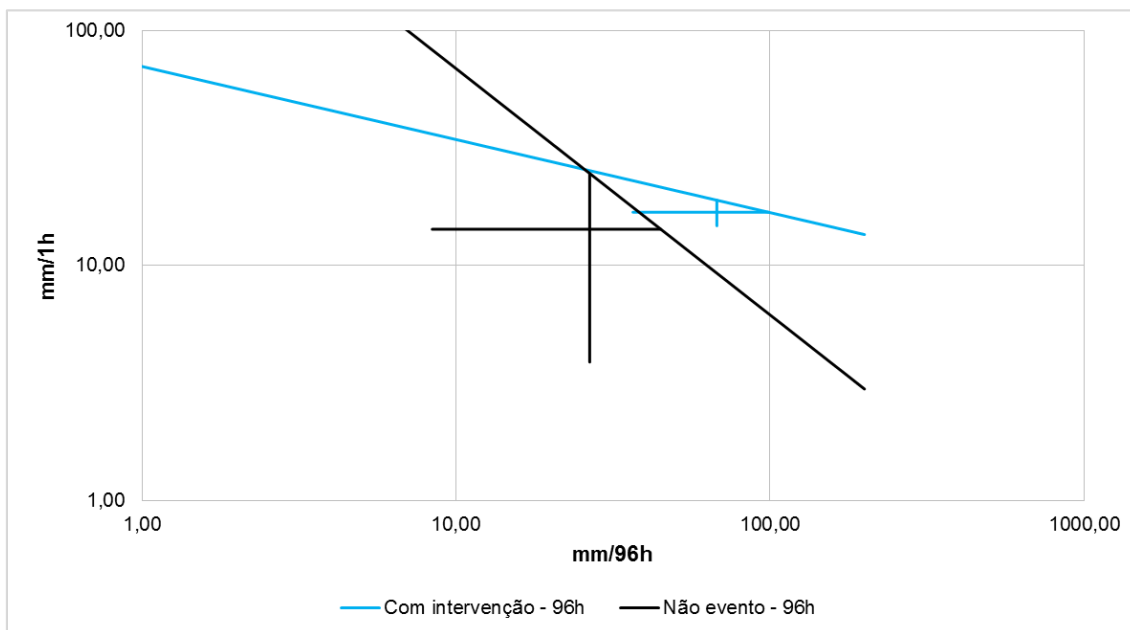


Figura 8.3 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Bangu (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para intervenção humana

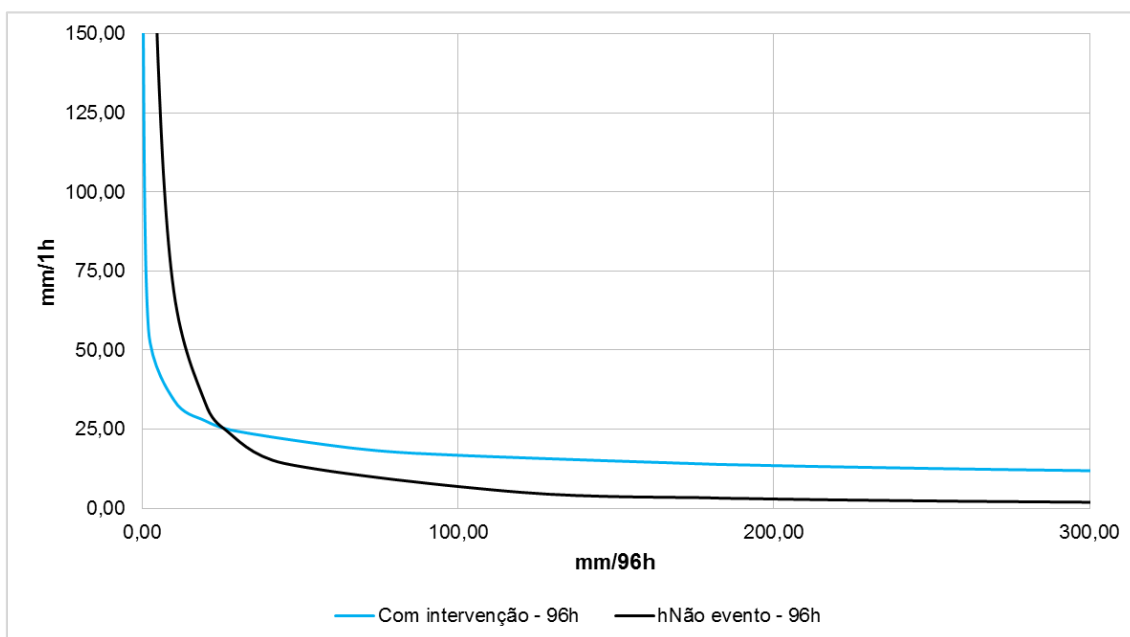


Figura 8.4 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Bangu (Média e desvios padrão) em escala natural para intervenção humana

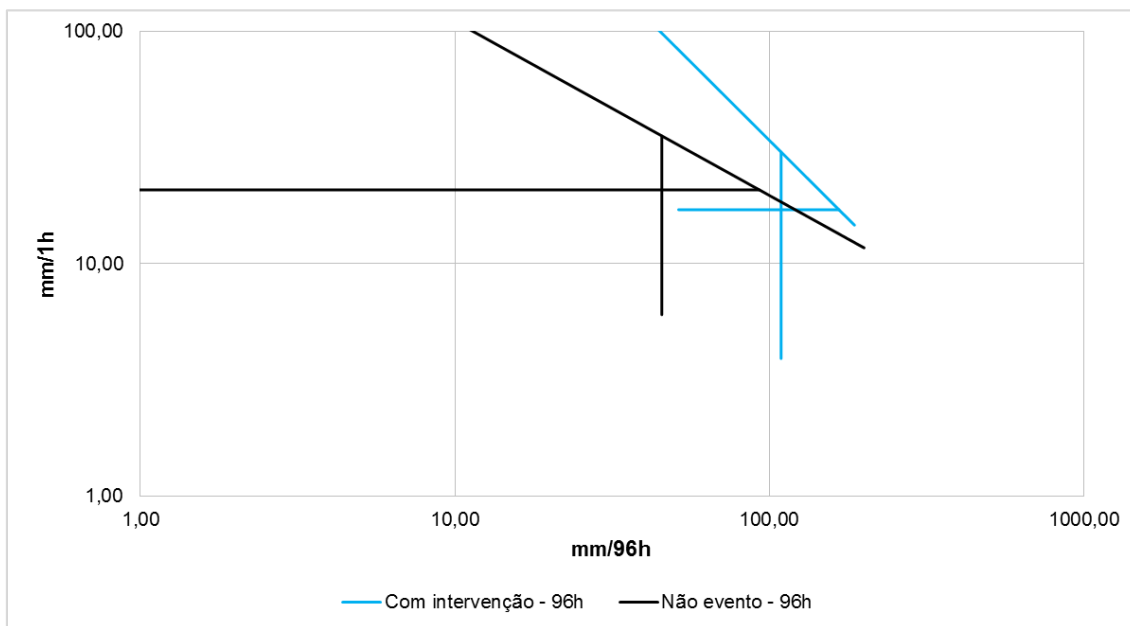


Figura 8.5 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Barra/Recreio (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para intervenção humana

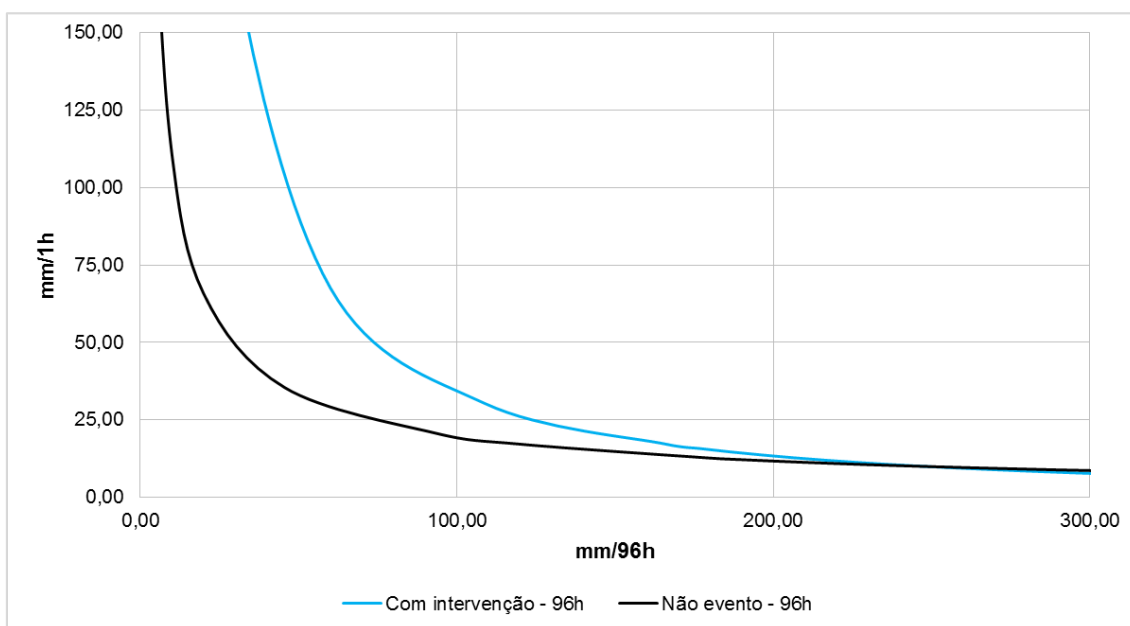


Figura 8.6 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Barra/Recreio (Média e desvios padrão) em escala natural para intervenção humana

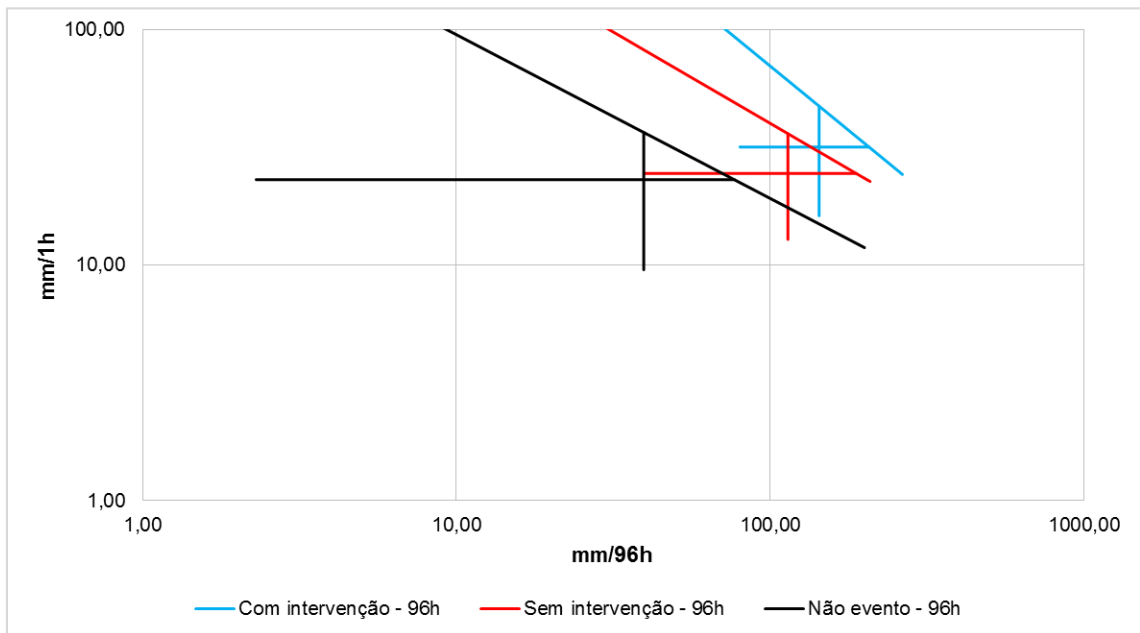


Figura 8.7 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Centro (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para intervenção humana

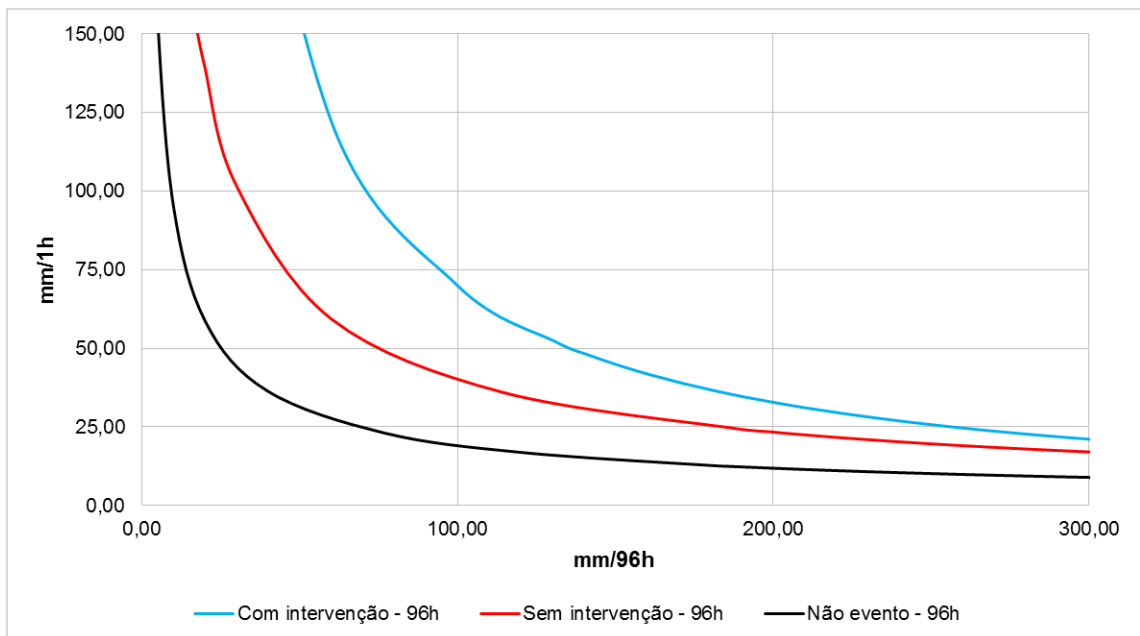


Figura 8.8 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Centro (Média e desvios padrão) em escala natural para intervenção humana

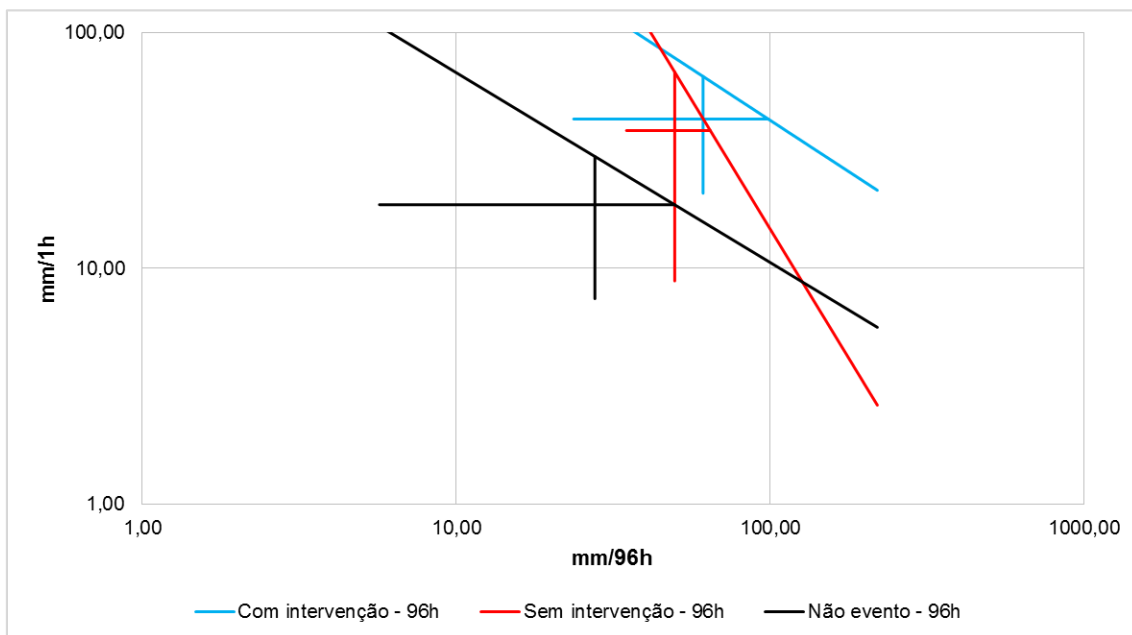


Figura 8.9 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Méier (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para intervenção humana

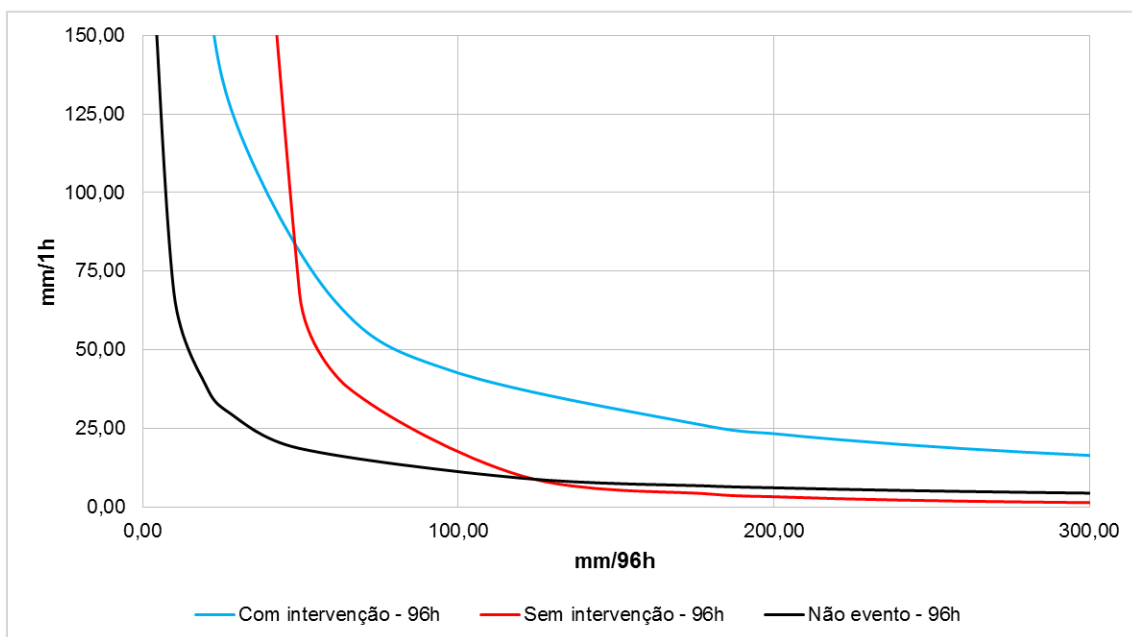


Figura 8.10 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Méier (Média e desvios padrão) em escala natural para intervenção humana

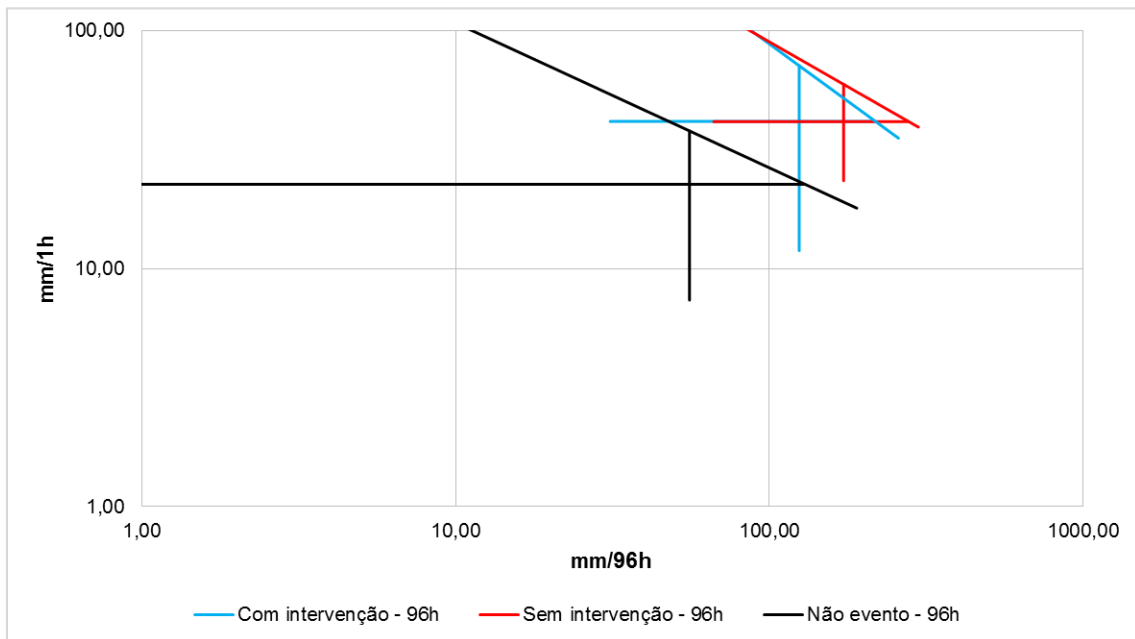


Figura 8.11 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Tijuca (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para intervenção humana

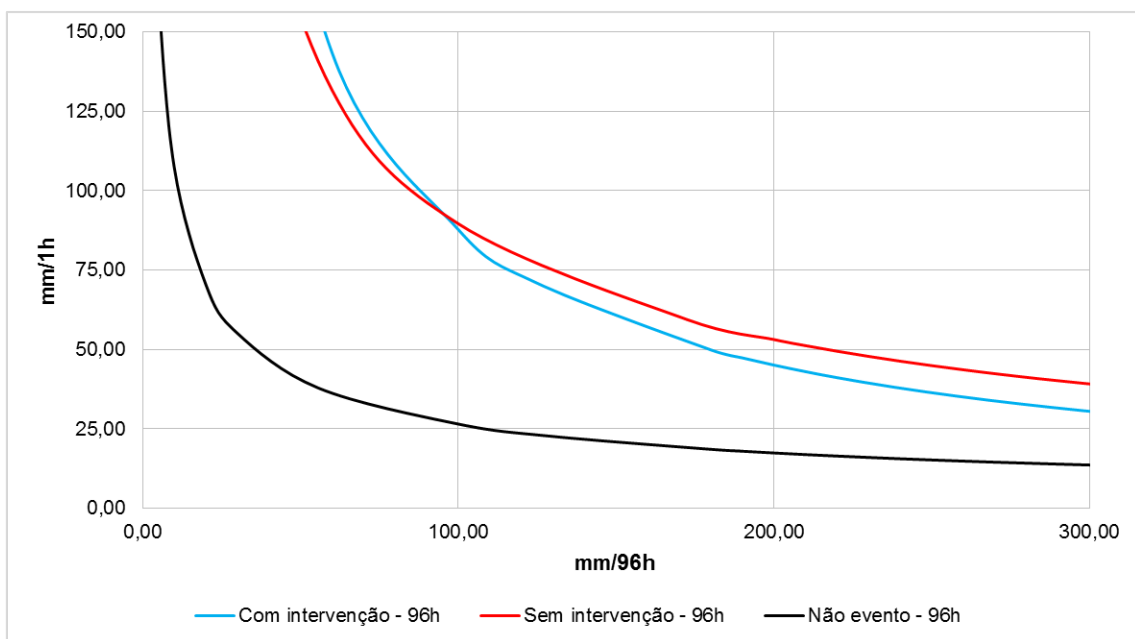


Figura 8.12– Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Tijuca (Média e desvios padrão) em escala natural para intervenção humana

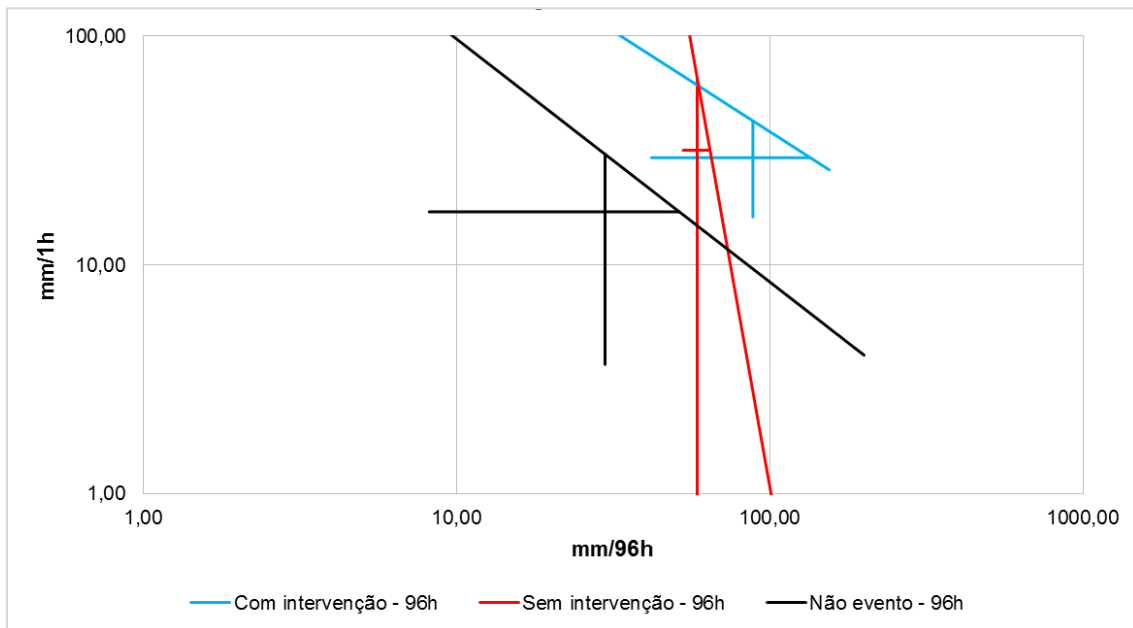


Figura 8.13 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Ilha do Governador (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para intervenção humana

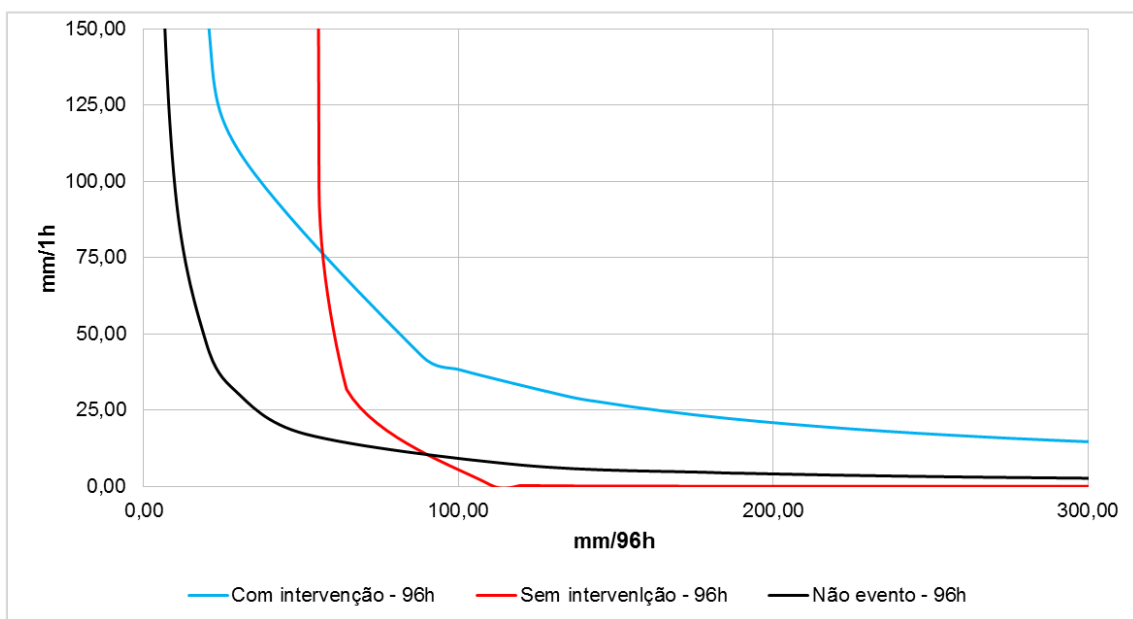


Figura 8.14 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Ilha do Governador (Média e desvios padrão) em escala natural para intervenção humana

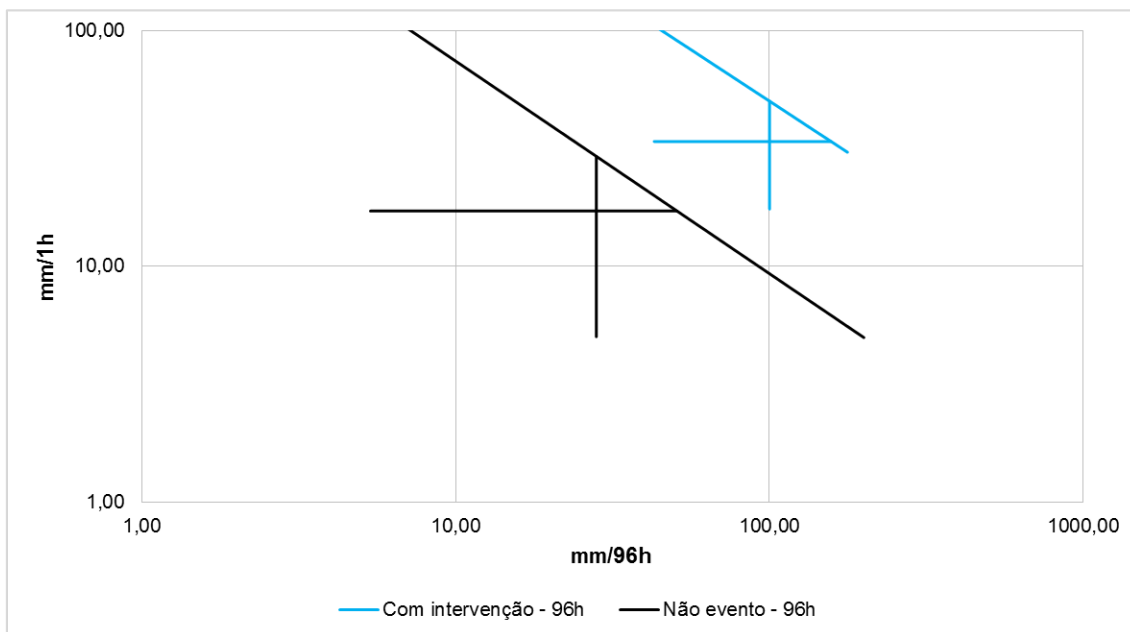


Figura 8.15 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Jacarepaguá (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para intervenção humana

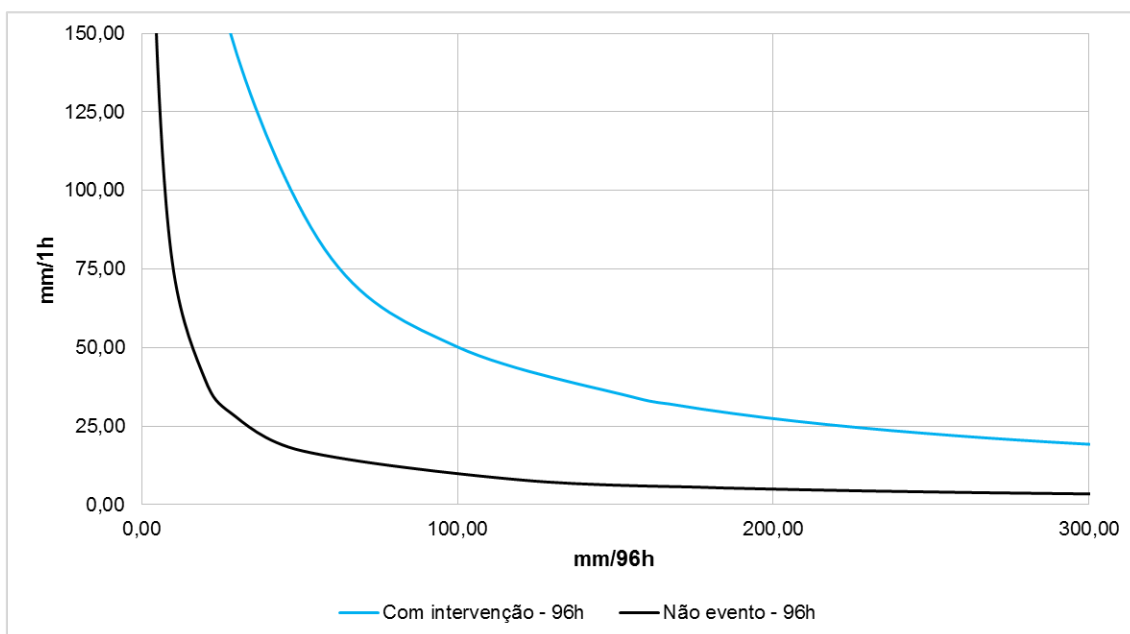


Figura 8.16 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Jacarepaguá (Média e desvios padrão) em escala natural para intervenção humana

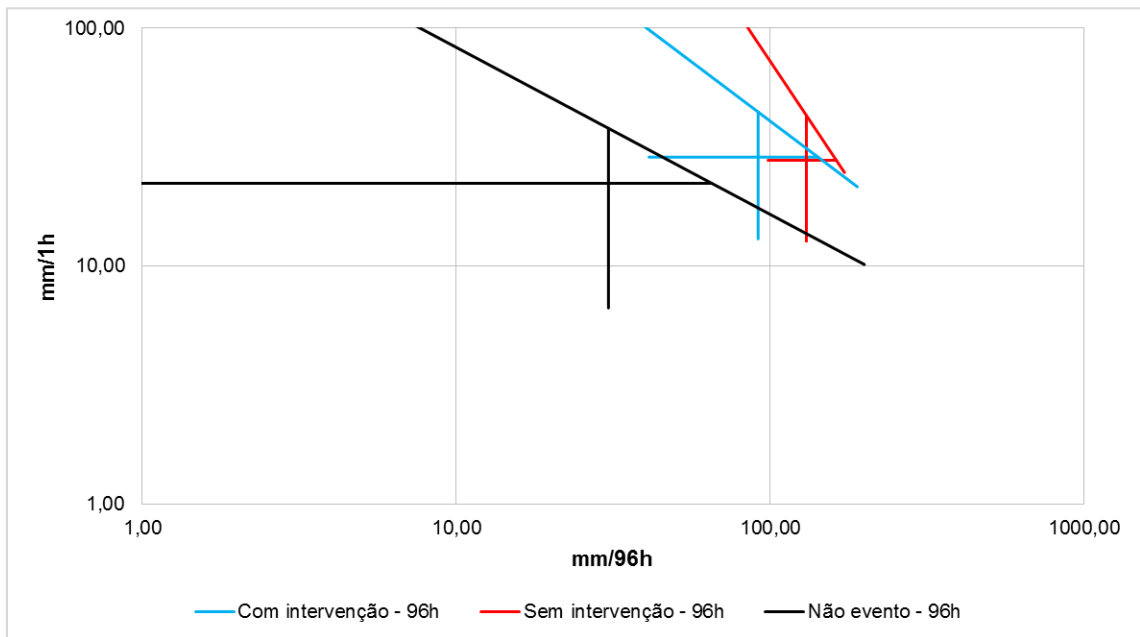


Figura 8.17 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Sul (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para intervenção humana

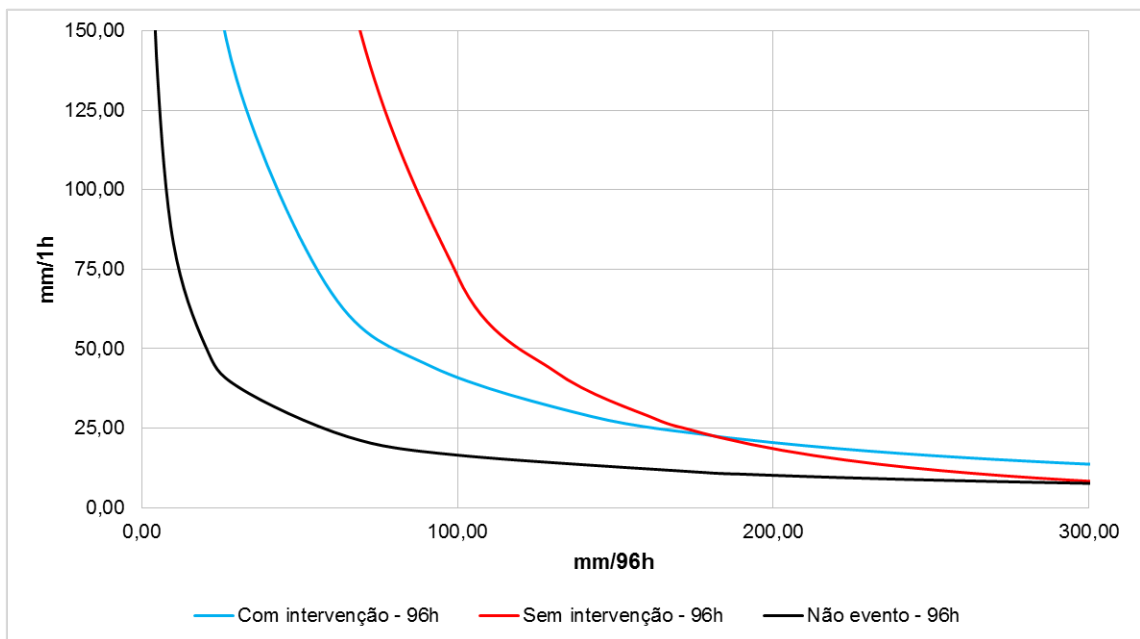


Figura 8.18 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Sul (Média e desvios padrão) em escala natural para intervenção humana

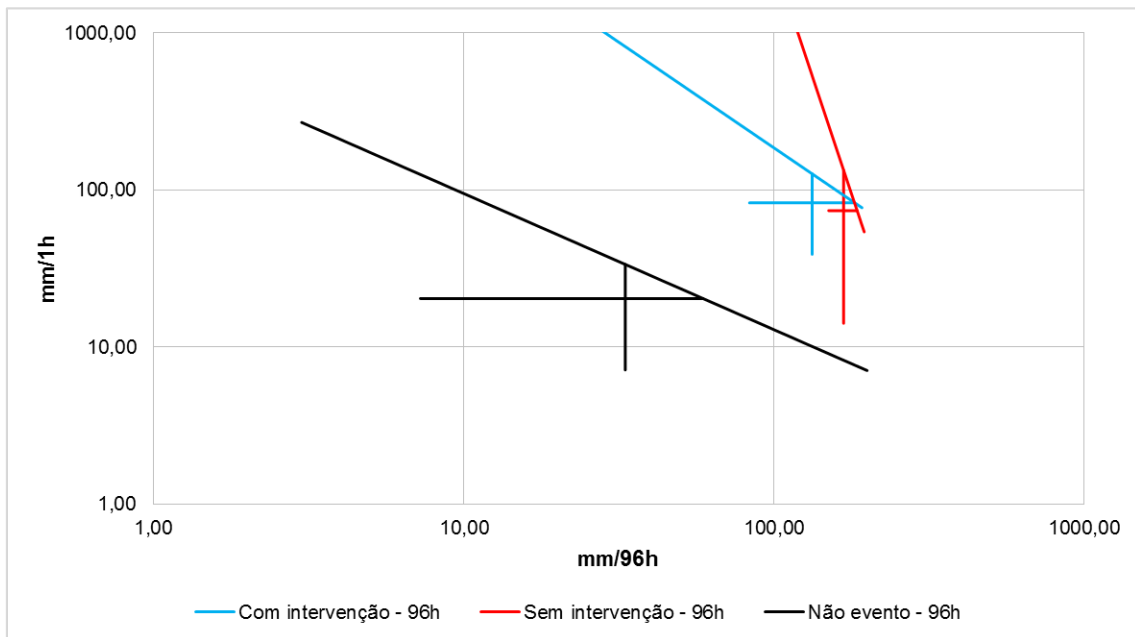


Figura 8.19 - Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Oeste (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para intervenção humana

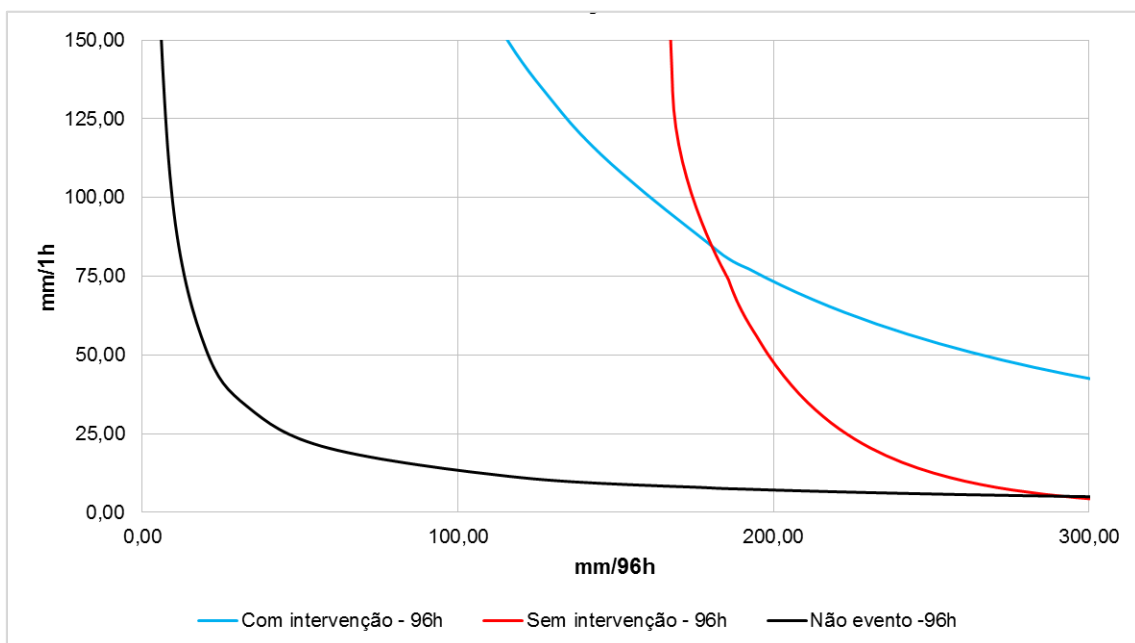


Figura 8.20 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Oeste (Média e desvios padrão) em escala natural para intervenção humana

9. ANEXO C - GRÁFICOS DE ACUMULADO VERSUS INTENSIDADE - TIPO DE OCUPAÇÃO

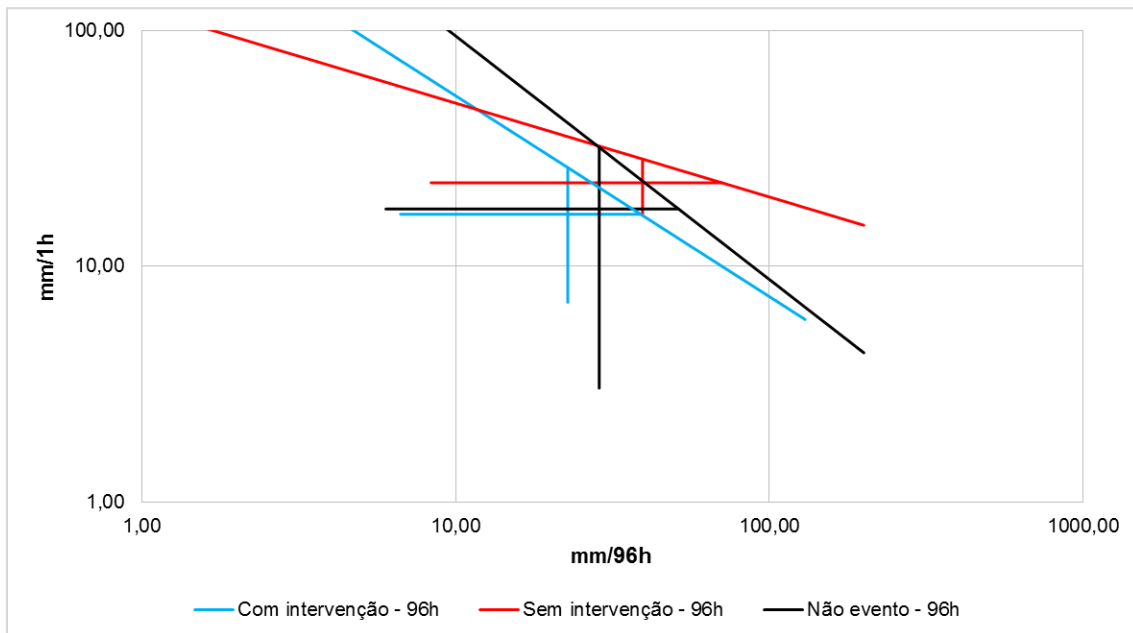


Figura 9.1 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Anchieta/Irajá (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para tipo de ocupação

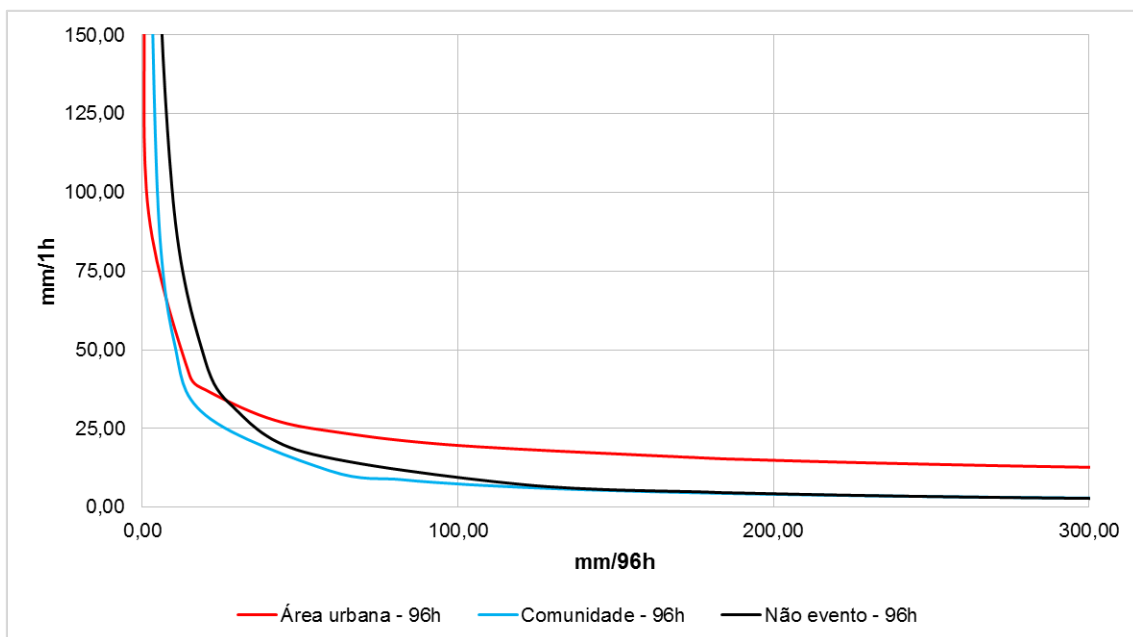


Figura 9.2 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Anchieta/Irajá (Média e desvios padrão) em escala natural para tipo de ocupação

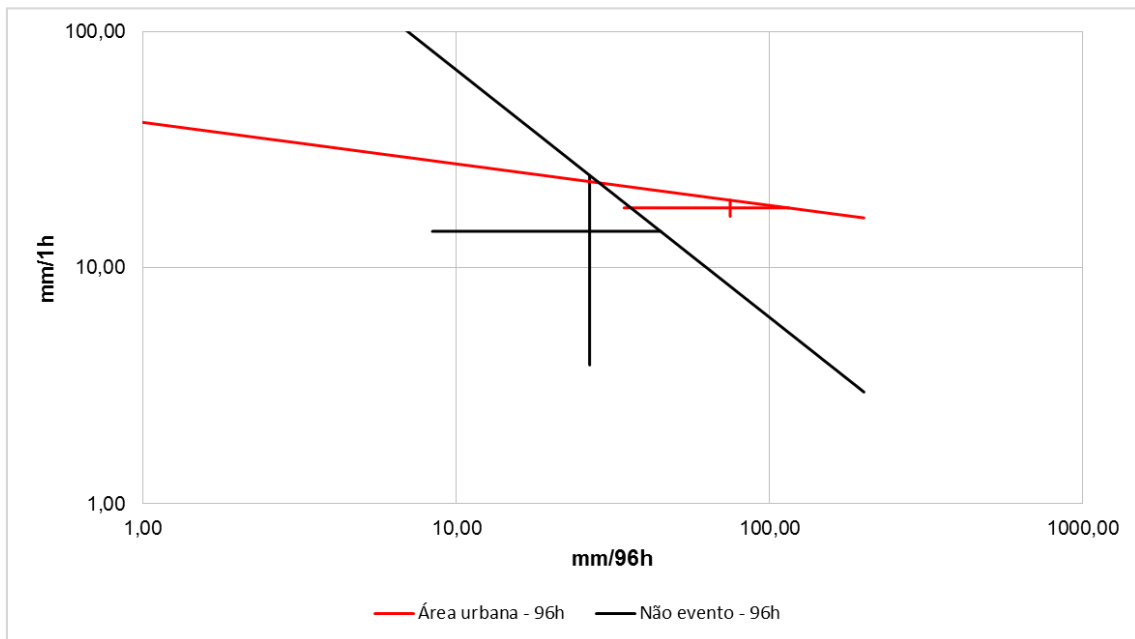


Figura 9.3 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Bangu (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para tipo de ocupação

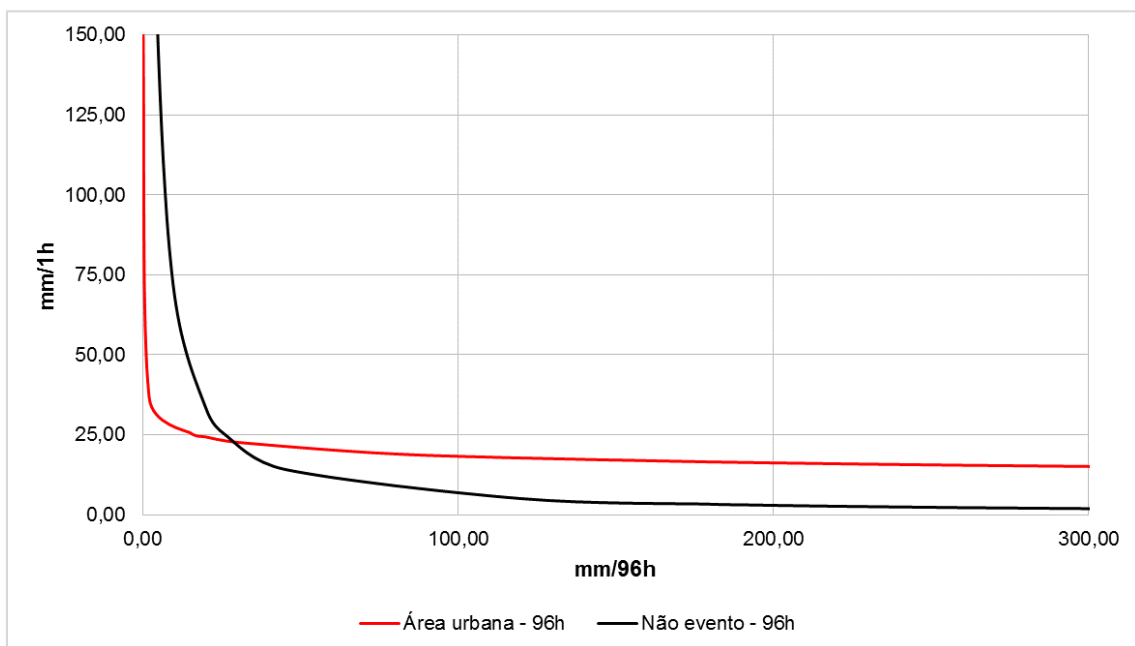


Figura 9.4 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Bangu (Média e desvios padrão) em escala natural para tipo de ocupação

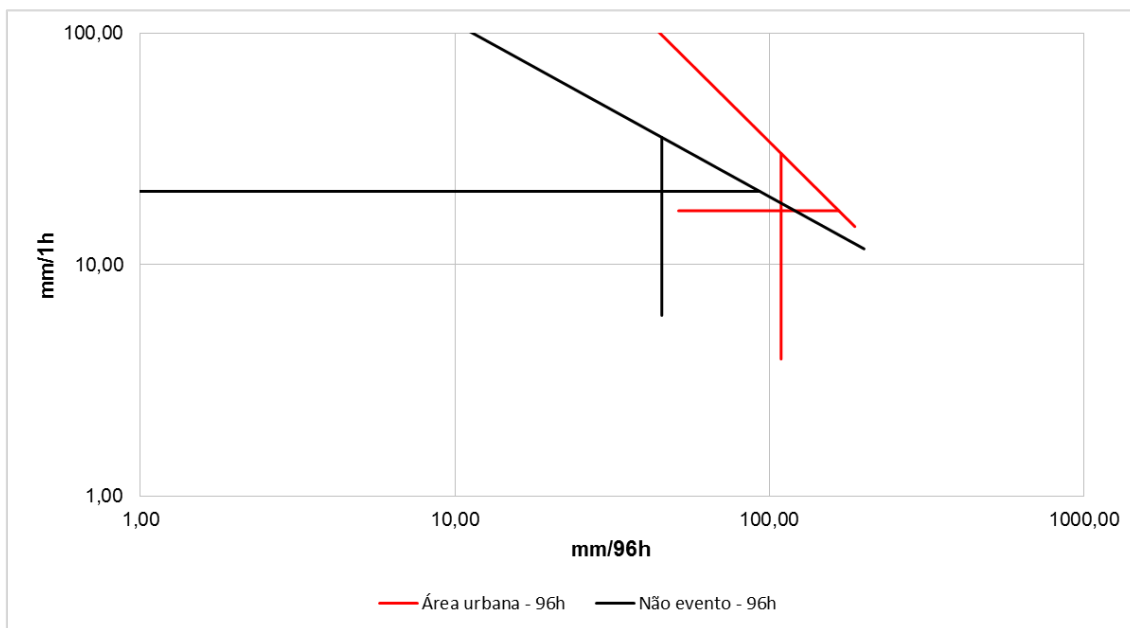


Figura 9.5 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Barra/Recreio (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para tipo de ocupação

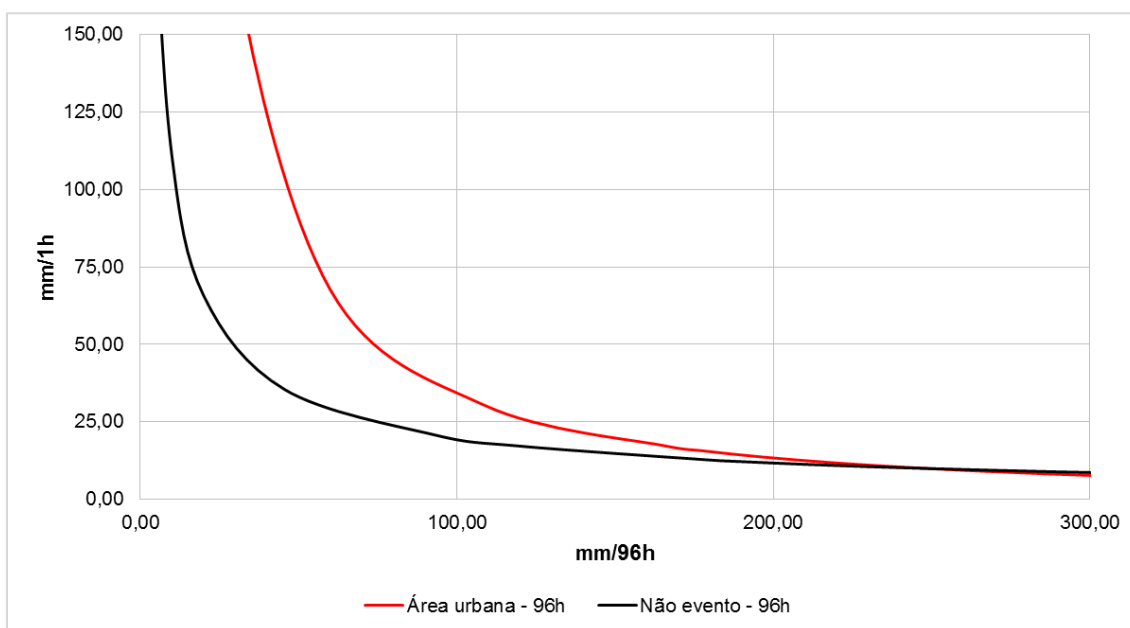


Figura 9.6 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Barra/Recreio (Média e desvios padrão) em escala natural para tipo de ocupação

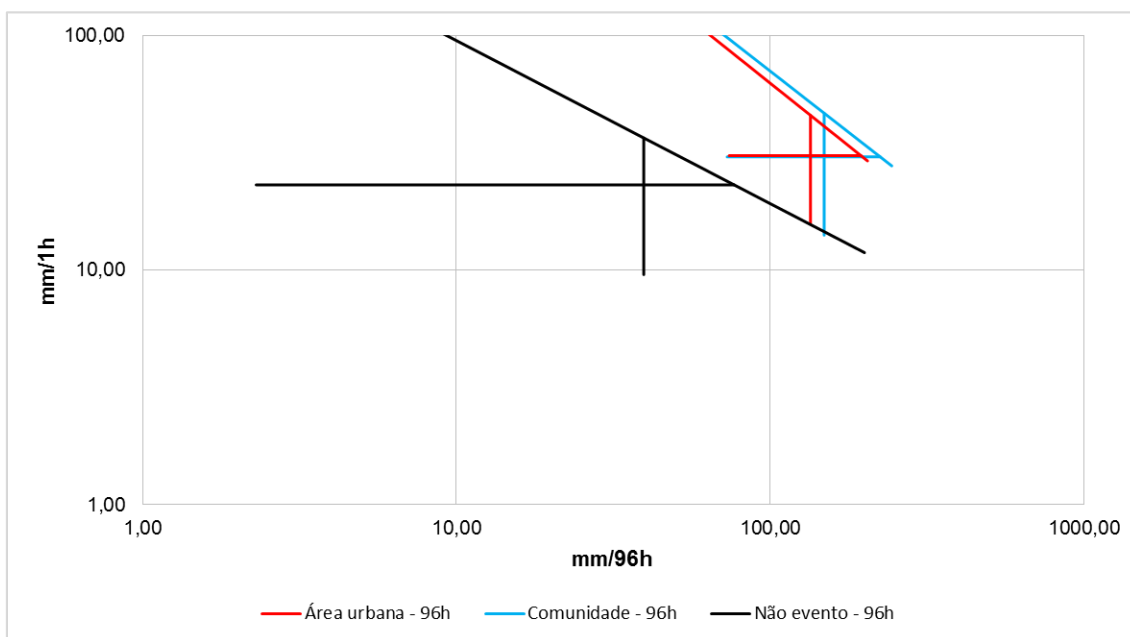


Figura 9.7 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Centro (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para tipo de ocupação

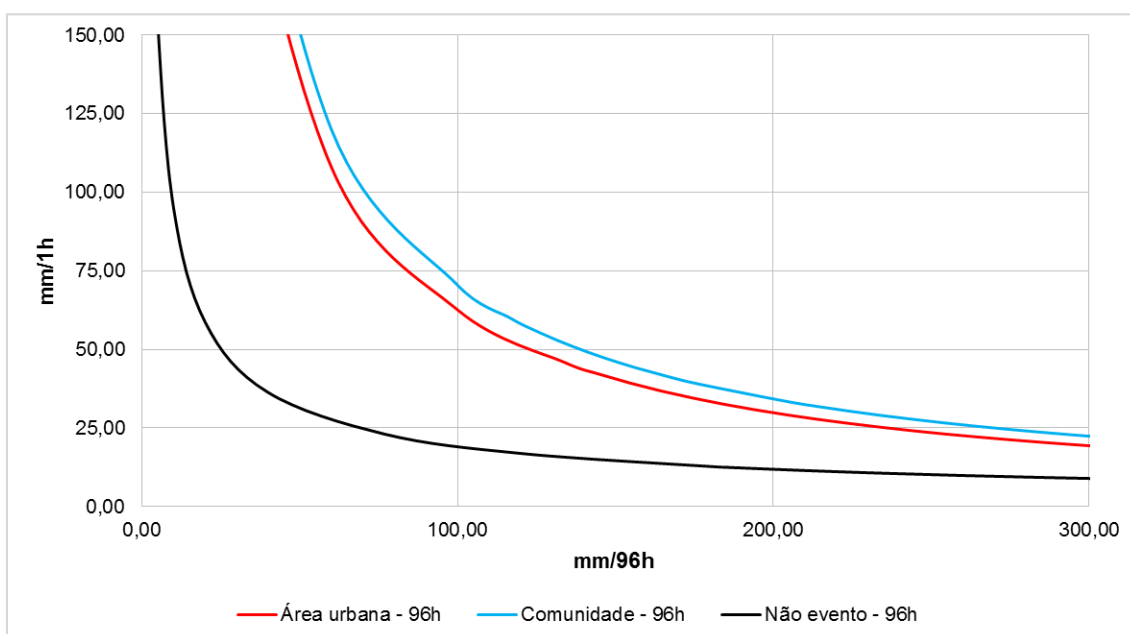


Figura 9.8 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Centro (Média e desvios padrão) em escala natural para tipo de ocupação

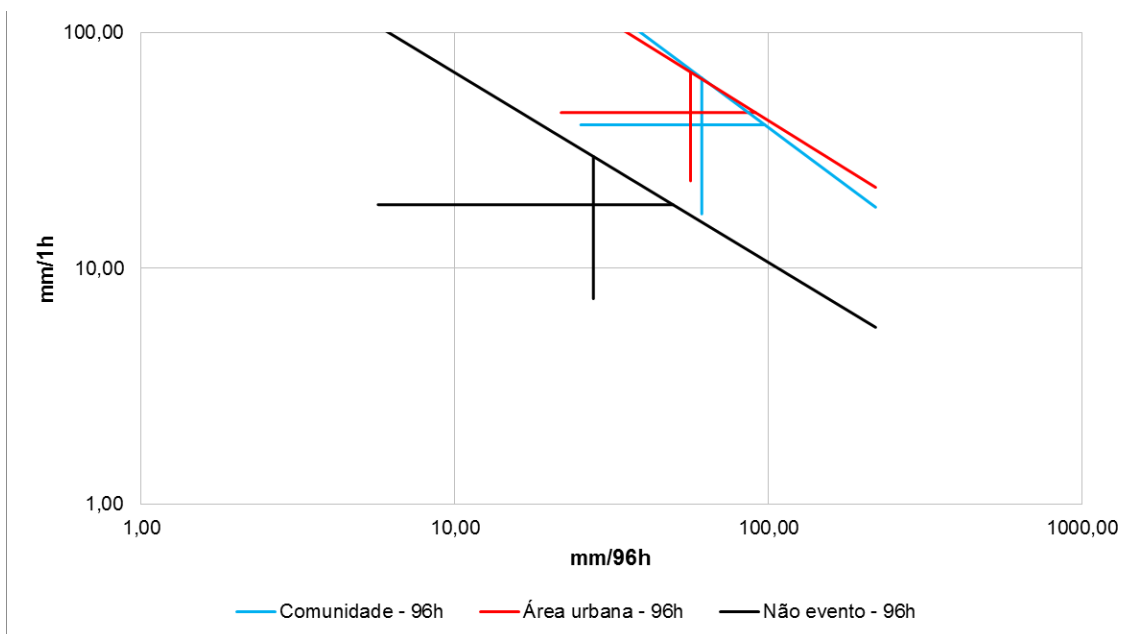


Figura 9.9 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Méier (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para tipo de ocupação

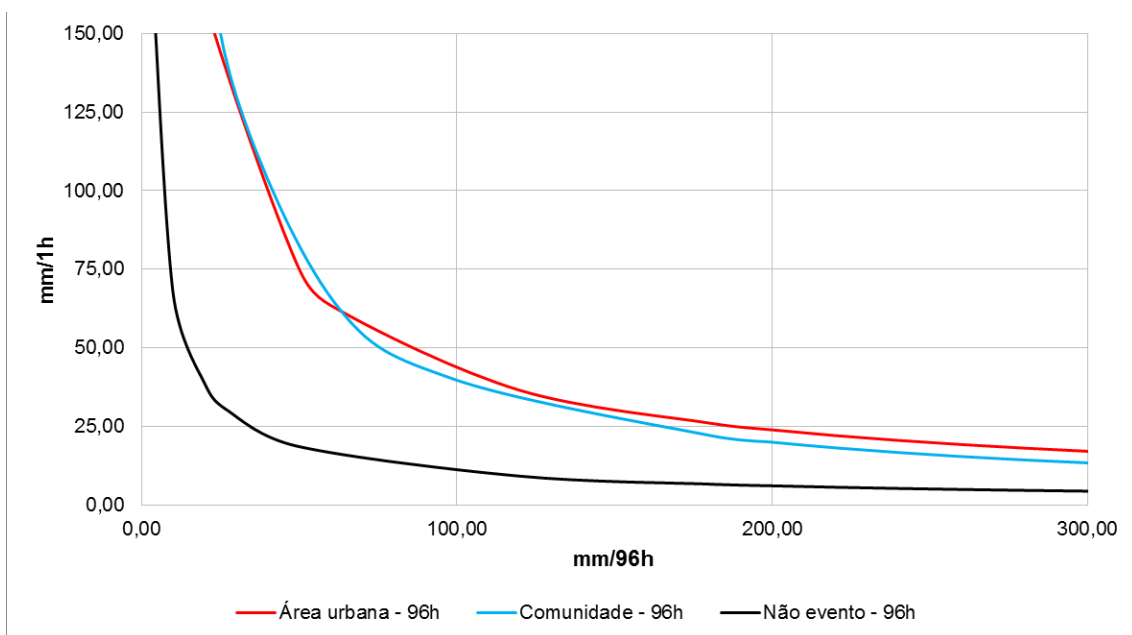


Figura 9.10 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Méier (Média e desvios padrão) em escala natural para tipo de ocupação

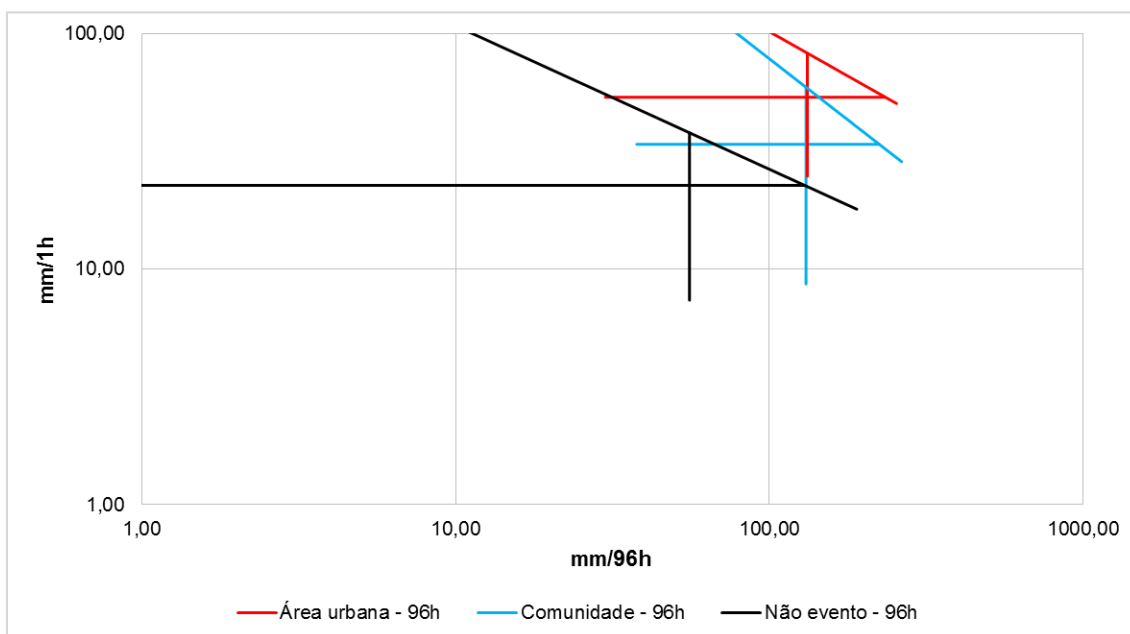


Figura 9.11 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Tijuca (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para tipo de ocupação

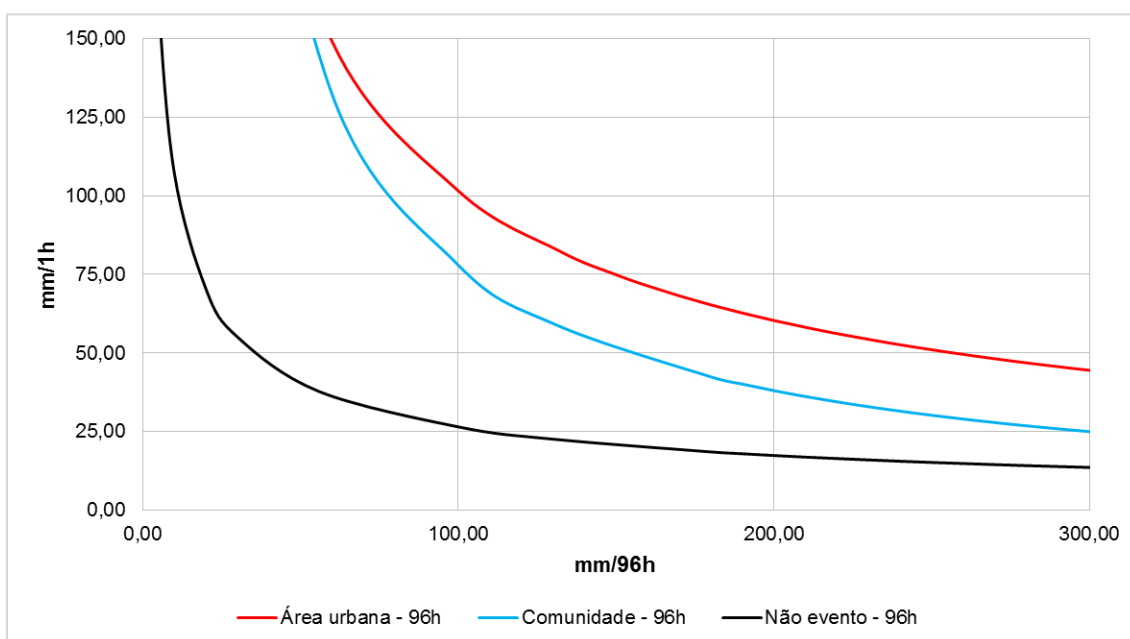


Figura 9.12 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Tijuca (Média e desvios padrão) em escala natural para tipo de ocupação

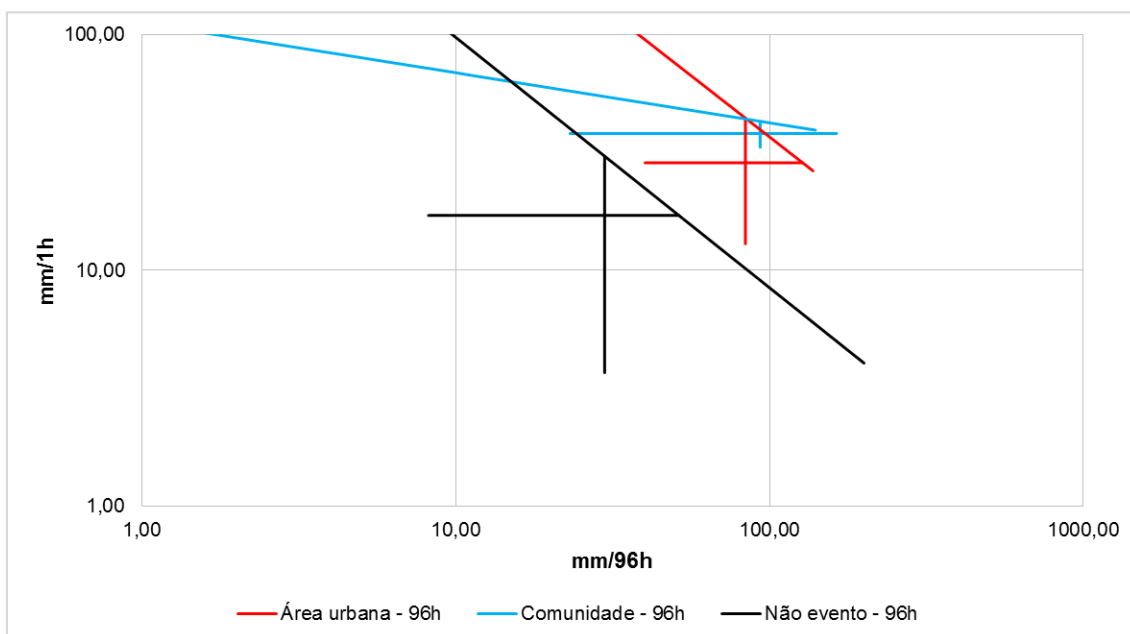


Figura 9.13 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Ilha do Governador (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para tipo de ocupação

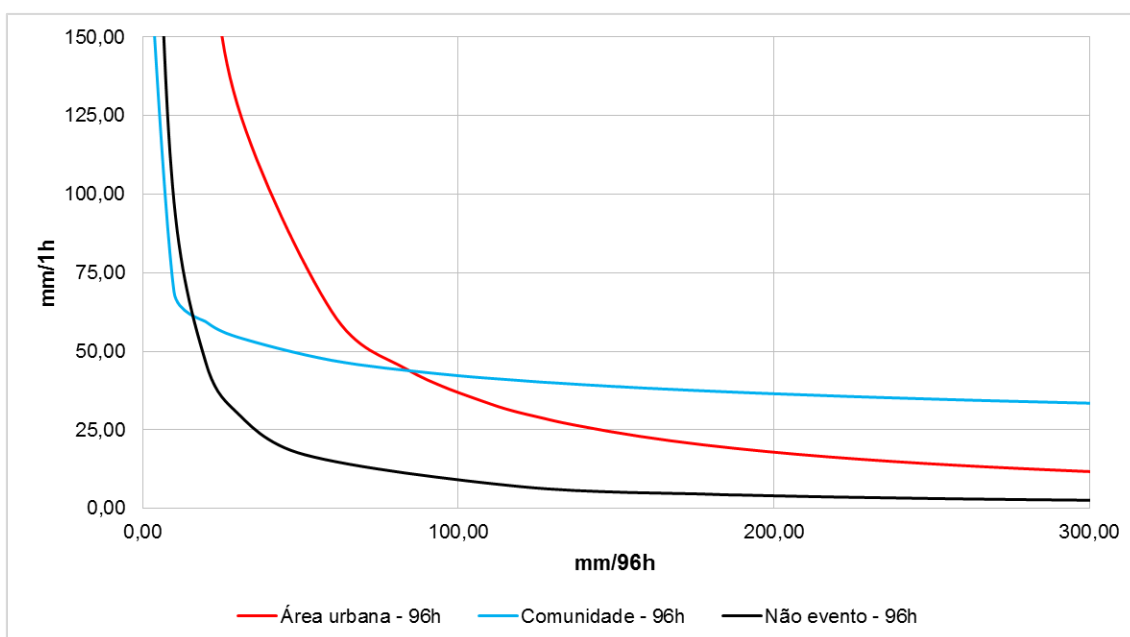


Figura 9.14 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Ilha do Governador (Média e desvios padrão) em escala natural para tipo de ocupação

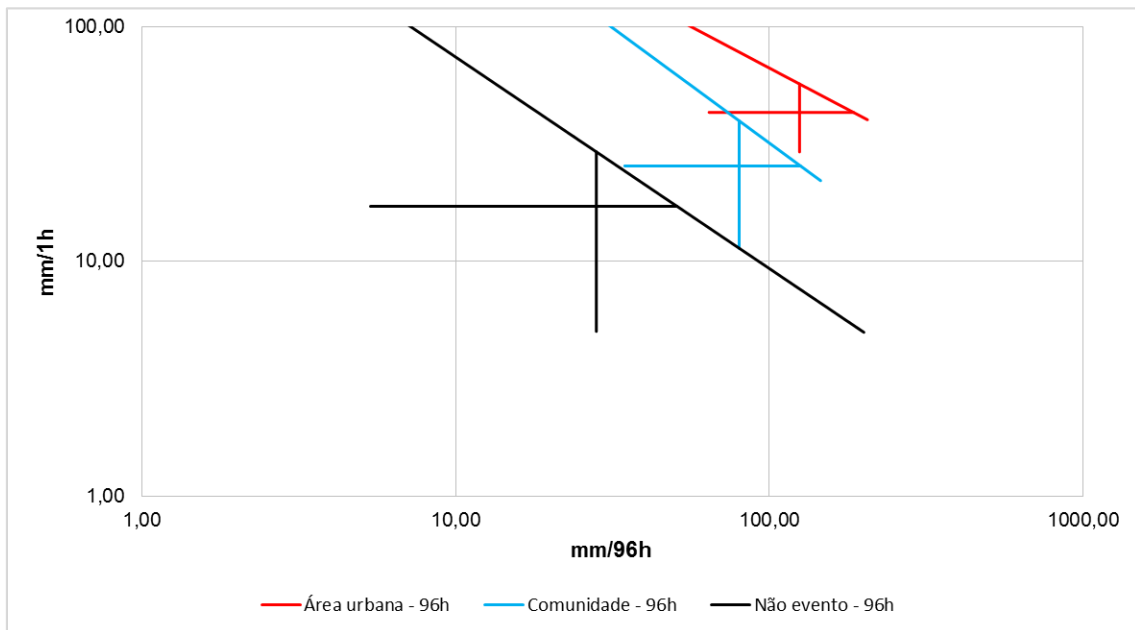


Figura 9.15 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Jacarepaguá (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para tipo de ocupação

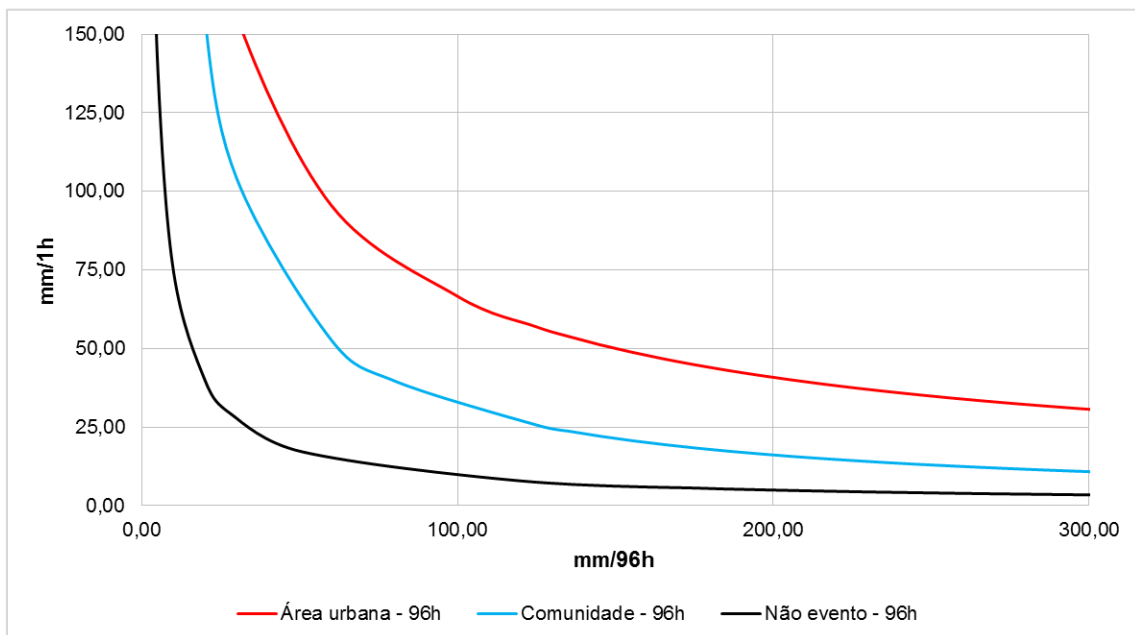


Figura 9.16 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Jacarepaguá (Média e desvios padrão) em escala natural para tipo de ocupação

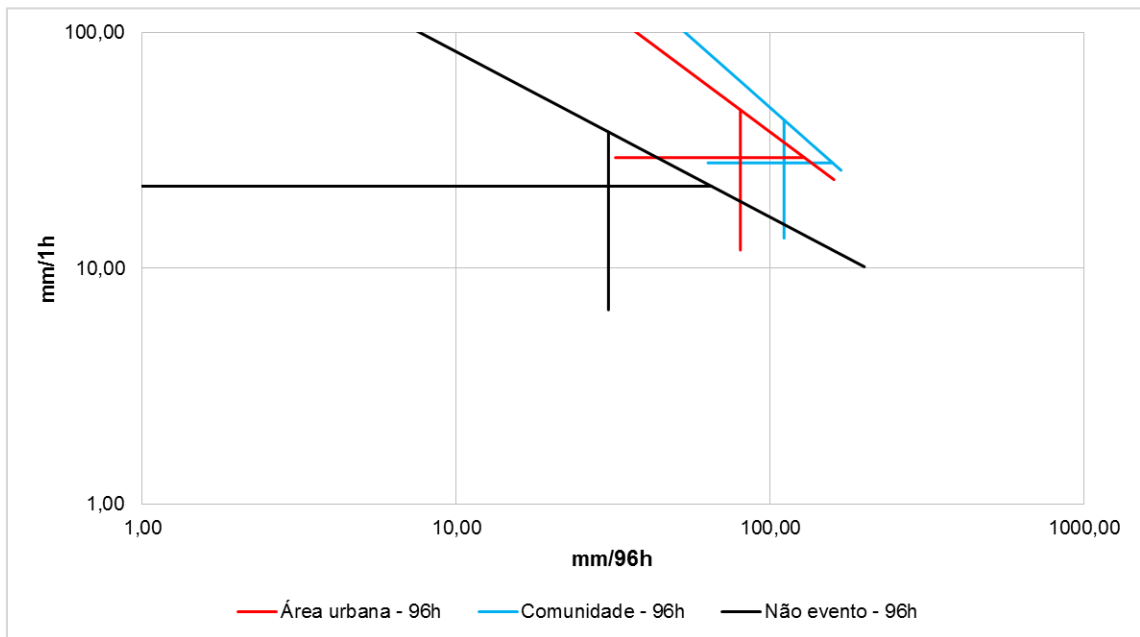


Figura 9.17 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Sul (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para tipo de ocupação

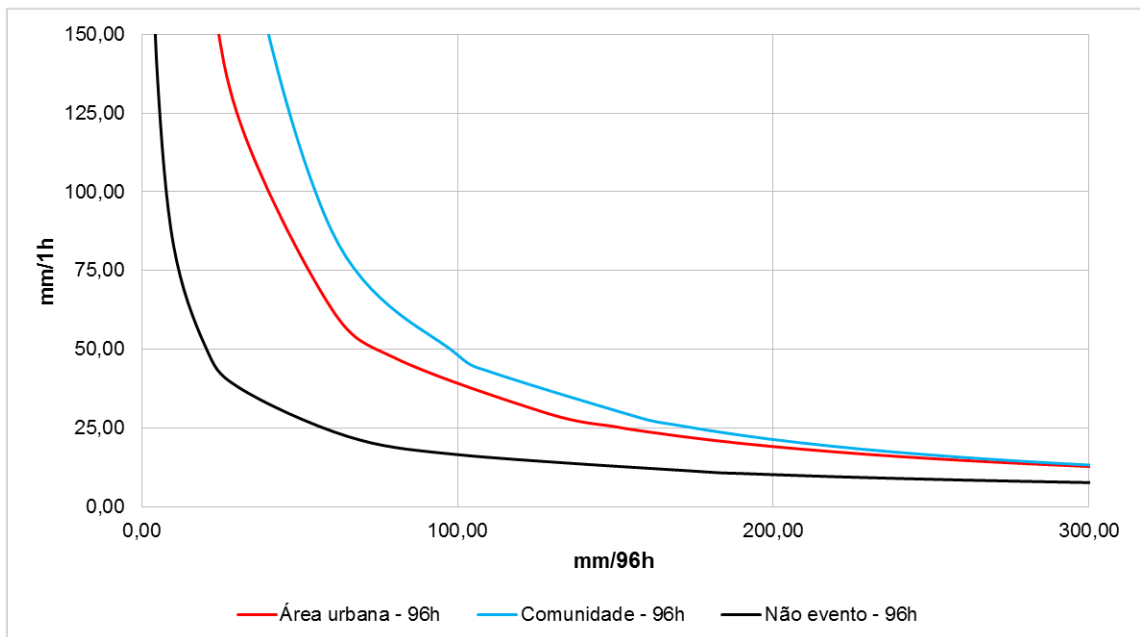


Figura 9.18 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Sul (Média e desvios padrão) em escala natural para tipo de ocupação

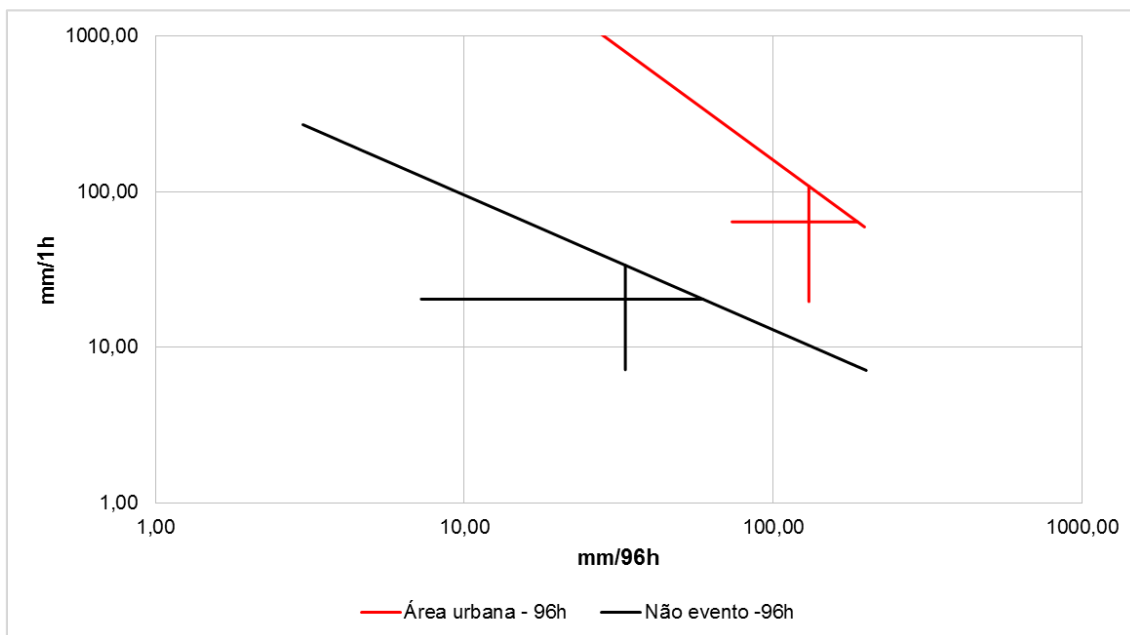


Figura 9.19 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Oeste (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para tipo de ocupação

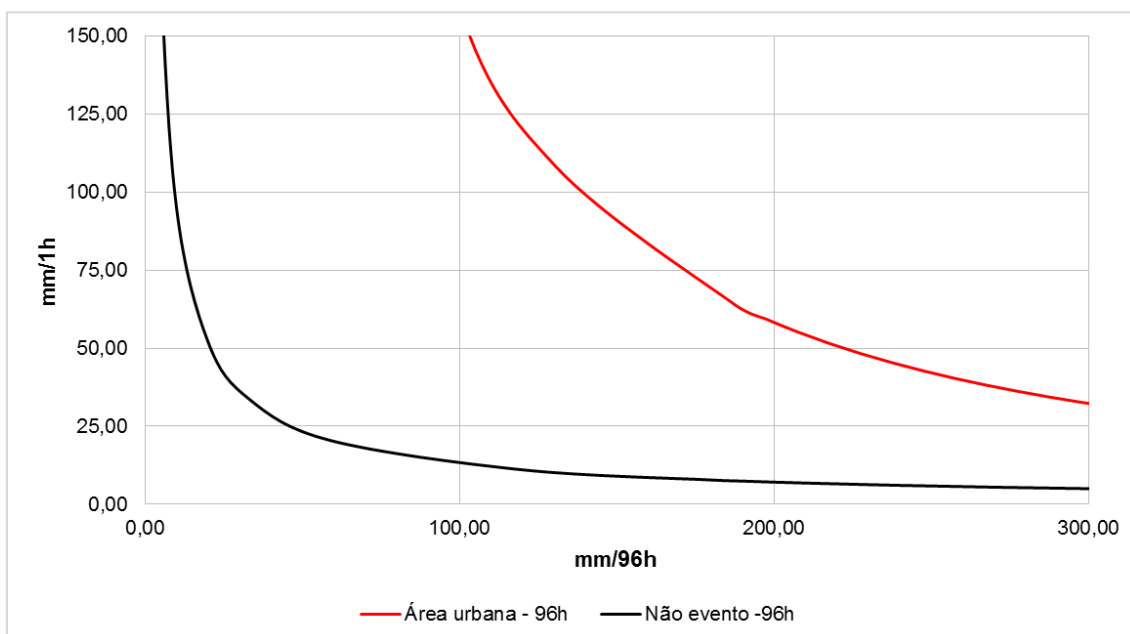


Figura 9.20 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Oeste (Média e desvios padrão) em escala natural para tipo de ocupação

10. ANEXO D - GRÁFICOS DE ACUMULADO VERSUS INTENSIDADE - CAUSAS COMBINADAS

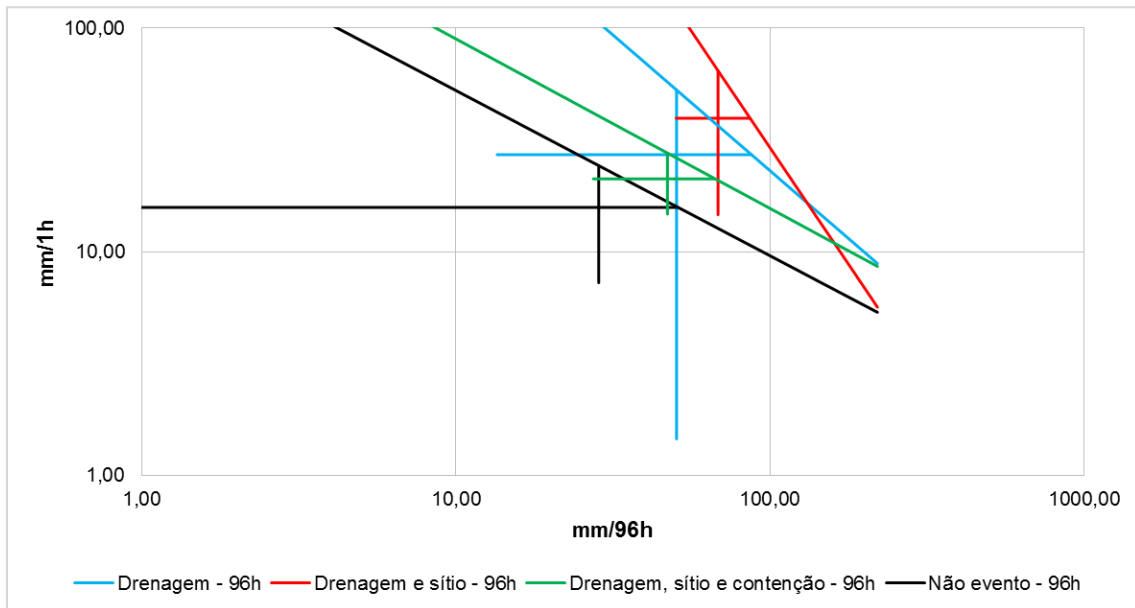


Figura 10.1 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Anchieta/Irajá (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para causas combinadas

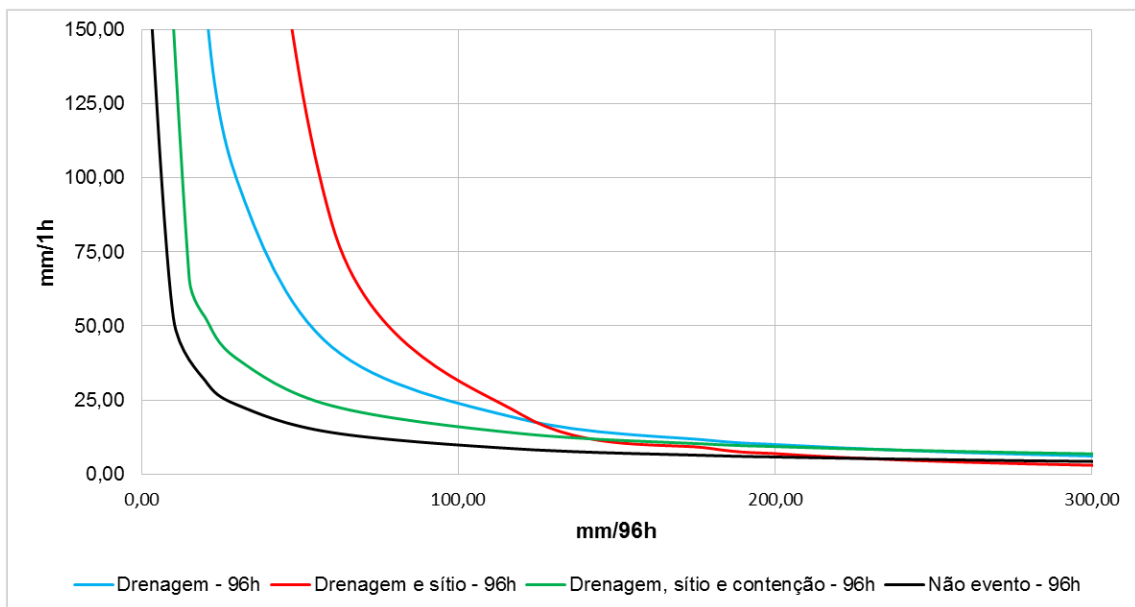


Figura 10.2 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Anchieta/Irajá (Média e desvios padrão) em escala natural para causas combinadas

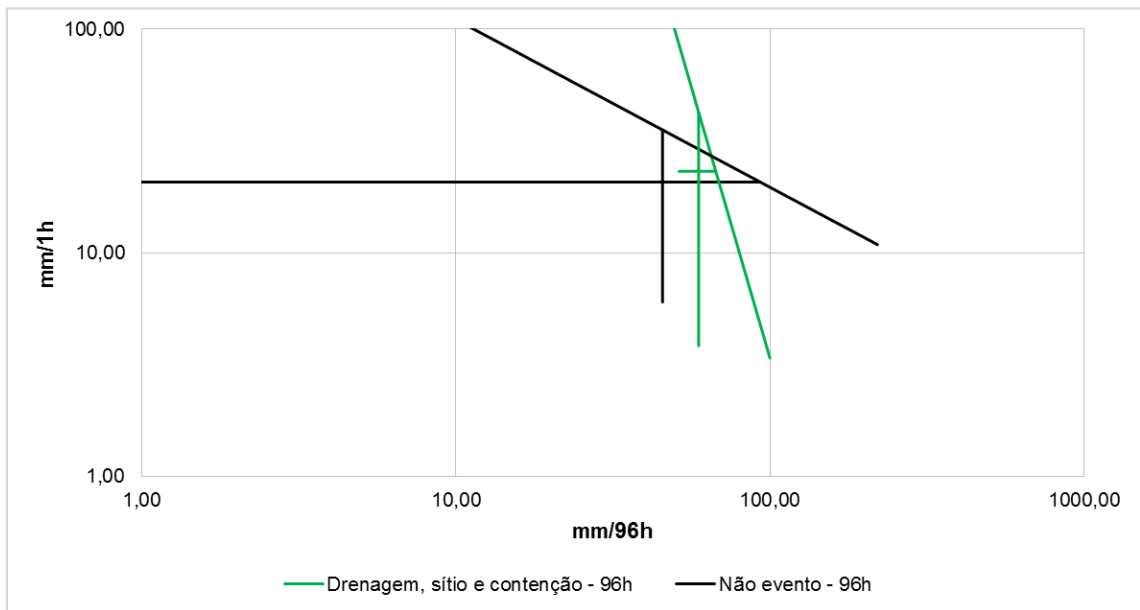


Figura 10.3 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Barra/Recreio (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para causas combinadas

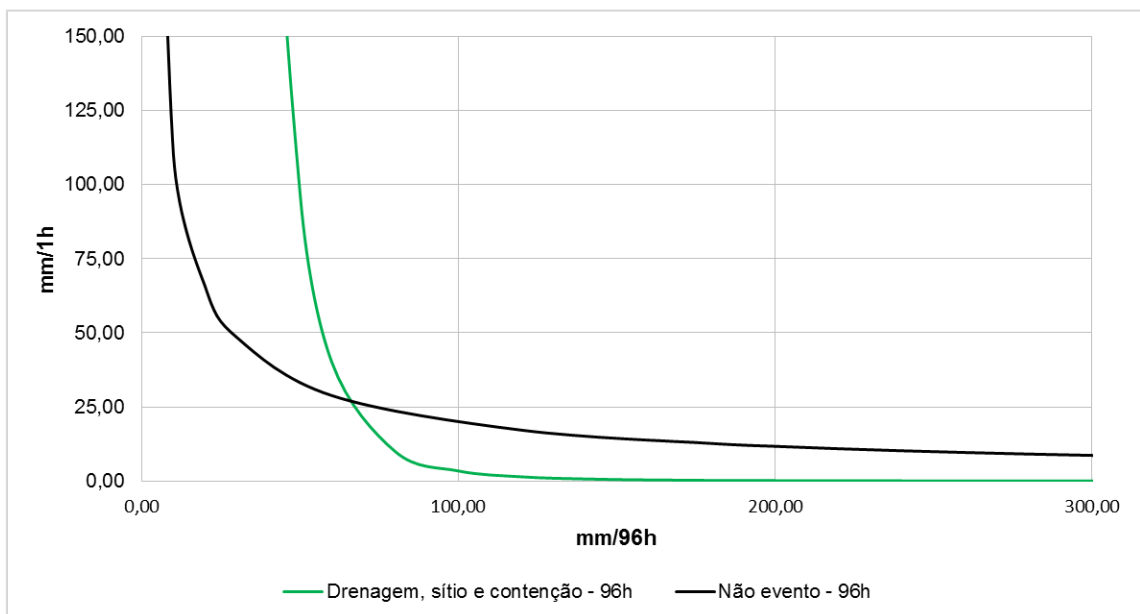


Figura 10.4 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Barra/Recreio (Média e desvios padrão) em escala natural para causas combinadas

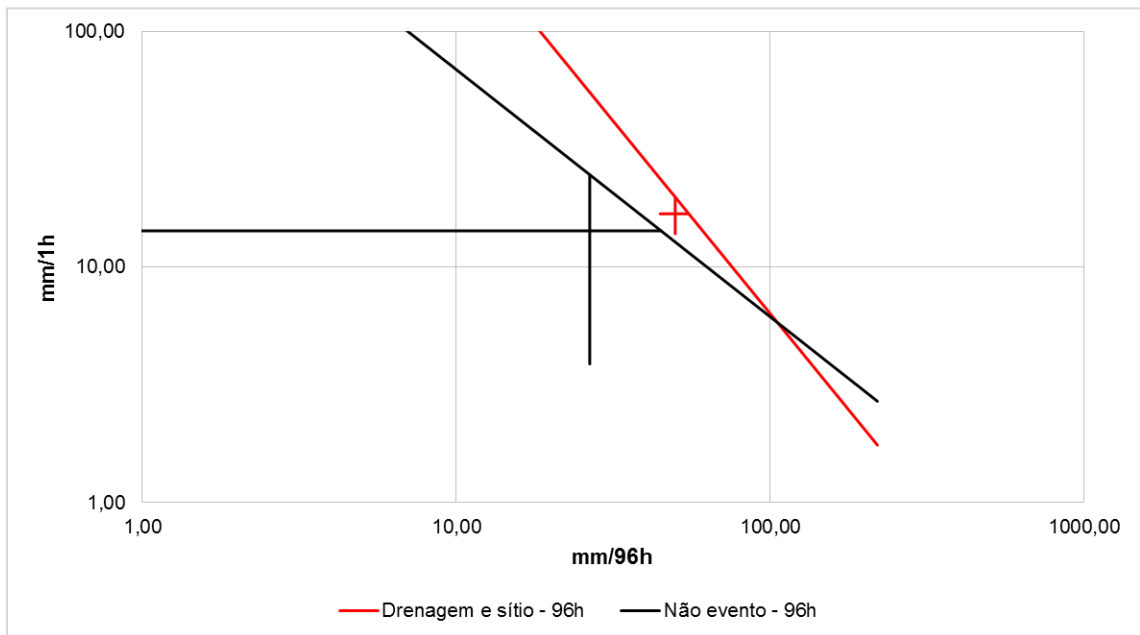


Figura 10.5 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Bangu (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para causas combinadas

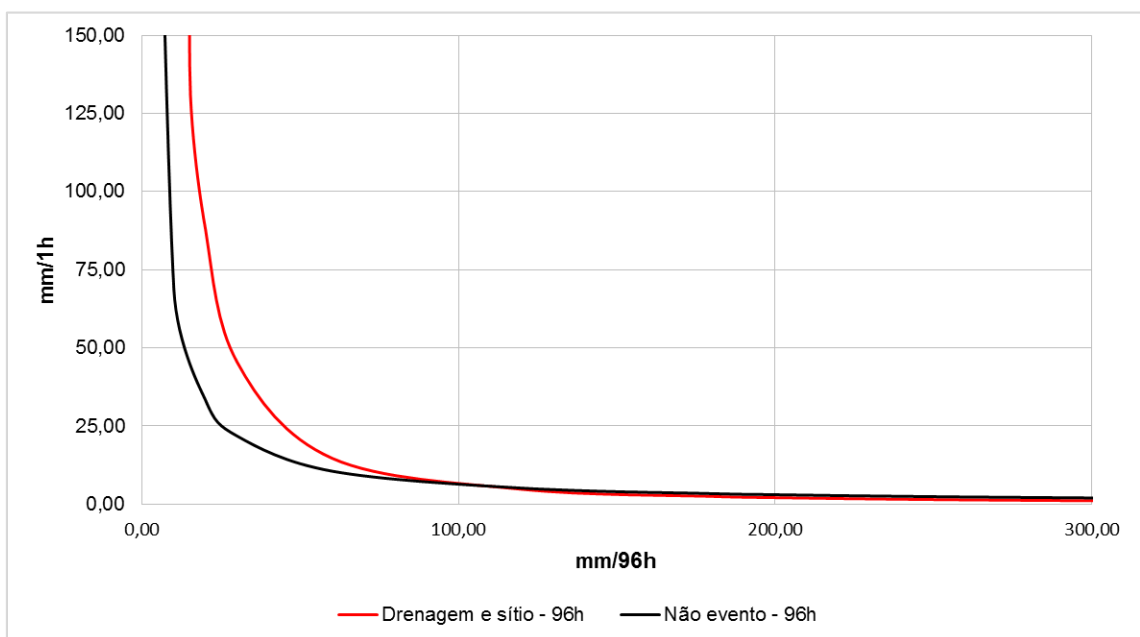


Figura 10.6 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Bangu (Média e desvios padrão) em escala natural para causas combinadas

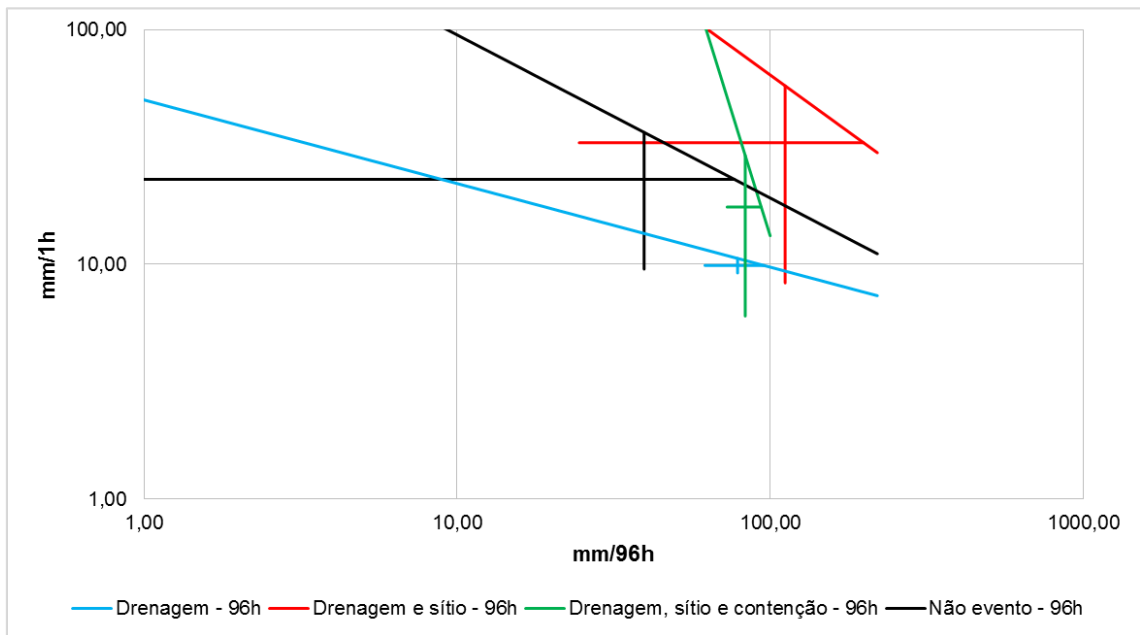


Figura 10.7 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Centro (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para causas combinadas

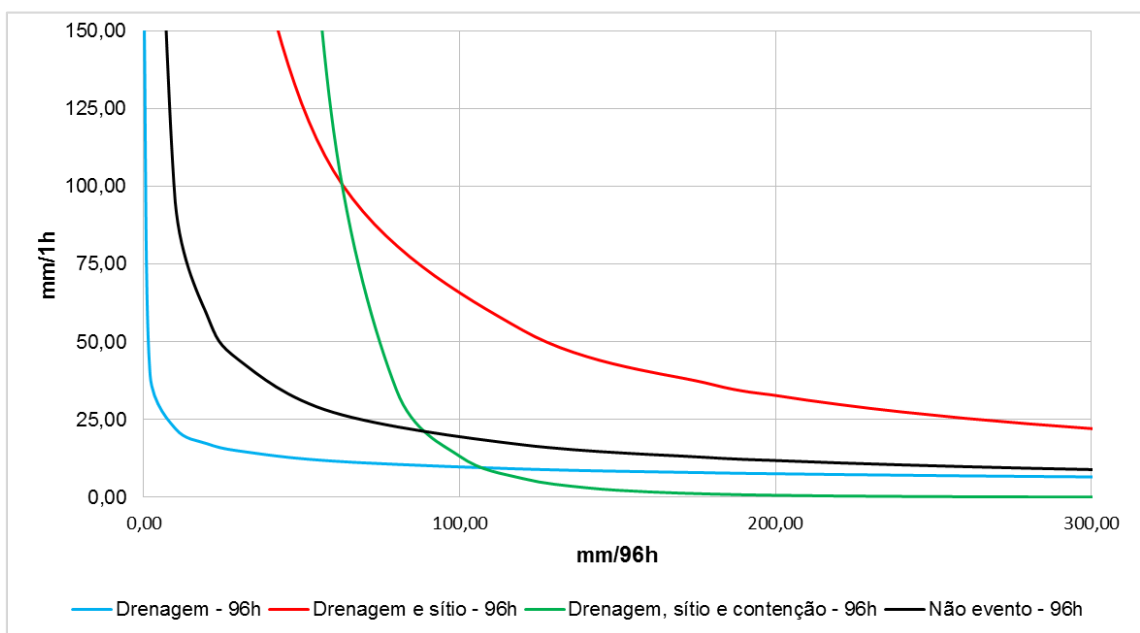


Figura 10.8 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Centro (Média e desvios padrão) em escala natural para causas combinadas

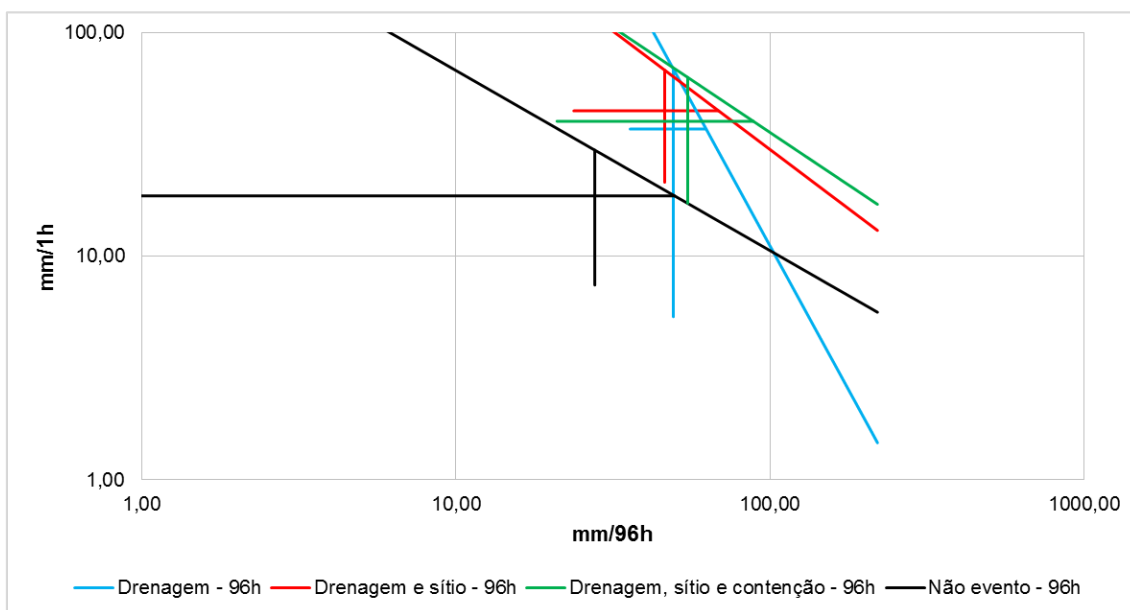


Figura 10.9 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Méier (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para causas combinadas

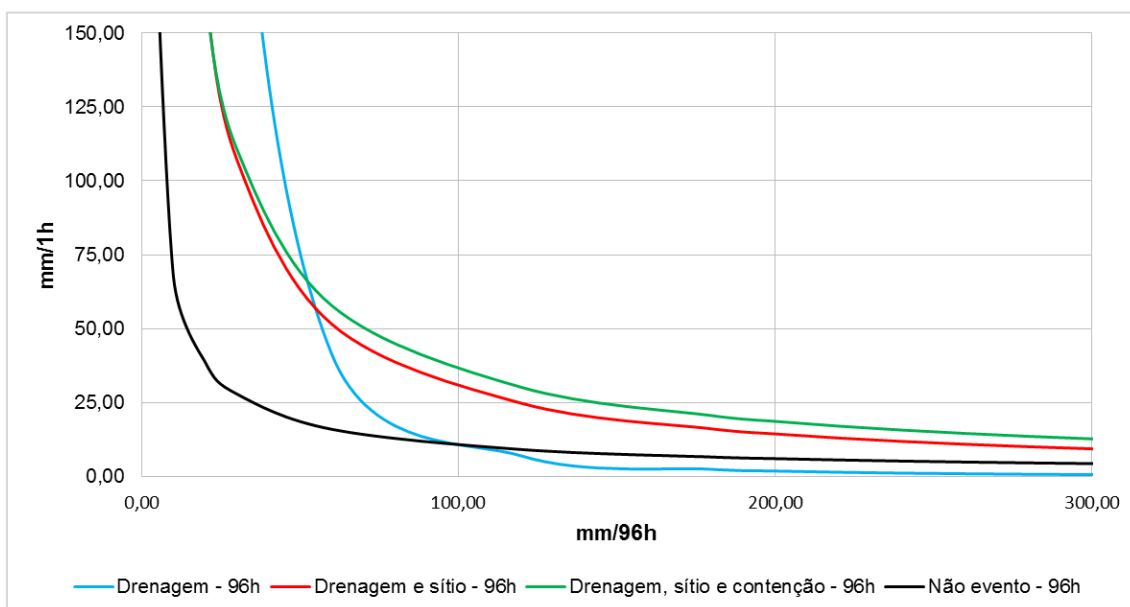


Figura 10.10 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Méier (Média e desvios padrão) em escala natural para causas combinadas

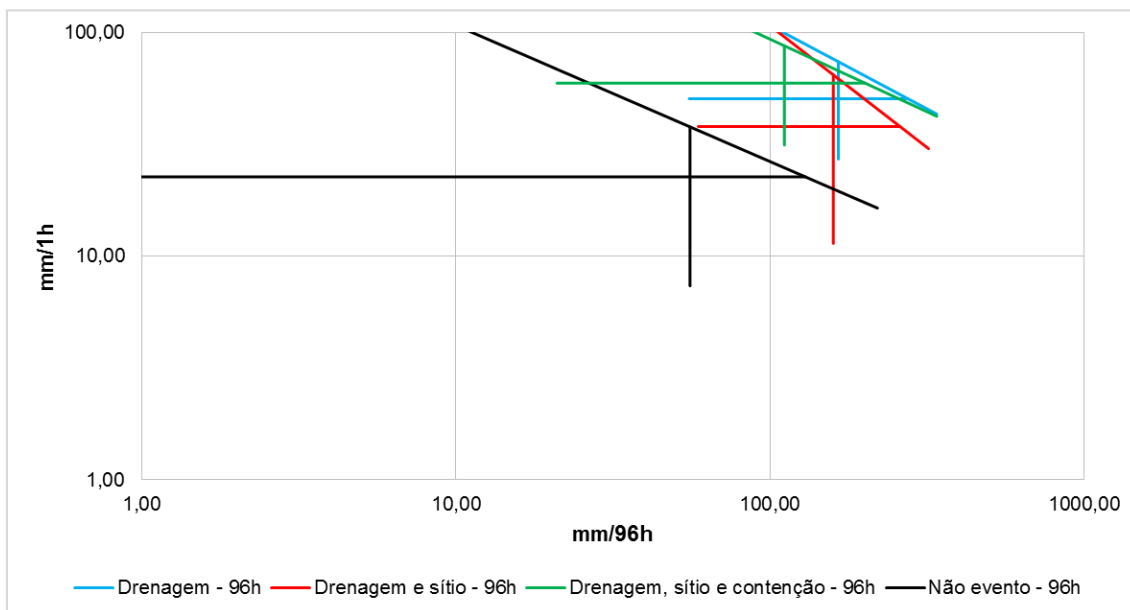


Figura 10.11 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Tijuca (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para causas combinadas

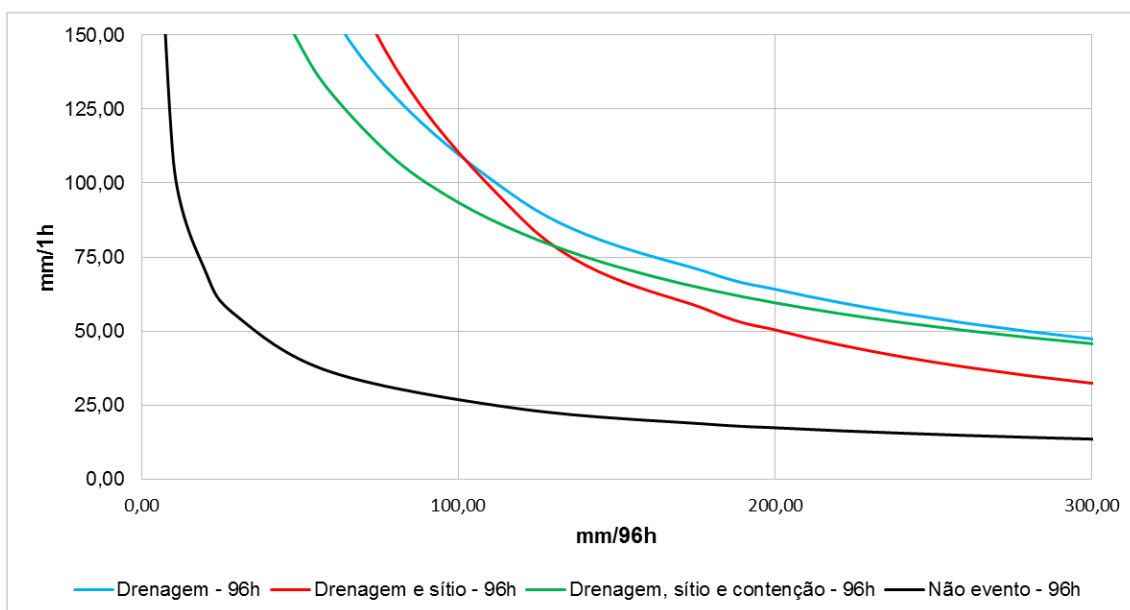


Figura 10.12 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Tijuca (Média e desvios padrão) em escala natural para causas combinadas

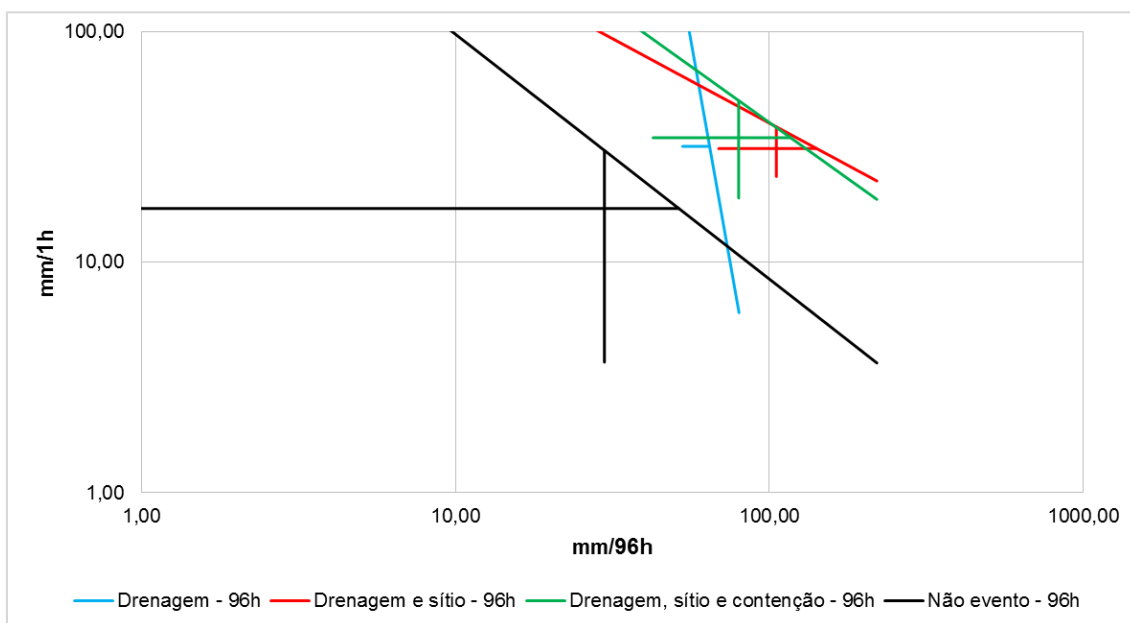


Figura 10.13 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Ilha do Governador (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para causas combinadas

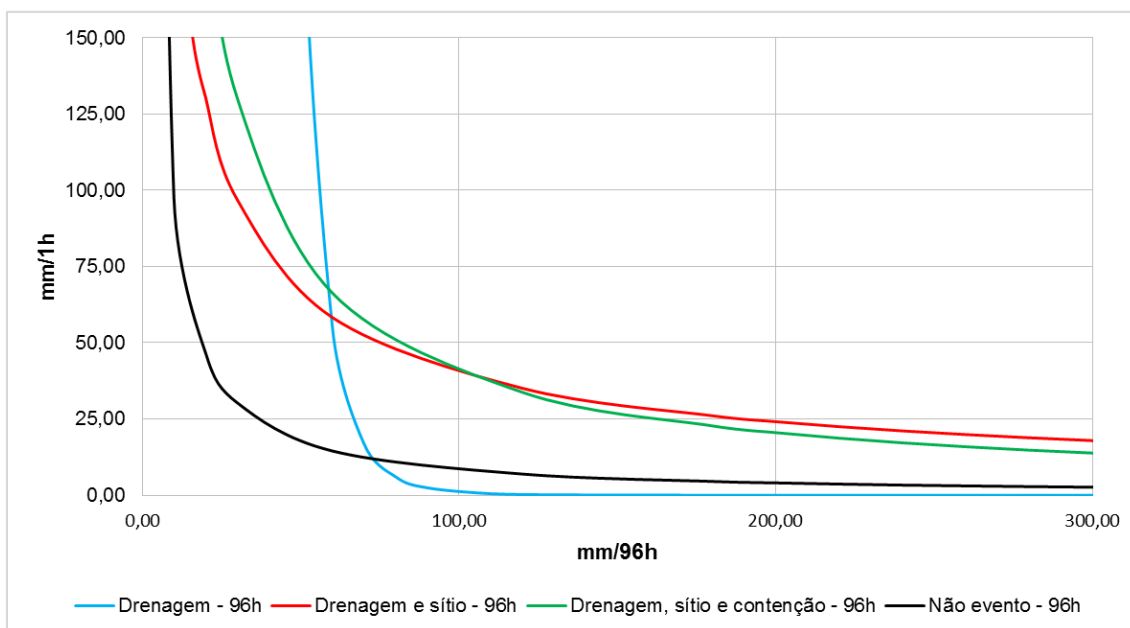


Figura 10.14 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Ilha do Governador (Média e desvios padrão) em escala natural para causas combinadas

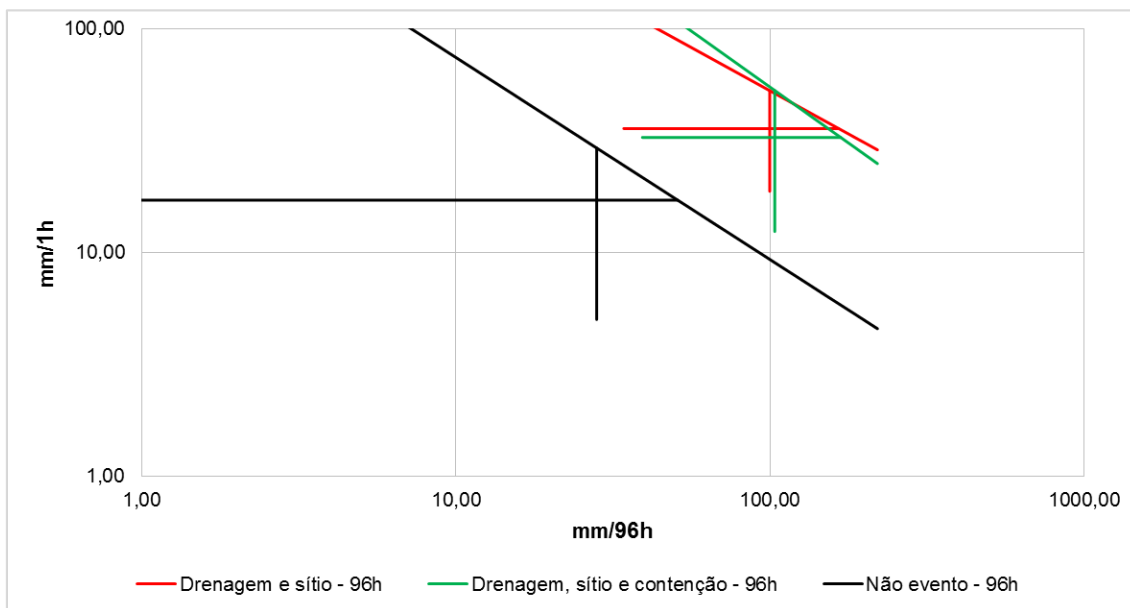


Figura 10.15 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Jacarepaguá (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para causas combinadas

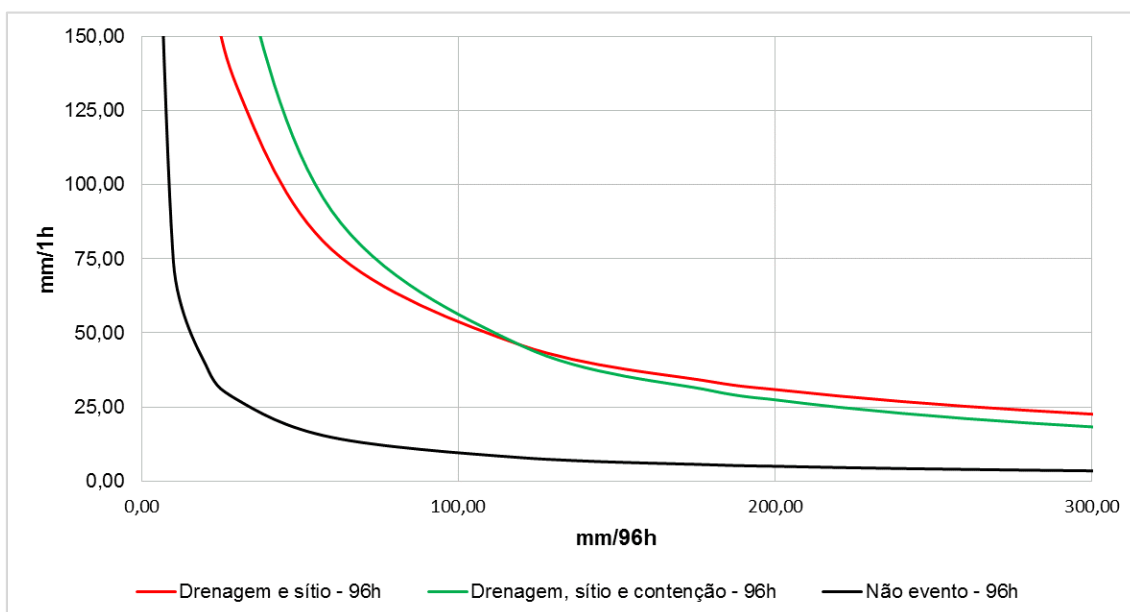


Figura 10.16 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Jacarepaguá (Média e desvios padrão) em escala natural para causas combinadas

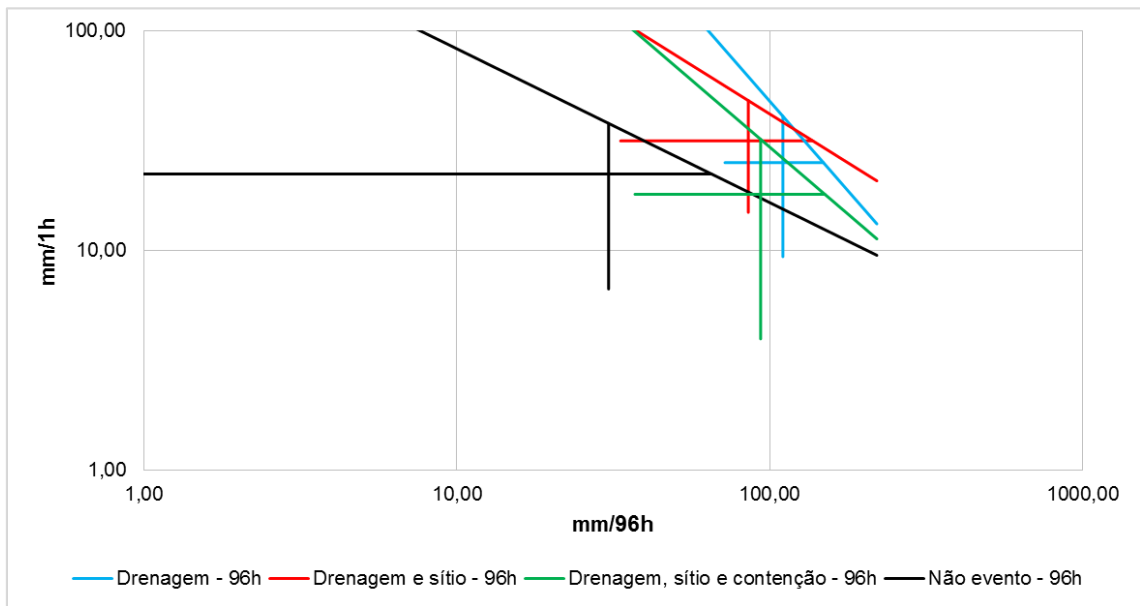


Figura 10.17 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Sul (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para causas combinadas

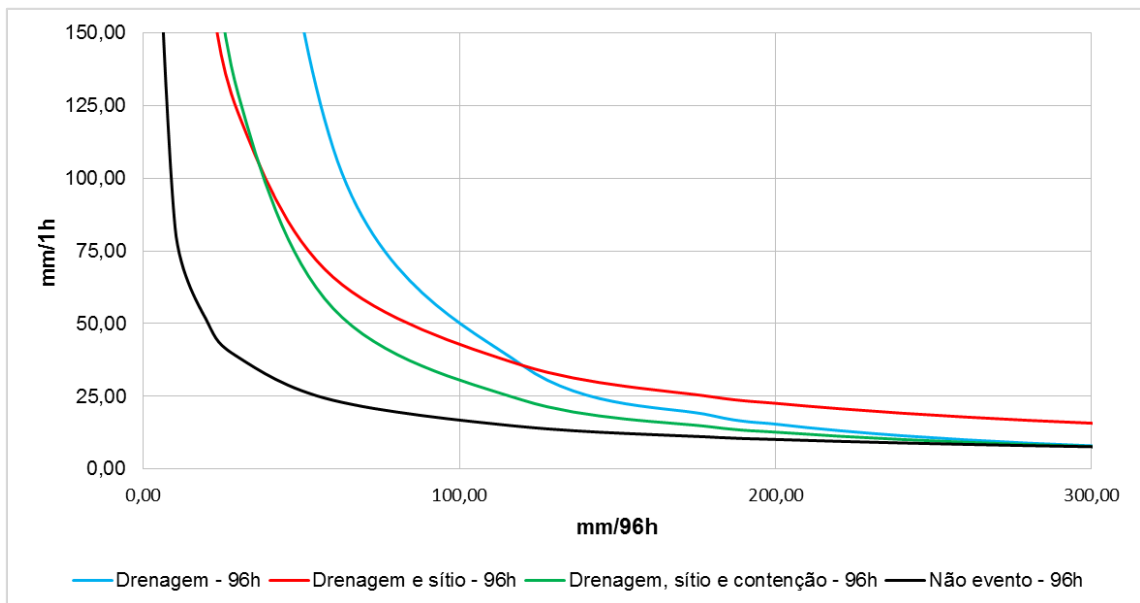


Figura 10.18 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Sul (Média e desvios padrão) em escala natural para causas combinadas

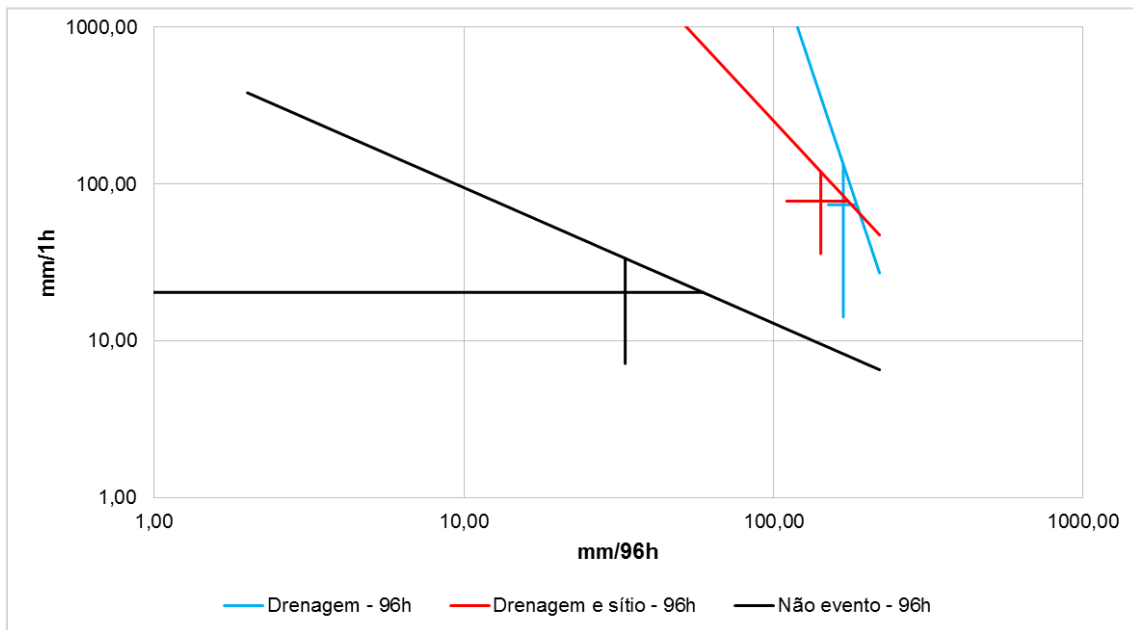


Figura 10.19 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Oeste (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para causas combinadas

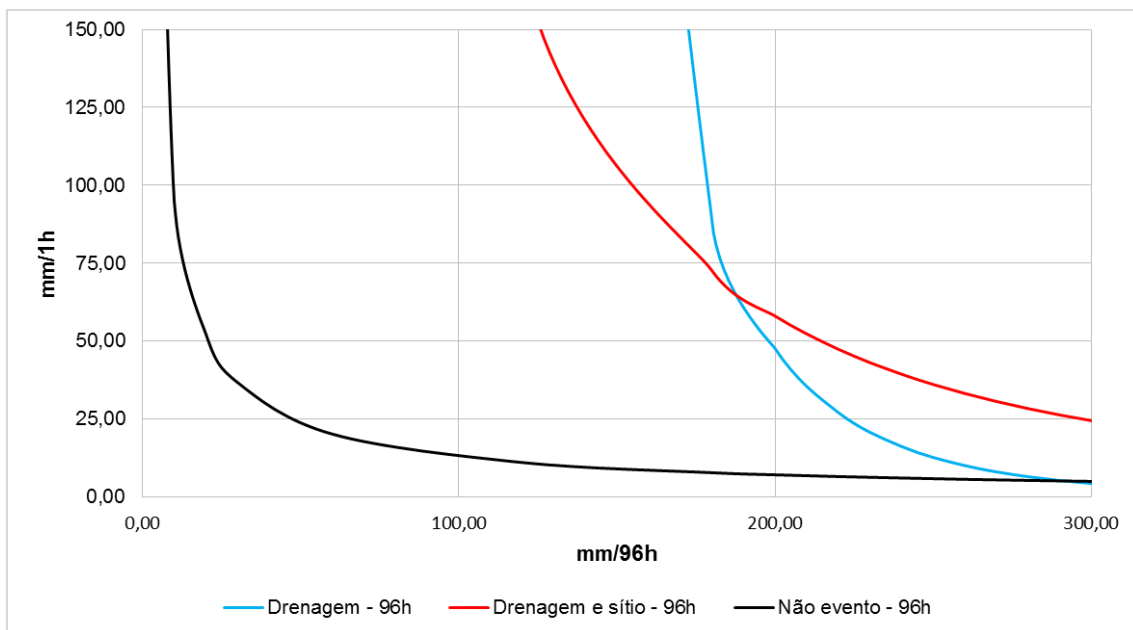


Figura 10.20 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Oeste (Média e desvios padrão) em escala natural para causas combinadas

11. ANEXO E - GRÁFICOS DE ACUMULADO VERSUS INTENSIDADE – NOVA CLASSIFICAÇÃO

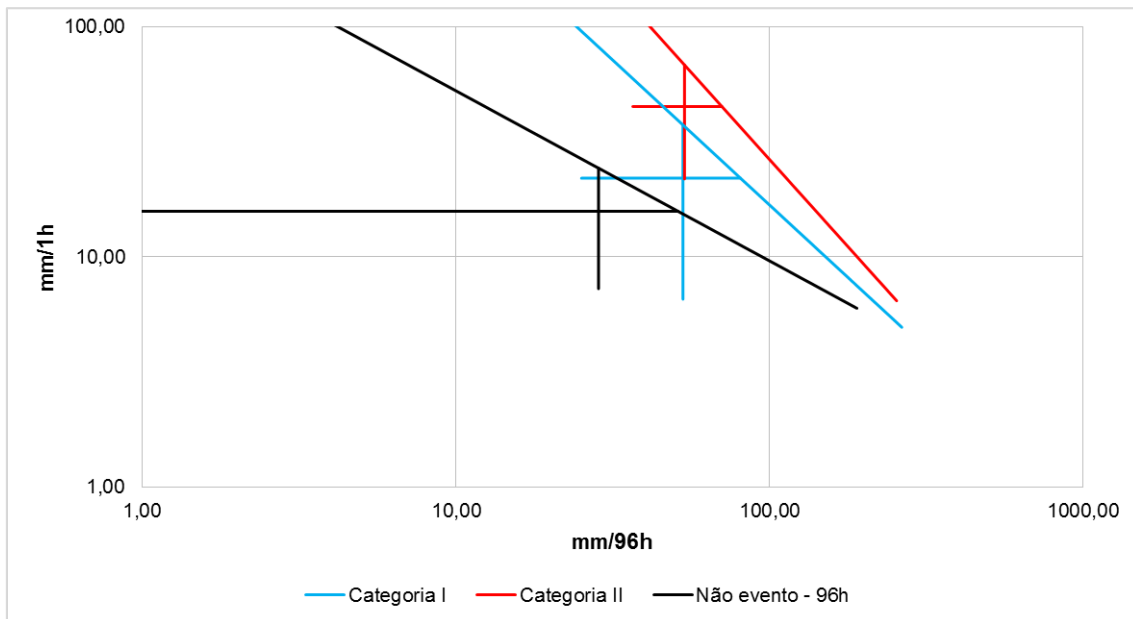


Figura 11.1 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Anchieta/Irajá (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para nova classificação de EPS

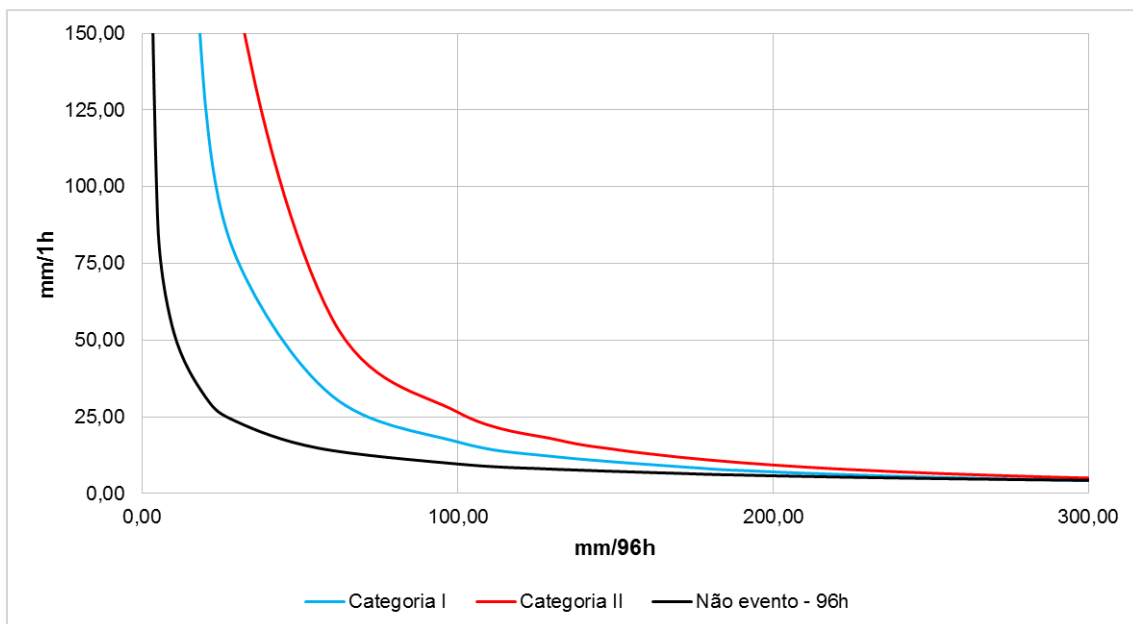


Figura 11.2– Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Anchieta/Irajá (Média e desvios padrão) em escala natural para nova classificação de EPS

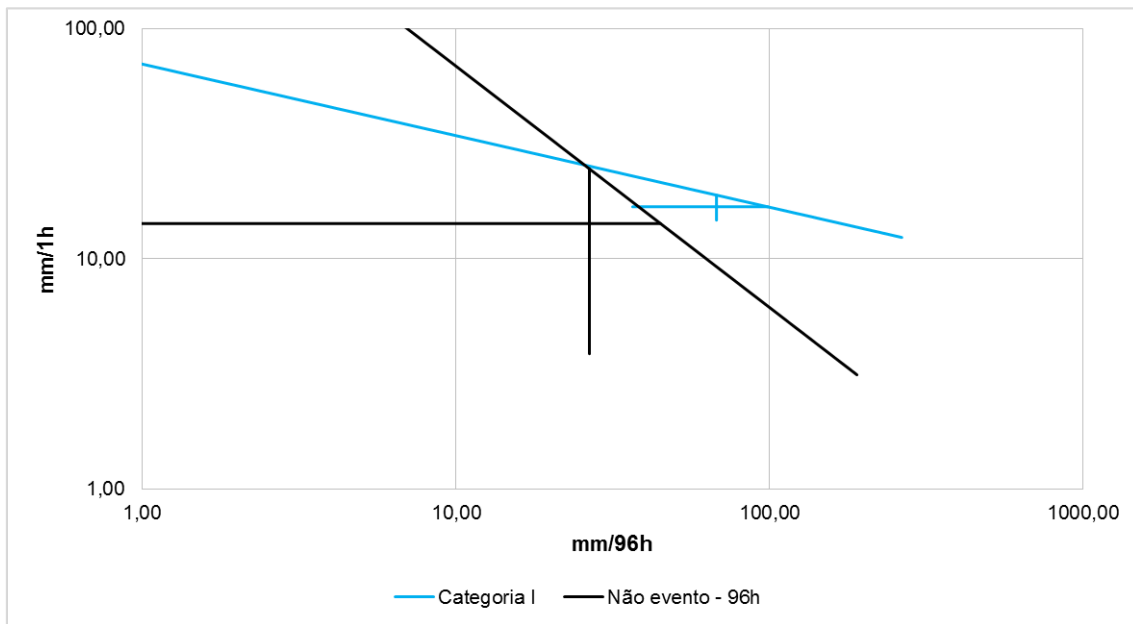


Figura 11.3 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Bangu (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para nova classificação de EPS

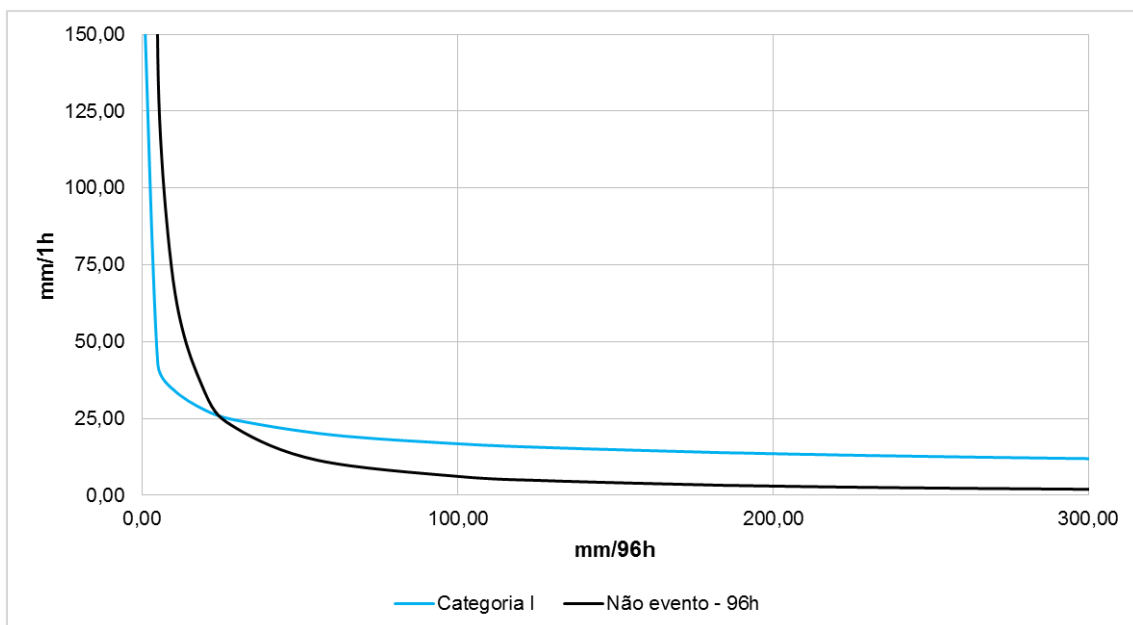


Figura 11.4 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Bangu (Média e desvios padrão) em escala natural para nova classificação de EPS

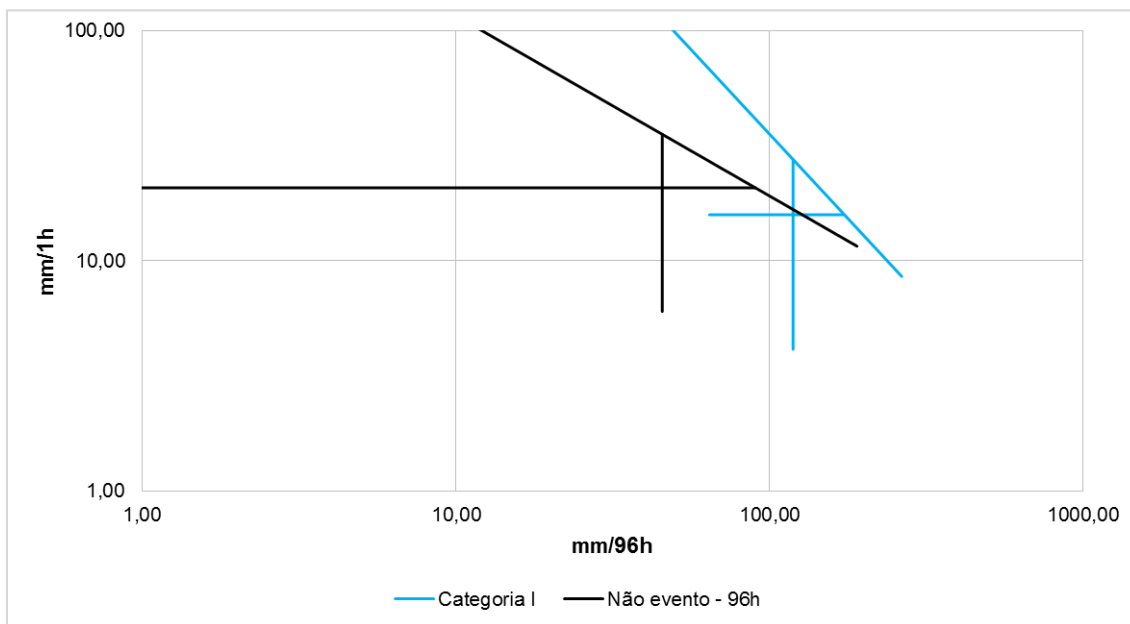


Figura 11.5 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Barra/Recreio (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para nova classificação de EPS

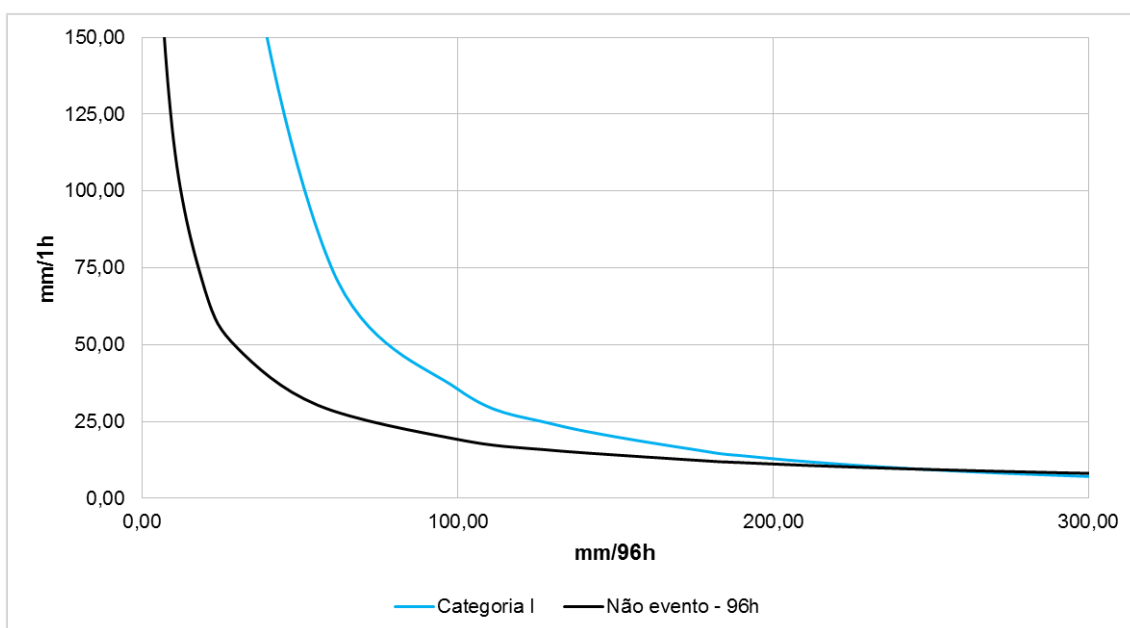


Figura 11.6 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Barra/Recreio (Média e desvios padrão) em escala natural para nova classificação de EPS

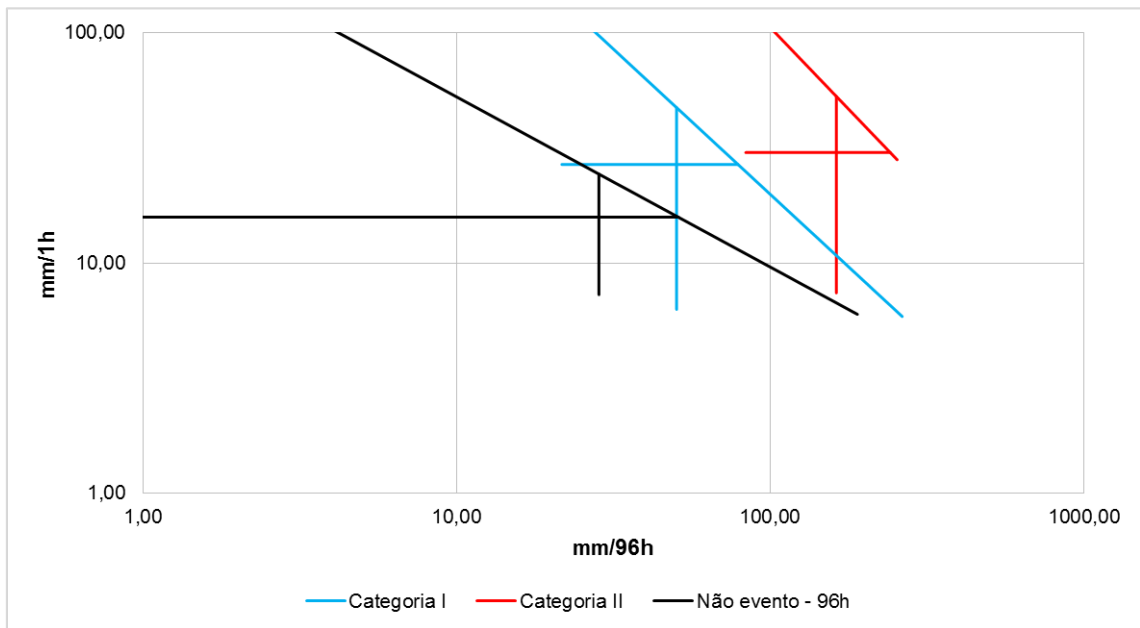


Figura 11.7 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Centro (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para nova classificação de EPS

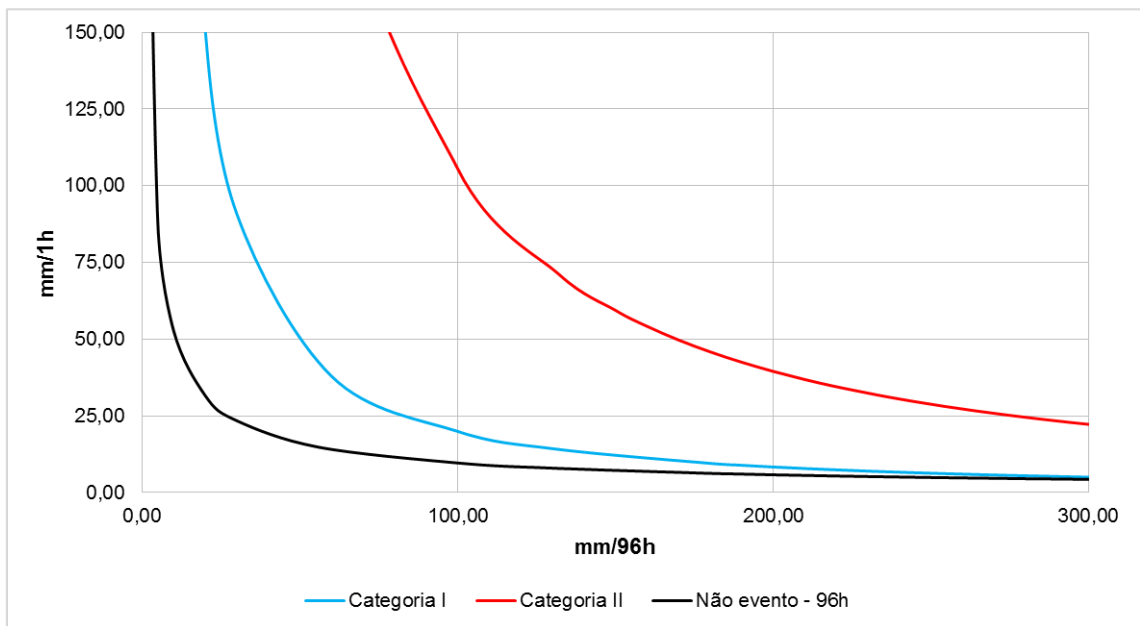


Figura 11.8 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Centro (Média e desvios padrão) em escala natural para nova classificação de EPS

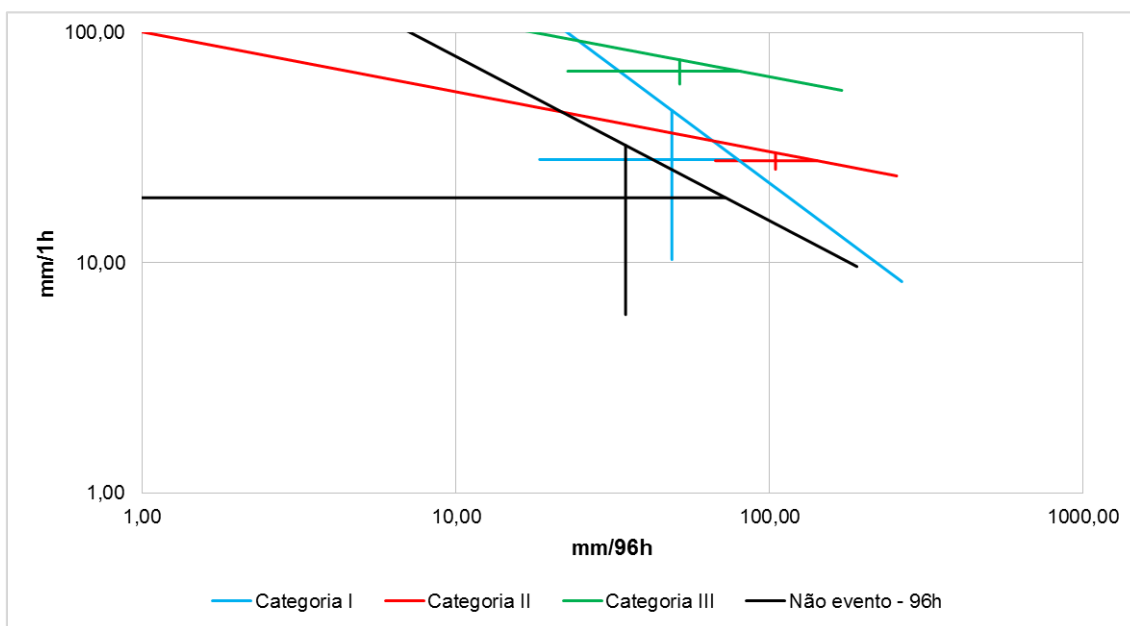


Figura 11.9 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Méier (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para nova classificação de EPS

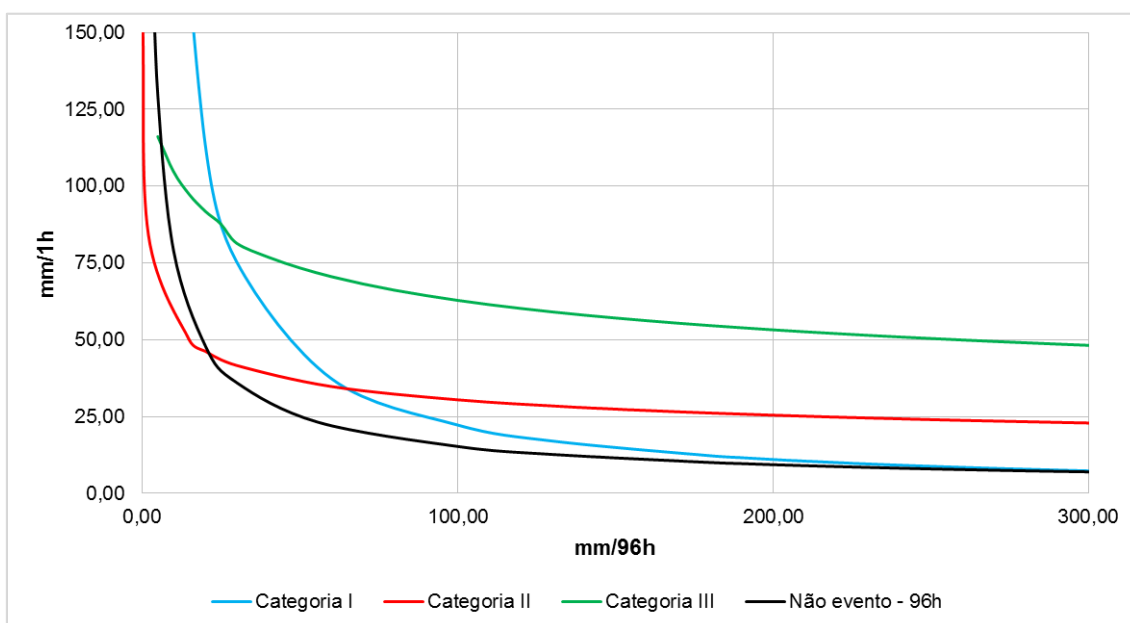


Figura 11.10 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Méier (Média e desvios padrão) em escala natural para nova classificação de EPS

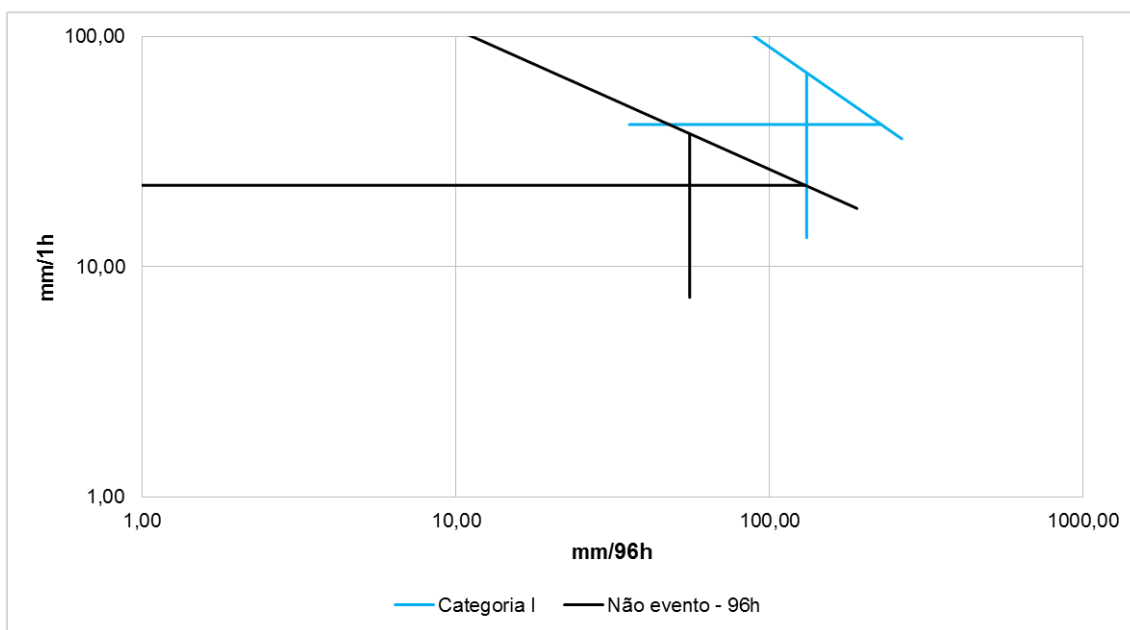


Figura 11.11 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Tijuca (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para nova classificação de EPS

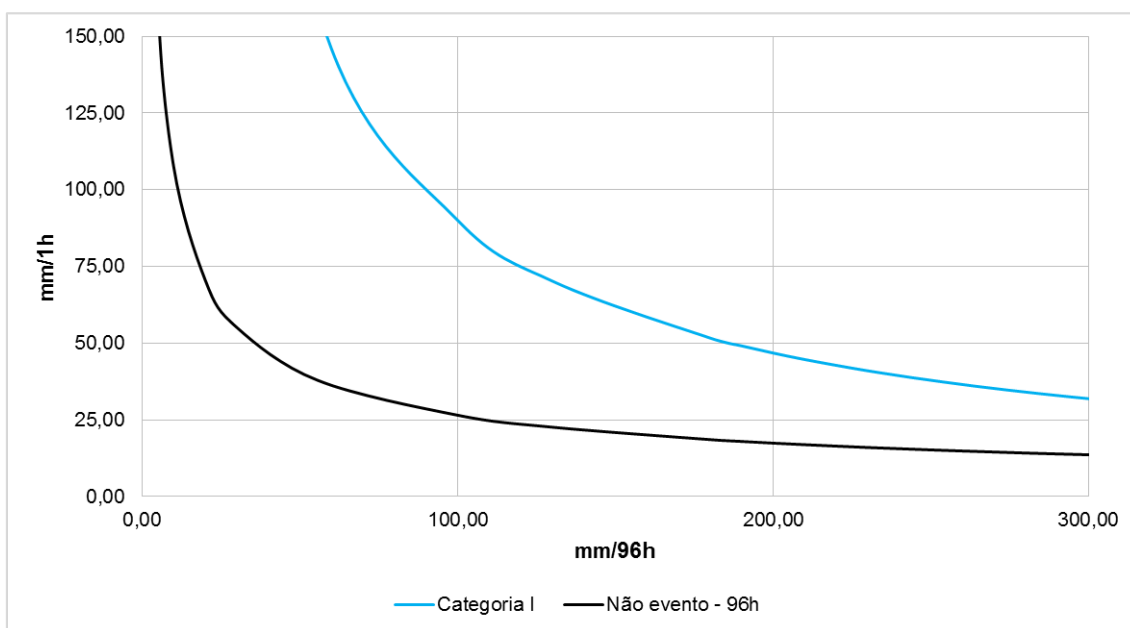


Figura 11.12 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Grande Tijuca (Média e desvios padrão) em escala natural para nova classificação de EPS

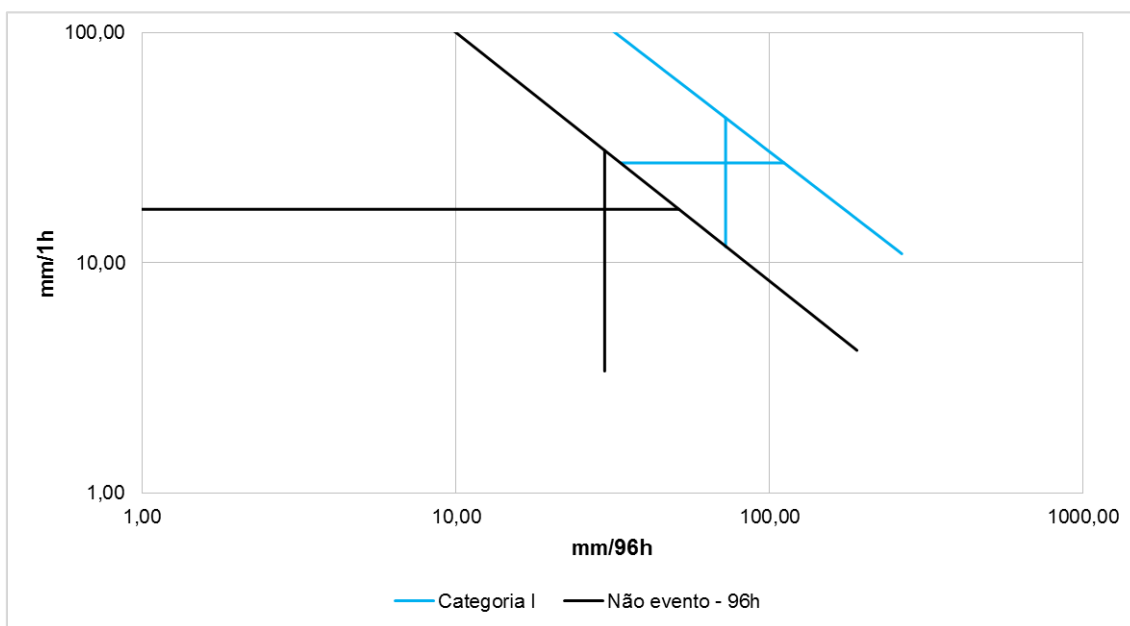


Figura 11.13 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Ilha do Governador (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para nova classificação de EPS

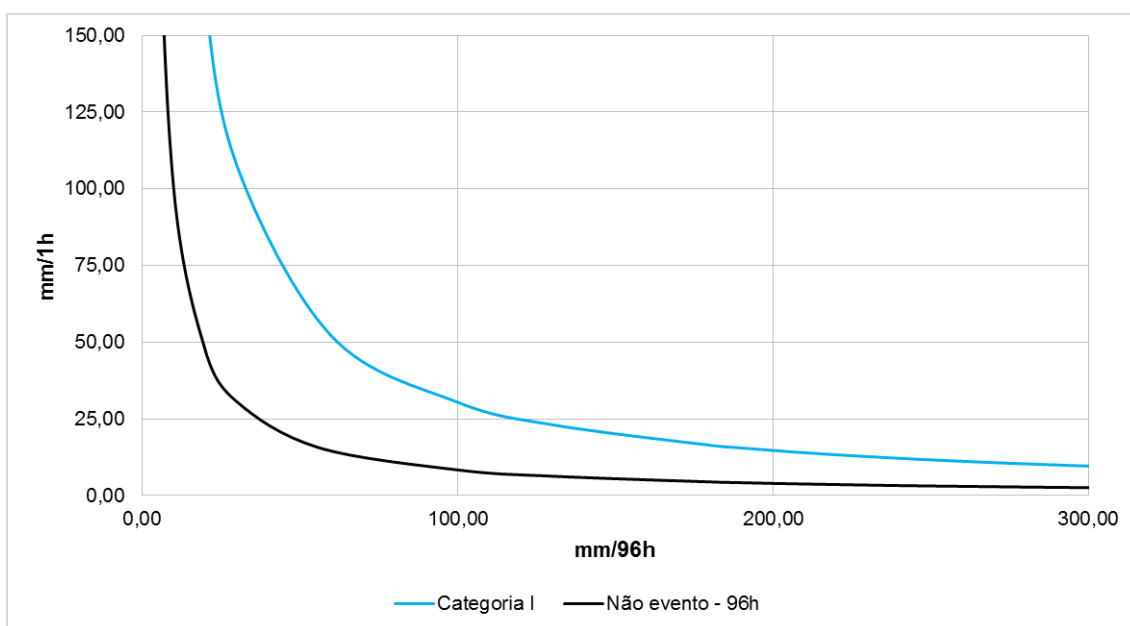


Figura 11.14 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Ilha do Governador (Média e desvios padrão) em escala natural para nova classificação de EPS

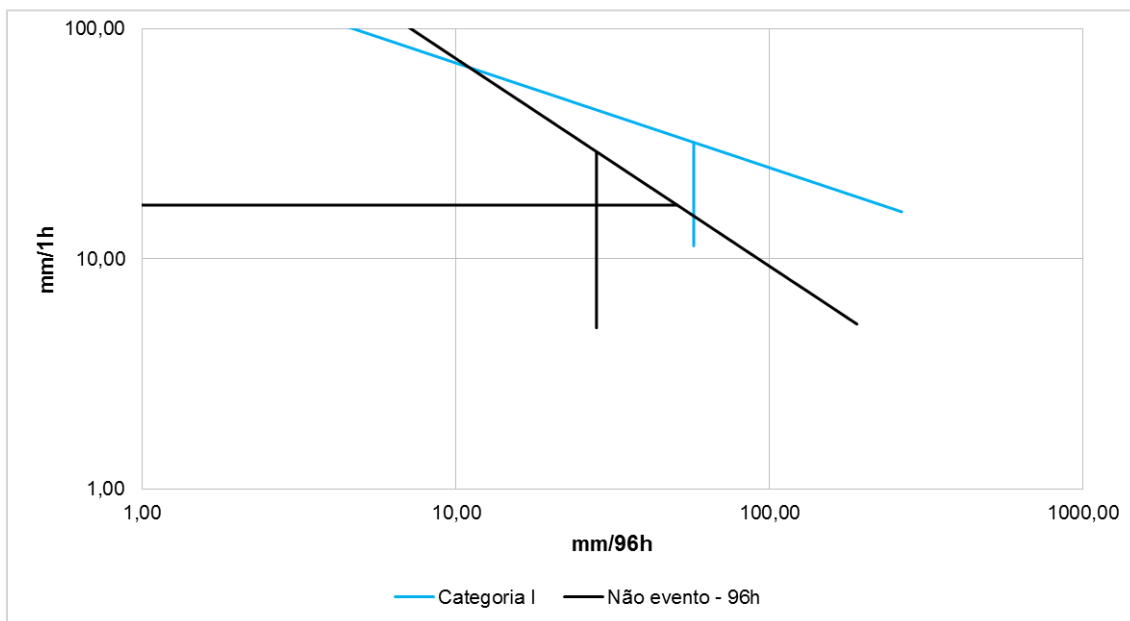


Figura 11.15 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Jacarepaguá (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para nova classificação de EPS

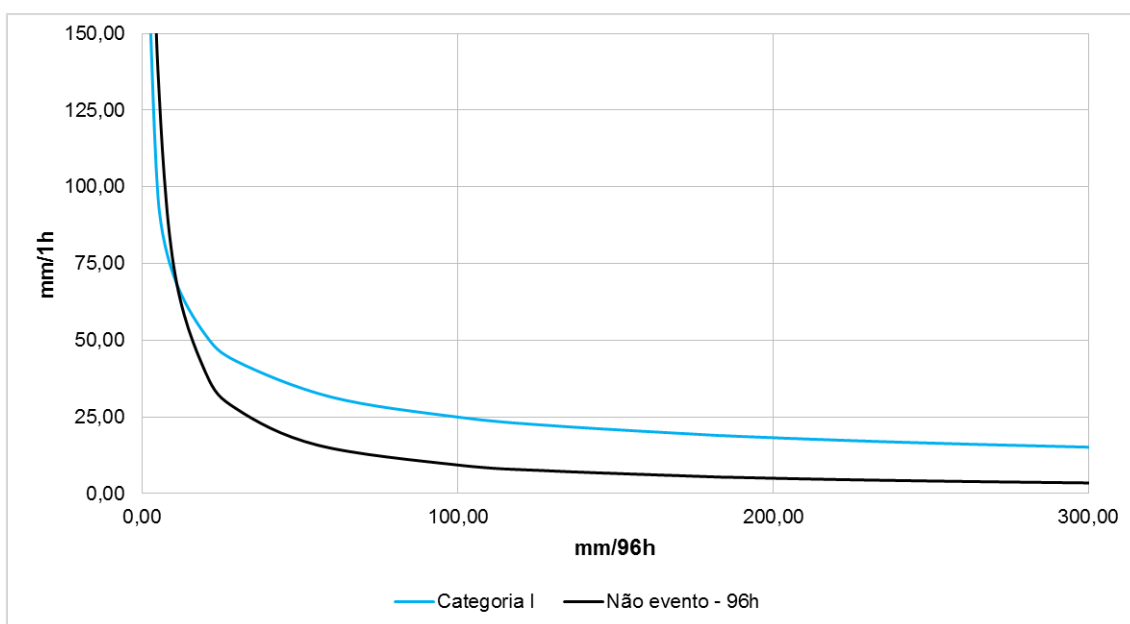


Figura 11.16 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Jacarepaguá (Média e desvios padrão) em escala natural para nova classificação de EPS

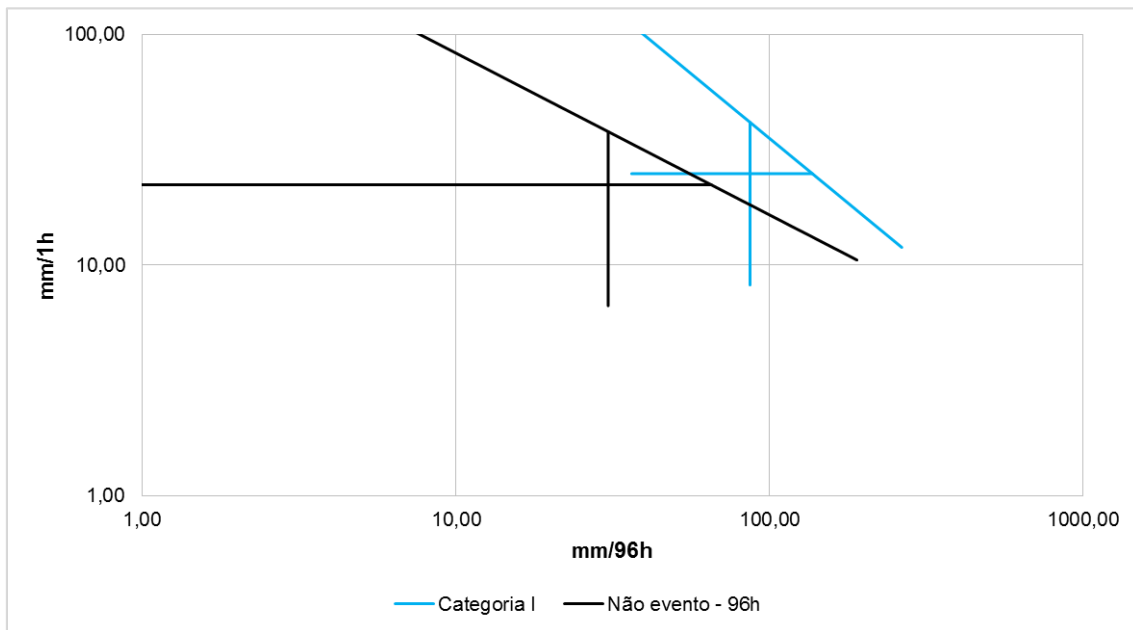


Figura 11.17 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Sul (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para nova classificação de EPS

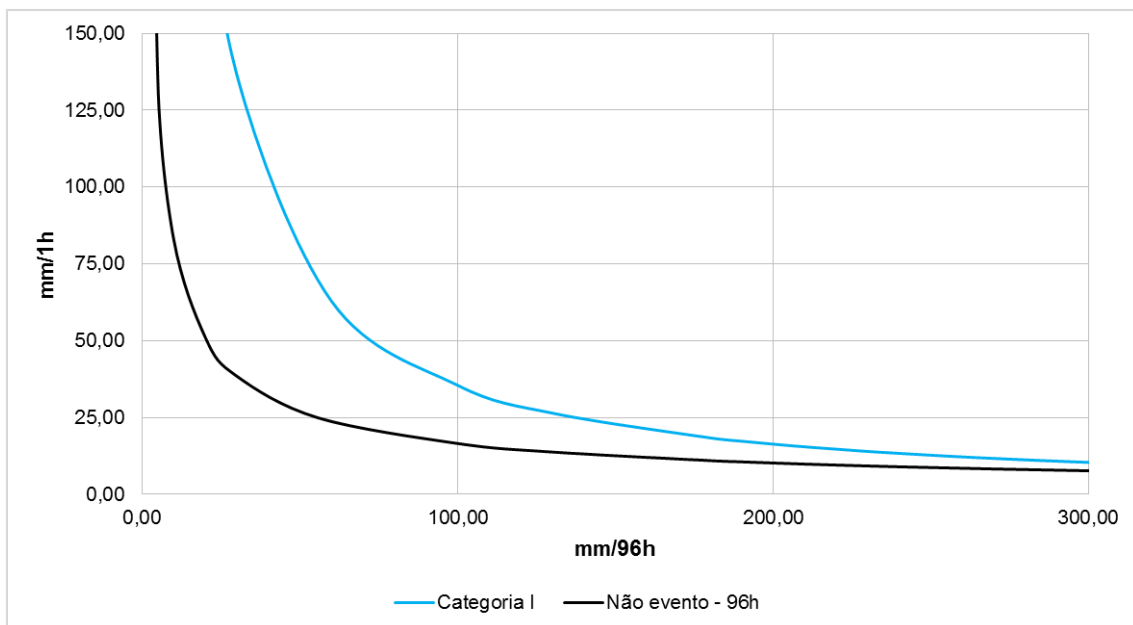


Figura 11.18 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Sul (Média e desvios padrão) em escala natural para nova classificação de EPS

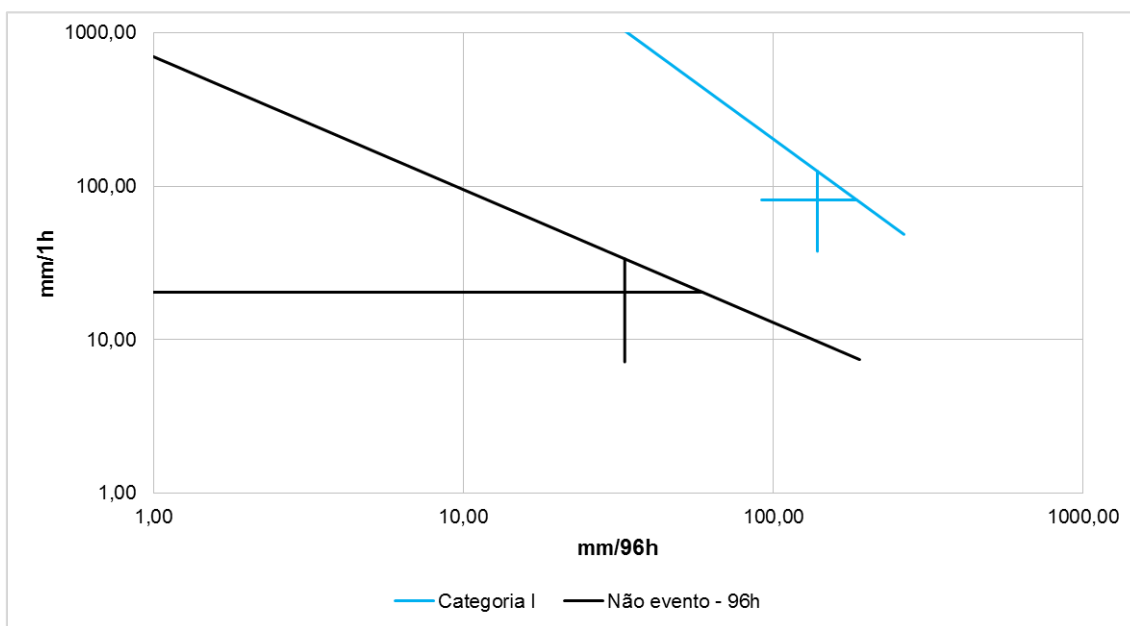


Figura 11.19 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Oeste (Média e desvios padrão) em escala logarítmica para nova classificação de EPS

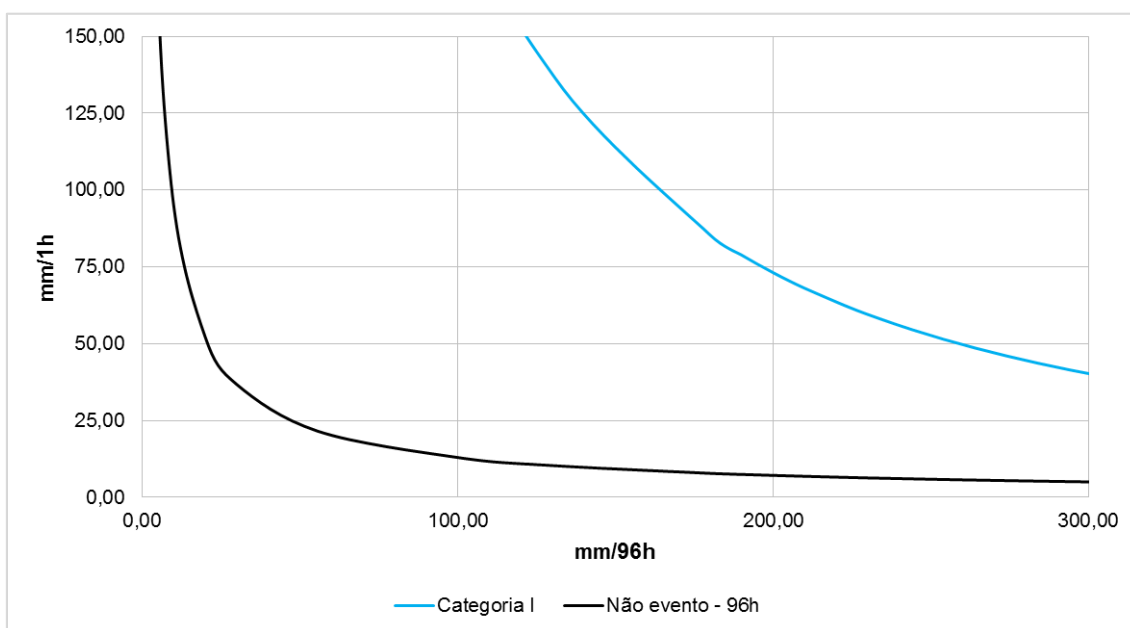


Figura 11.20 – Acumulado de 96hs (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para EPS ocorridos na sub-região Zona Oeste (Média e desvios padrão) em escala natural para nova classificação de EPS

12. ANEXO F - GRÁFICOS DA CORRELAÇÃO IA^N

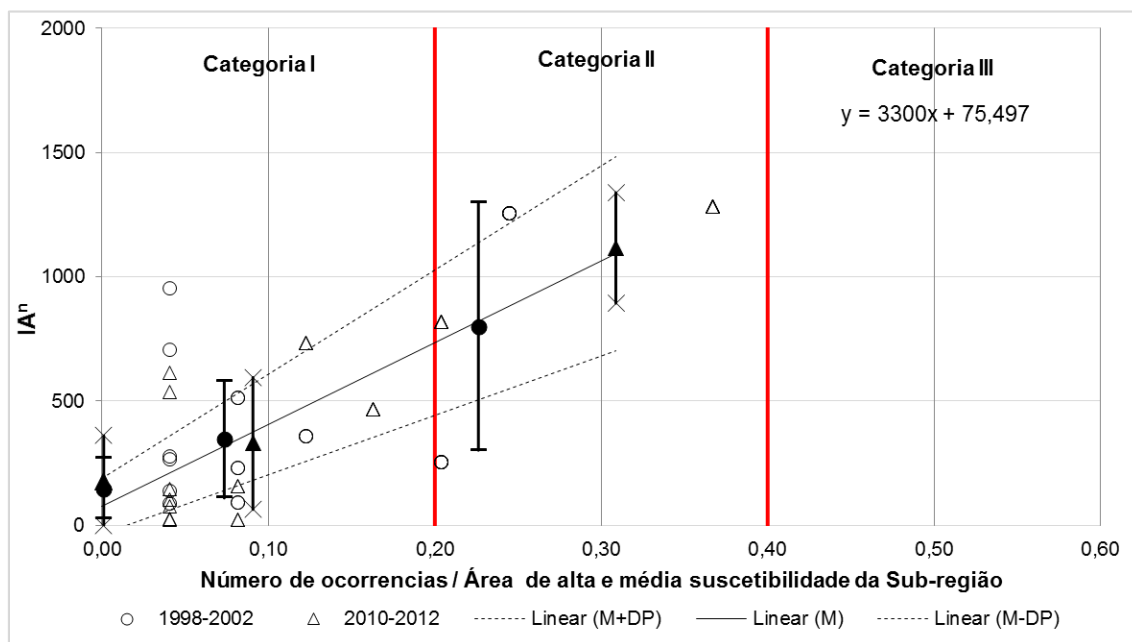


Figura 12.1 – Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA^N (96hs) da sub-região de Anchieta/Irajá, acumulados de 96h para 1998-2002 e 2010-2012

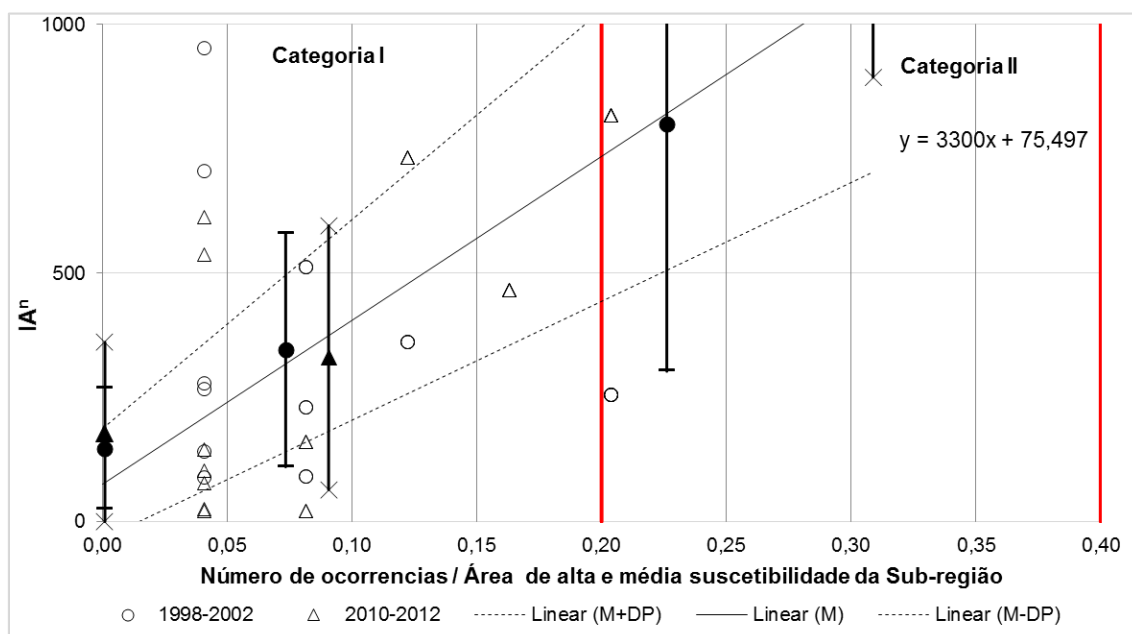


Figura 12.2 – Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA^N (96hs) da sub-região de Anchieta/Irajá, acumulados de 96h (Escala ampliada) para 1998-2002 e 2010-2012

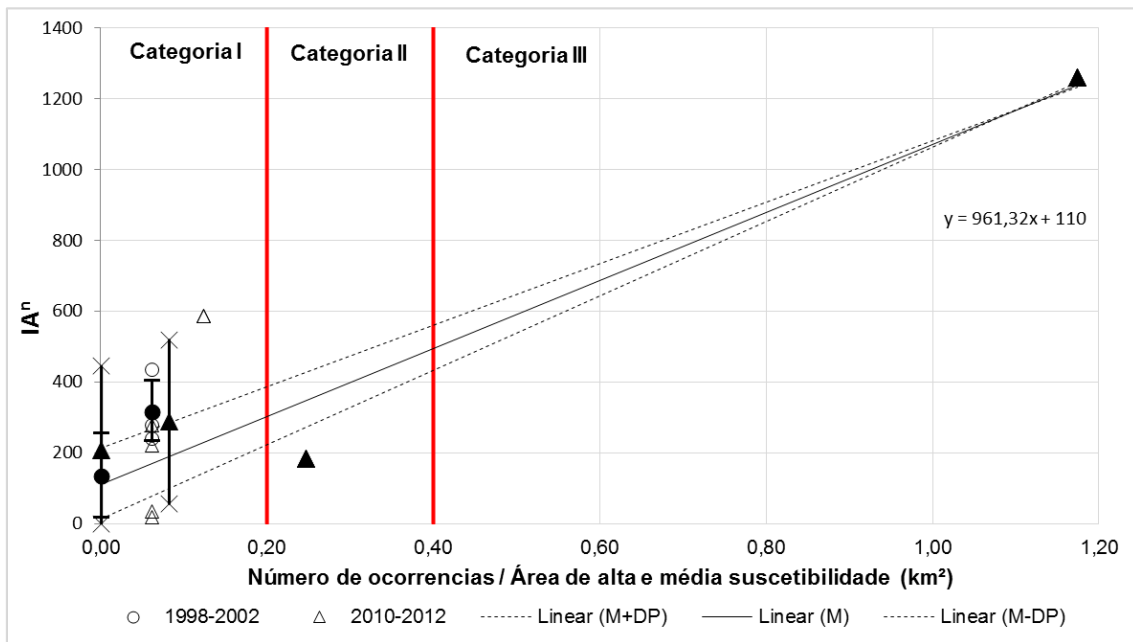


Figura 12.3 – Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA^n (96hs) da sub-região de Bangu, acumulados de 96h para 1998-2002 e 2010-2012

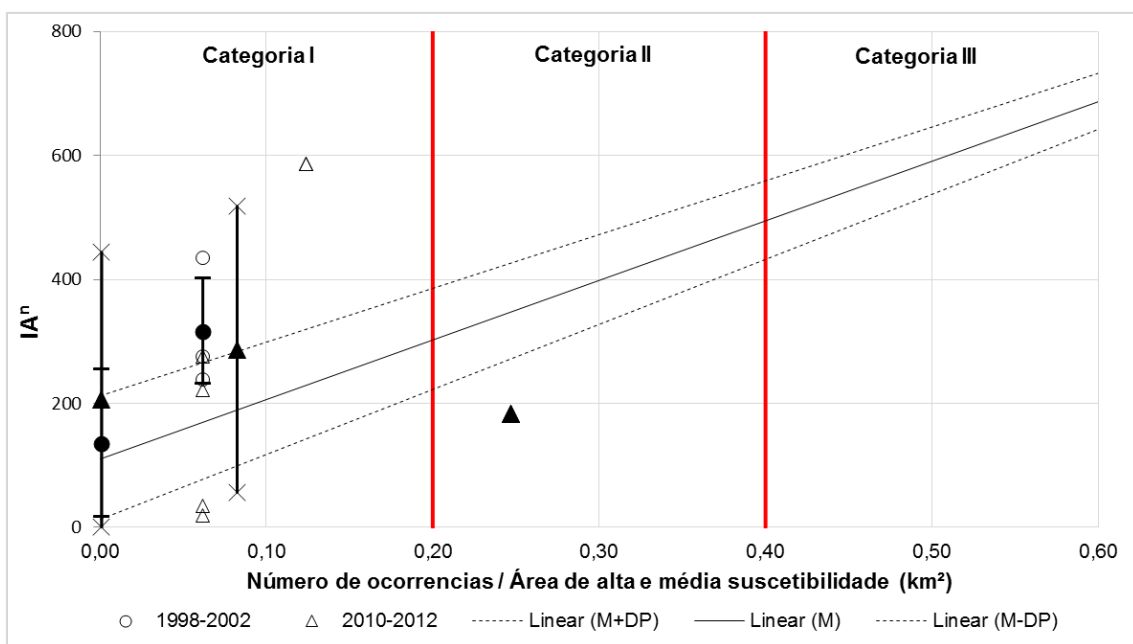


Figura 12.4 - Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA^n (96hs) da sub-região de Bangu, acumulados de 96h (Escala ampliada) para 1998-2002 e 2010-2012

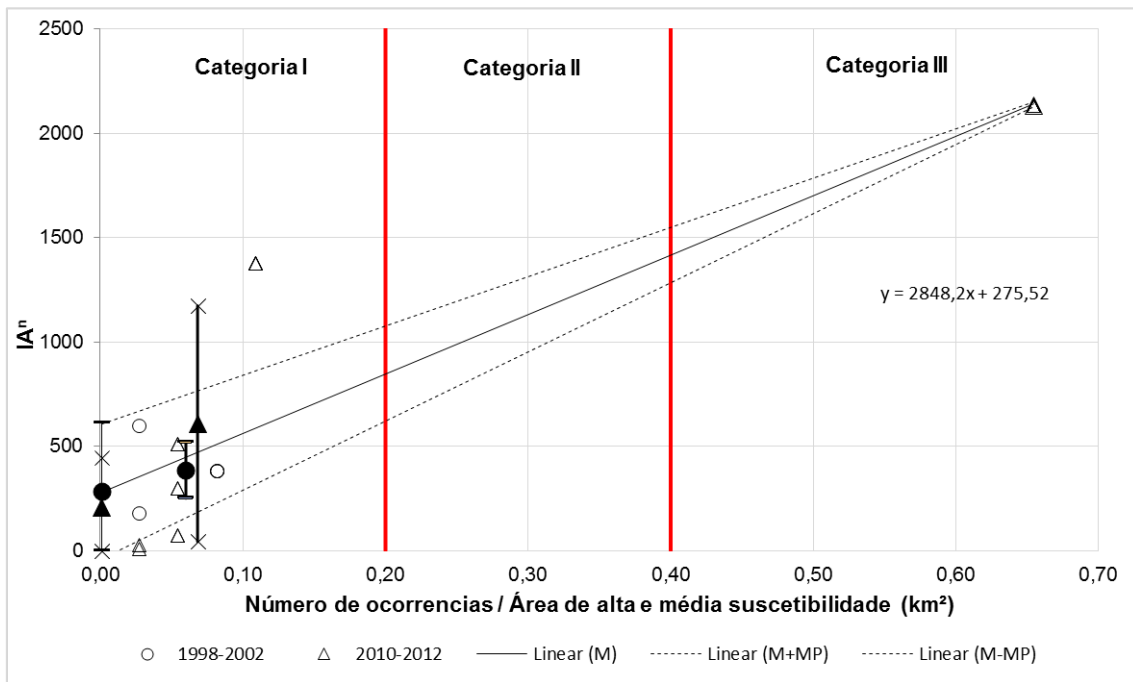


Figura 12.5 – Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA^n (96hs) da sub-região de Barra/Recreio, acumulados de 96h para 1998-2002 e 2010-2012

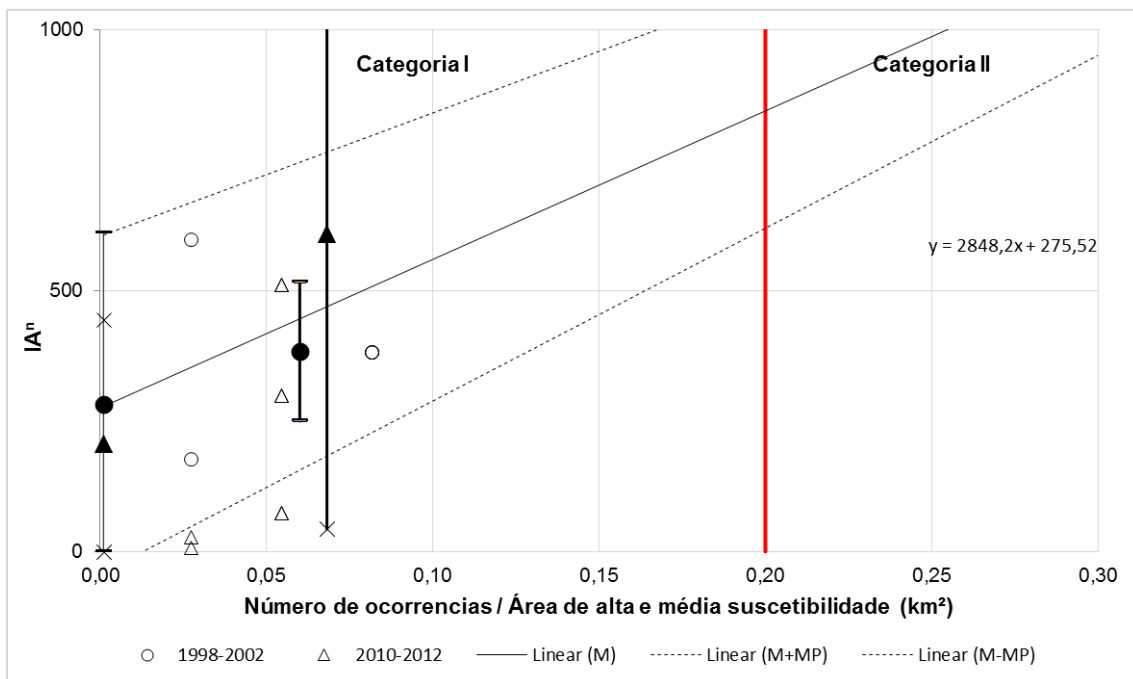


Figura 12.6 - Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA^n (96hs) da sub-região de Barra/Recreio, acumulados de 96h (Escala ampliada) para 1998-2002 e 2010-2012

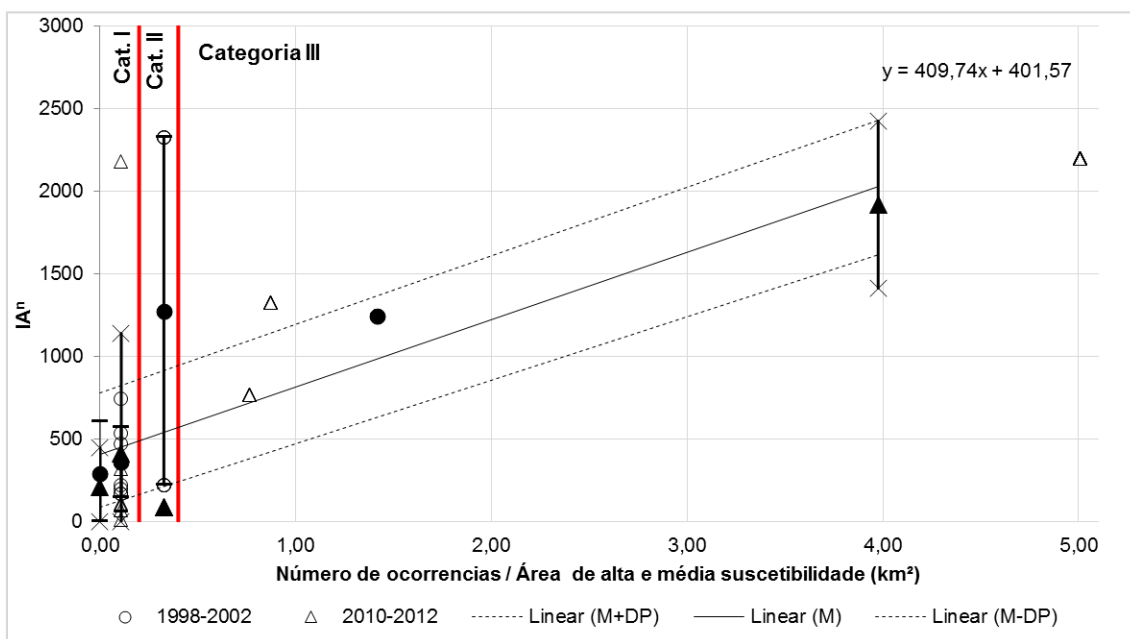


Figura 12.7 – Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA^n (96hs) da sub-região de Centro, acumulados de 96h para 1998-2002 e 2010-2012

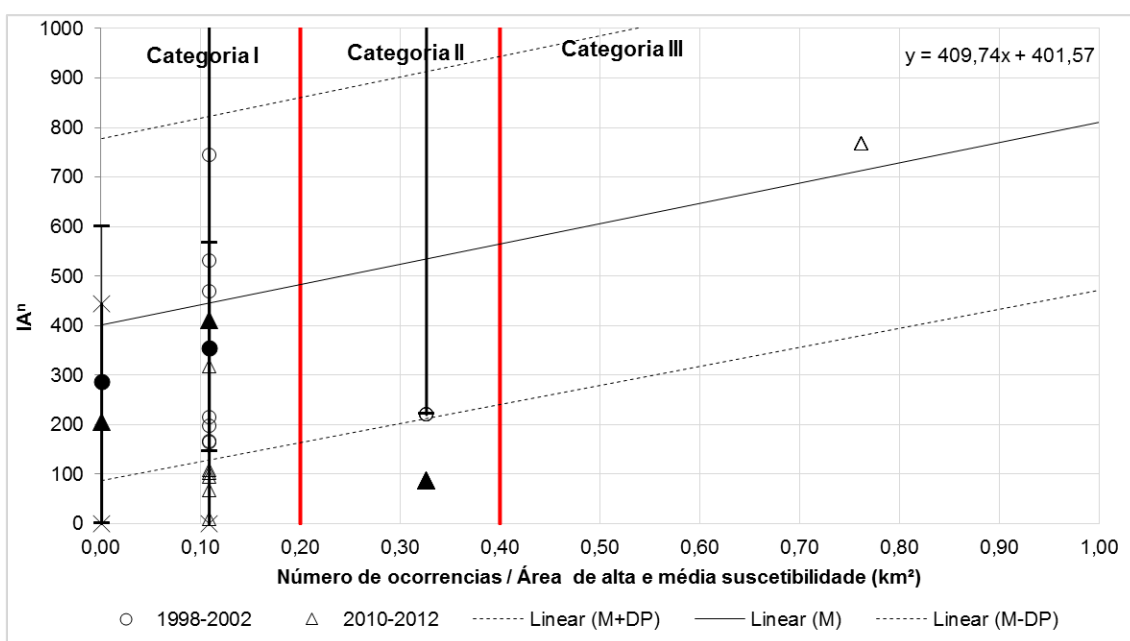


Figura 12.8 - Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA^n (96hs) da sub-região de Centro, acumulados de 96h (Escala ampliada) para 1998-2002 e 2010-2012

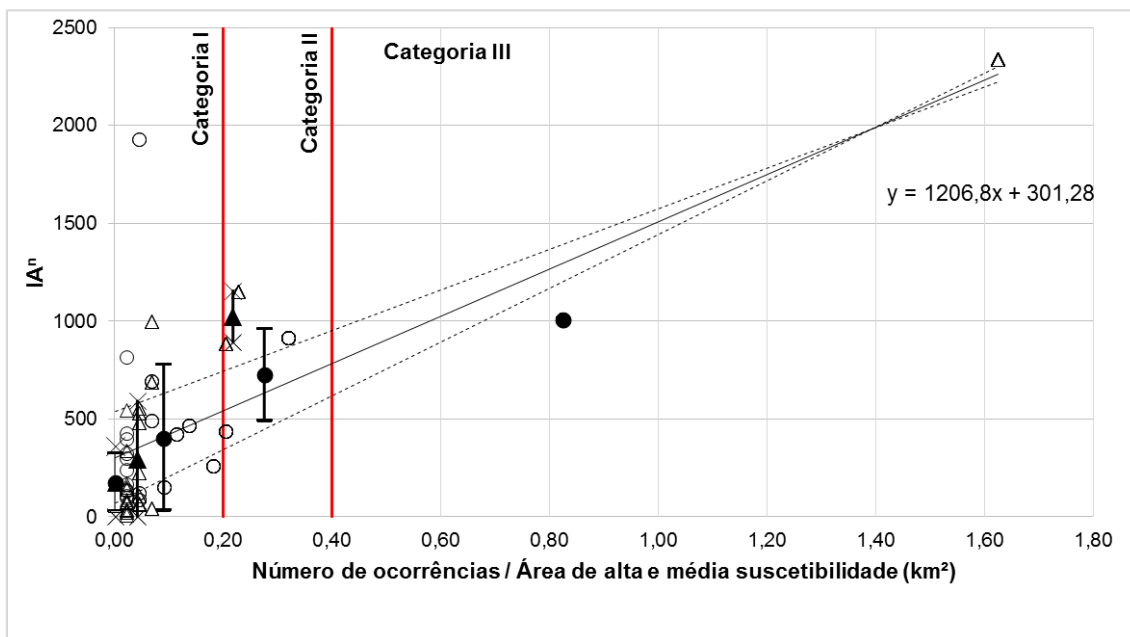


Figura 12.9 – Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA^n (96hs) da sub-região de Grande Méier, acumulados de 96h para 1998-2002 e 2010-2012

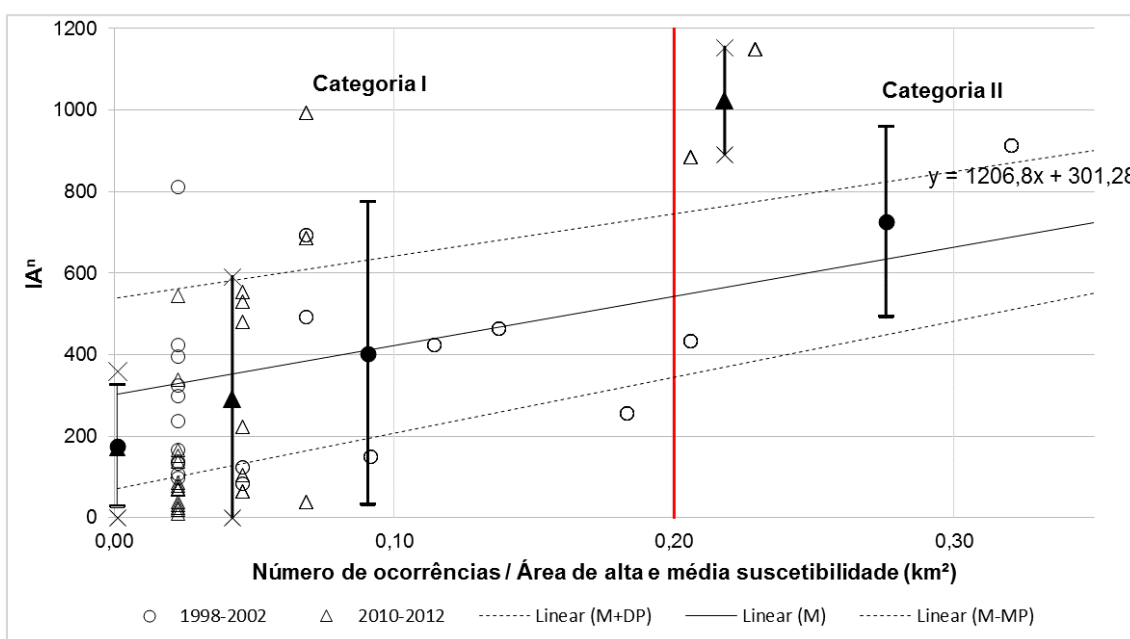


Figura 12.10 - Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA^n (96hs) da sub-região de Grande Méier, acumulados de 96h (Escala ampliada) para 1998-2002 e 2010-2012

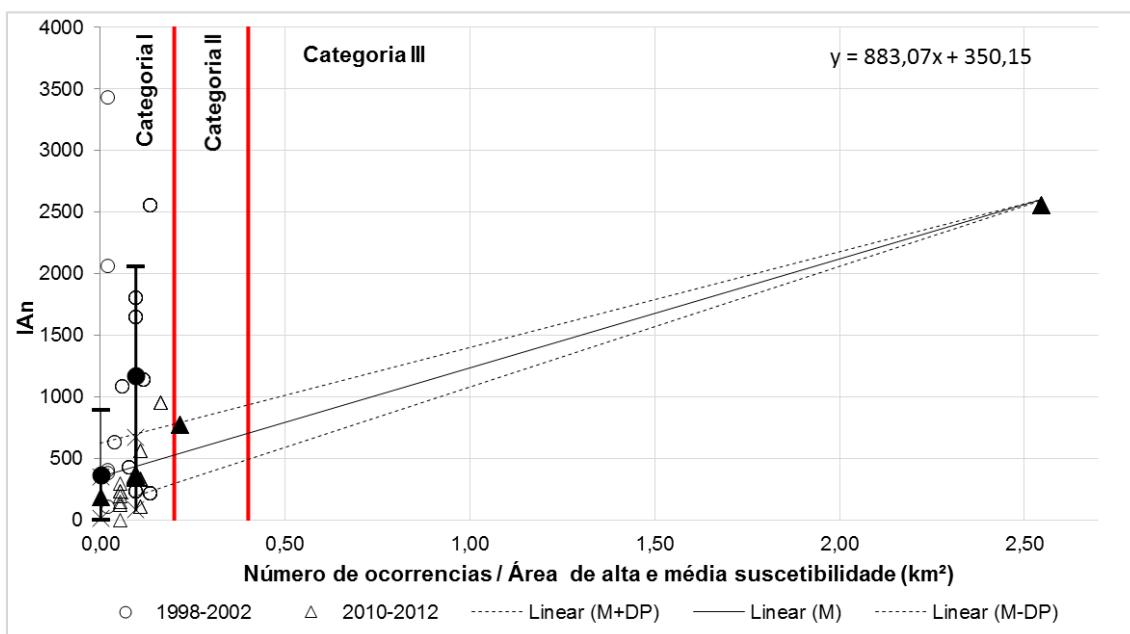


Figura 12.11 – Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA^n (96hs) da sub-região de Grande Tijuca, acumulados de 96h para 1998-2002 e 2010-2012

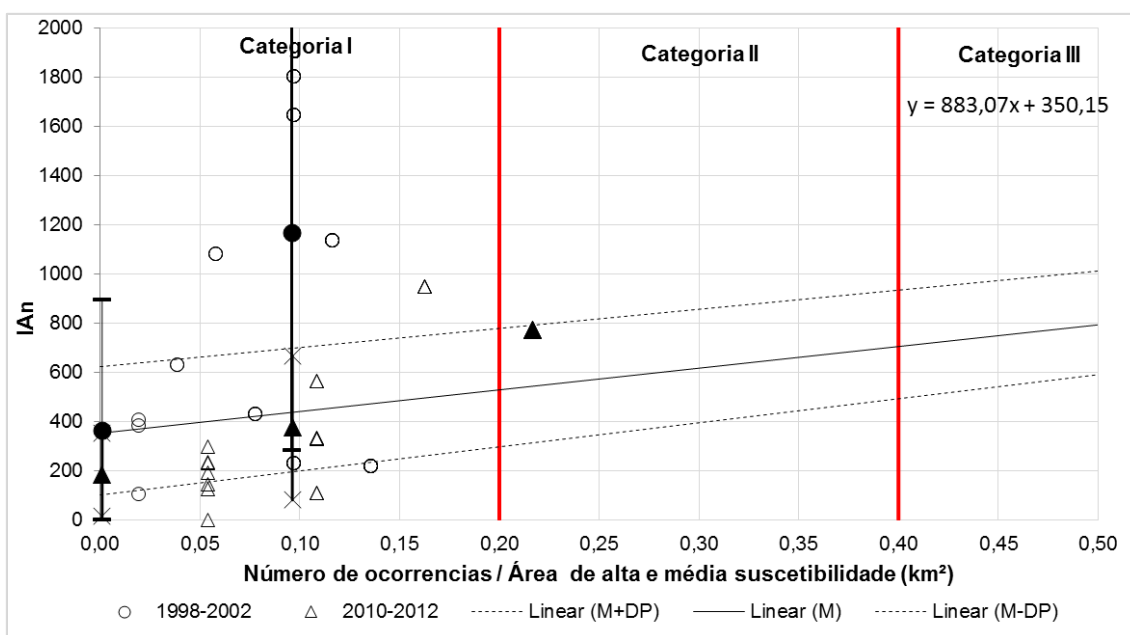


Figura 12.12 – Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA^n (96hs) da sub-região de Grande Tijuca, acumulados de 96h (Escala ampliada) para 1998-2002 e 2010-2012

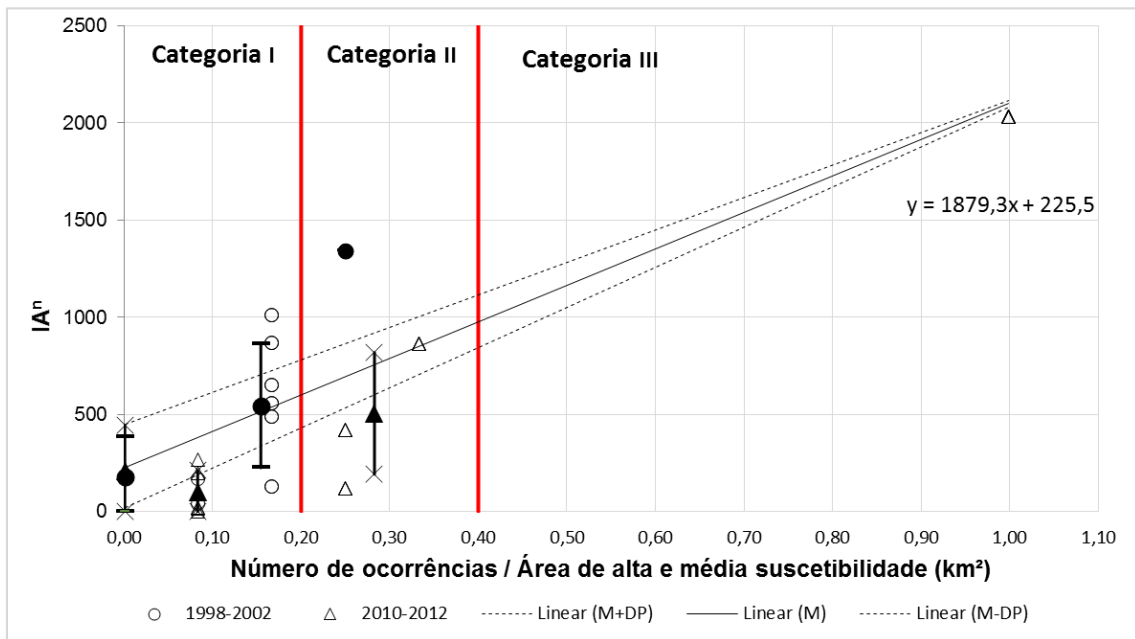


Figura 12.13 – Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA^n (96hs) da sub-região de Ilha do Governador, acumulados de 96h para 1998-2002 e 2010-2012

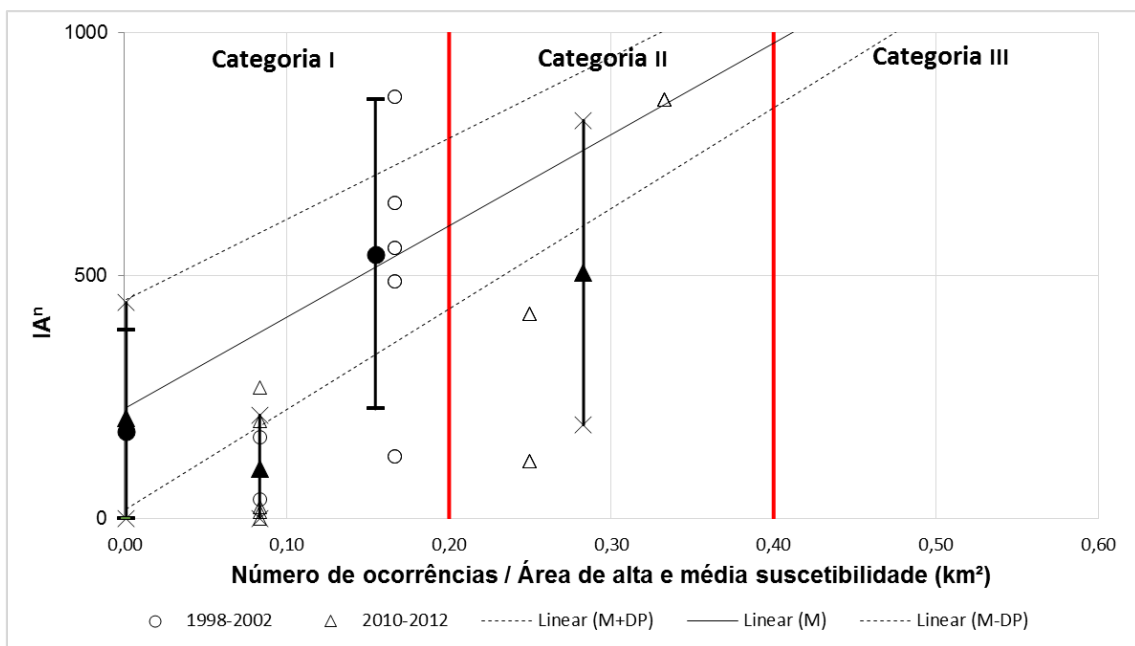


Figura 12.14 – Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA^n (96hs) da sub-região de Ilha do Governador, acumulados de 96h (Escala ampliada) para 1998-2002 e 2010-2012

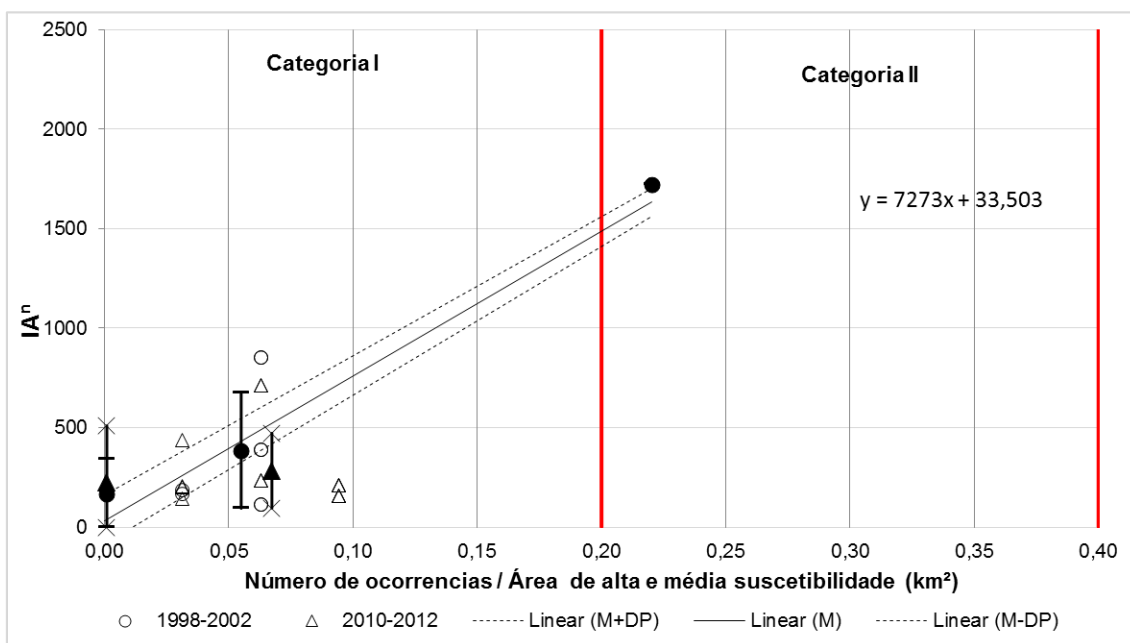


Figura 12.15 – Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA^n (96hs) da sub-região de Jacarepaguá, acumulados de 96h para 1998-2002 e 2010-2012

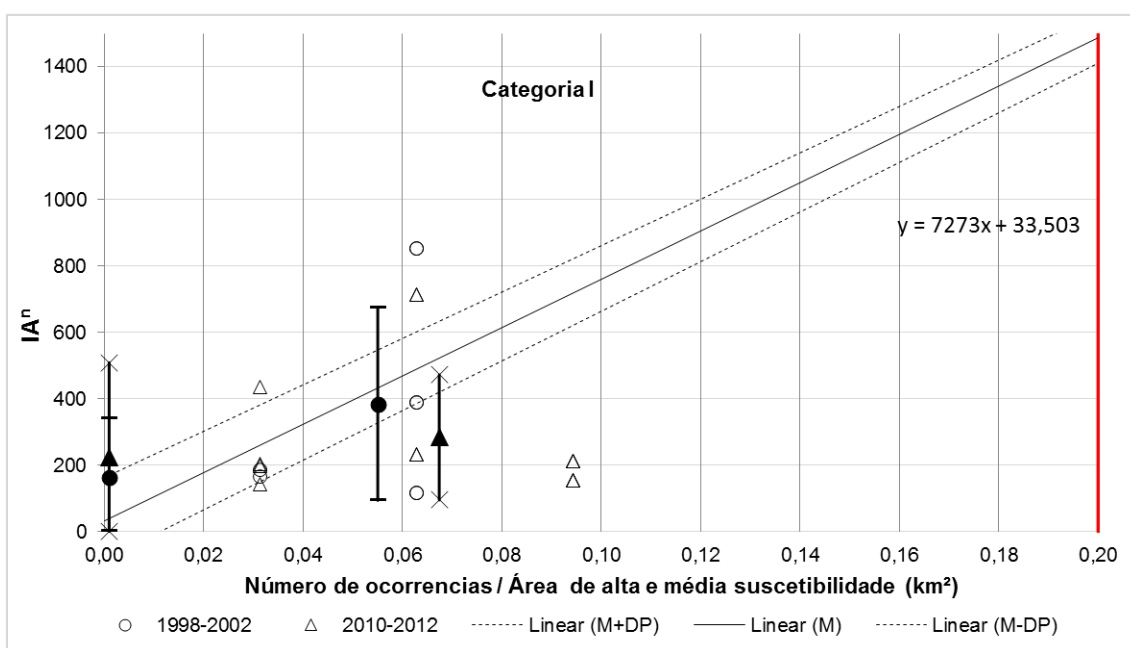


Figura 12.16 – Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA^n (96hs) da sub-região de Jacarepaguá, acumulados de 96h (Escala ampliada) para 1998-2002 e 2010-2012

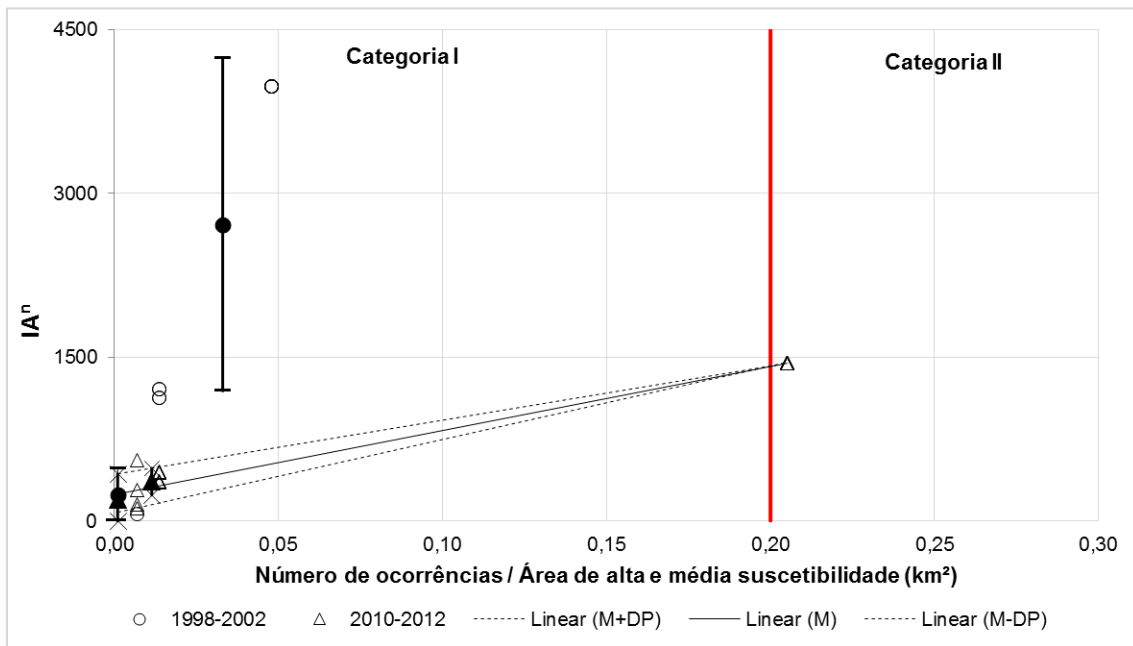


Figura 12.17 – Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA^n (96hs) da sub-região de Zona Oeste, acumulados de 96h para 1998-2002 e 2010-2012

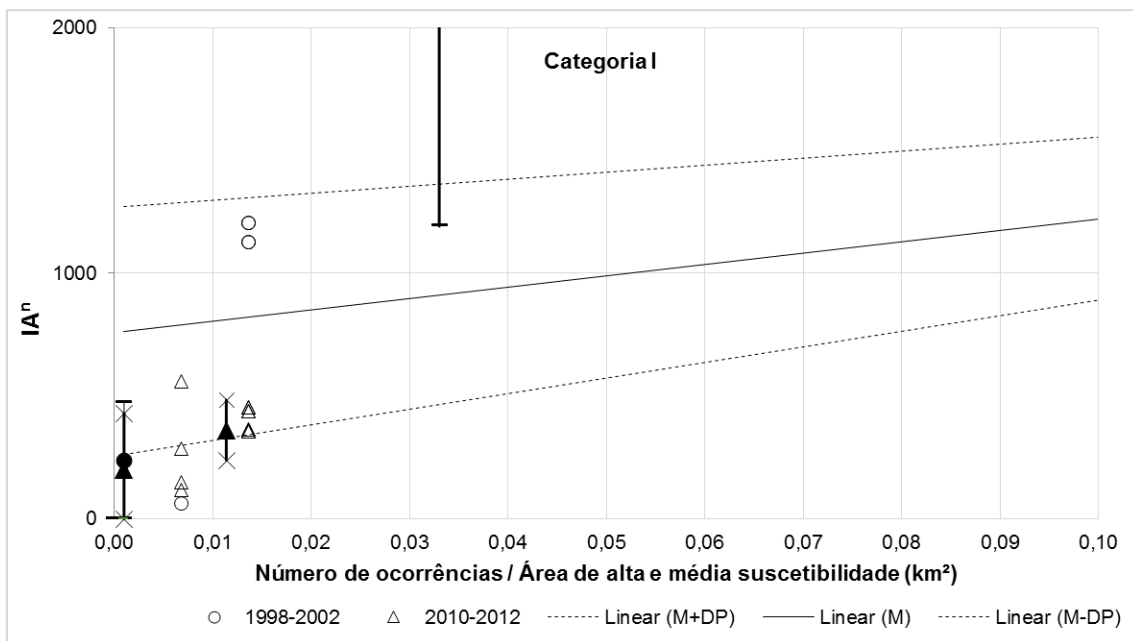


Figura 12.18 - Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA^n (96hs) da sub-região de Zona Oeste, acumulados de 96h (Escala ampliada) para 1998-2002 e 2010-2012

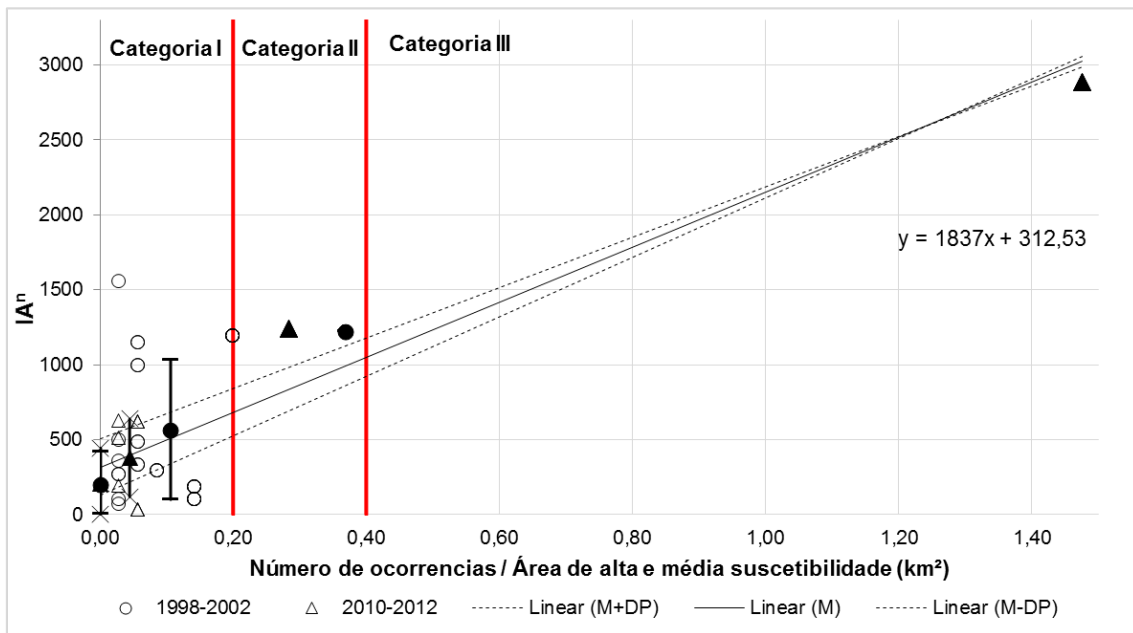


Figura 12.19 – Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA^n (96hs) da sub-região de Zona Sul, acumulados de 96h para 1998-2002 e 2010-2012

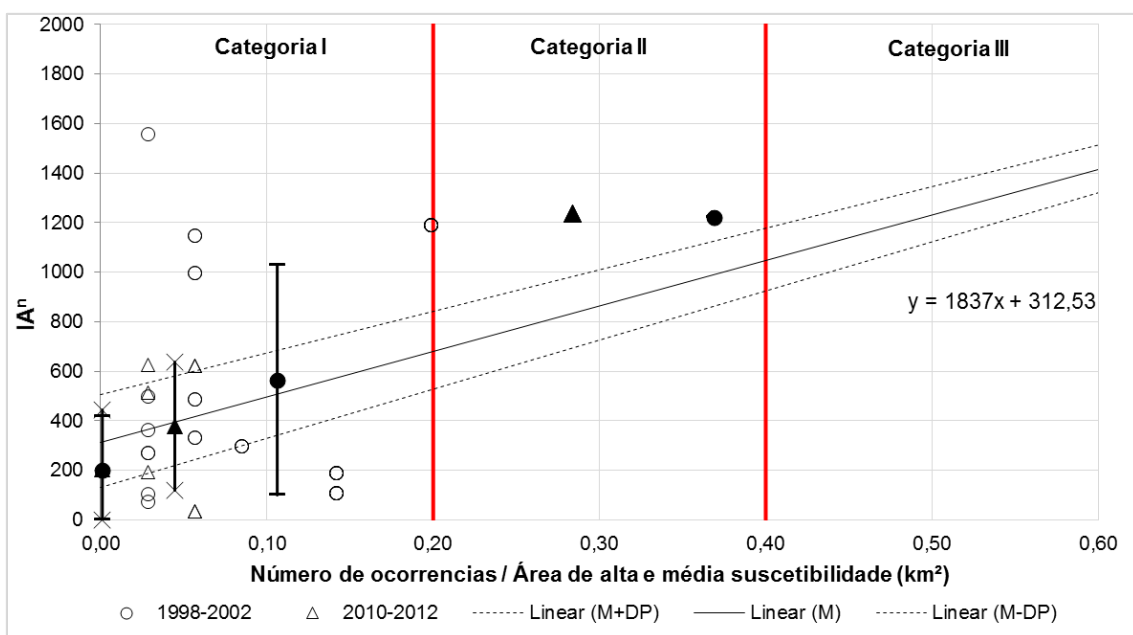


Figura 12.20 – Número de ocorrência/área de suscetibilidade versus IA^n (96hs) da sub-região de Centro e Grande Méier, acumulados de 96h (Escala ampliada) para 1998-2002 e 2010-2012

13. ANEXO G – LAUDO PADRÃO GEO-RIO



PREFEITURA
DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO
Secretaria Municipal de Obras e Conservação
Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro
Campo de São Cristóvão, 268 – 1º e 3º andares – São Cristóvão.
Telefone: 3878-7878 Fax: 3878-7850 E-mail: georio@rio.rj.gov.br



LAUDO DE VISTORIA GEO RIO N.º:

1 – LOCAL:

RA:

AP:

Favela:

Setor:

1.1 – PONTO DE REFERÊNCIA:

1.2 – Coordenadas UTM:

2 – DATA DO PEDIDO:

DATA DA VISTORIA:

3 – ORIGEM/MOTIVO DO PEDIDO:

4 – SOLICITANTE:

Tel.:

5 – TIPO DE OCORRÊNCIA:

☐ Ocorrência Geotécnica

☐ Possibilidade de Ocorrência

Data: 29/12/2009 Hora: _____

6 – ASPECTOS REGIONAIS

6.1 – Tipo de ocupação:

☒ Favela

☐ Área urbana estruturada

☐ Área de preservação ambiental

☐ Área não ocupada

☐ Loteamento irregular

☐ Interface de favela

☐ Outras: _____

6.1.2 - Densidade Ocupacional:

☐ Alta

☒ Média

☐ Baixa

6.2 - Tipo de Vegetação:

☐ Arbórea

☐ Arbustiva

☐ Rasteira

☒ Nenhuma

6.2.1 – Densidade:

☐ Alta

☐ Média

☐ Esparsa

6.3 – Drenagem:

☐ Natural

☐ Construída

☒ Inexistente

6.3.1 – Condições:

☐ Satisfatória

☐ Insuficiente

☐ Obstruída

☐ Danificada

6.4 – Relevo

☐ Escarpado

☒ Montanhoso

☐ Ondulado

☐ Suave

6.4.1 – Perfil da encosta

☐ Côncavo

☐ Convexo

☐ Retilíneo

7 – CARACTERÍSTICAS LOCAIS

7.1 – Sítio vistoriado:

☐ Encosta natural

☒ Talude de corte

☐ Talude de aterro

☐ Talvegue

☐ Escavação

☐ Extração mineral

☐ Outros: _____

7.2 – Geometria:

Altura (m): 4

Largura (m): 10

Inclinação (°): 50

7.3 – Obras de contenção:

☒ Sim

☐ Pública

☒ Privada

☐ Não

7.4 - Condições de umidade:

☐ Seco

☒ Úmido

☐ Saturado

☐ Com surgência

☐ Tubulação rompida

7.5 – Natureza do Material

☐ Rocha

☐ Fraturada

☐ Sem fraturas

☒ Solo

☐ Com trincas

☐ Sem trincas

Espessura estimada (m):

☐ Bloco

Tipo de apoio:

Forma:

Volume:

☐ Tálus

☐ Lascas

☐ Aterro

☐ Entulho

☐ Lixo

Figura 13.1 – Laudo padrão GEO-RIO folha 1/2

8 – CARACTERÍSTICAS DA OCORRÊNCIA OU SITUAÇÃO

8.1 – Situação ☒ Possibilidade de ocorrência <u>com</u> atingimento de moradias, prédios ou bens públicos. ☐ Possibilidade de ocorrência <u>sem</u> atingimento de moradias prédios ou bens públicos ☒ Ocorrência	8.1.1 – Grau de Risco ☒ Alto ☐ Médio ☐ Baixo ☐ Inexistente Volume (m³): 1	8.1.2 – Número de pessoas beneficiadas: 4 8.1.3 – Número de Interdições: 1 8.1.4 – N° de Solicitações para demolição:
8.2 – Tipologia da ocorrência ou da Possível ocorrência ☒ Escorregamento de solo ☐ Escorregamento de lixo ☐ Escorregamento de entulho ☐ Escorregamento de rocha ☐ Escorregamento de talus/colúvio ☐ Ruptura de talude corte ☐ Ruptura de talude aterro ☐ Ruptura de obras de contenção ☐ Deslocamento de blocos ou lascas ☐ Corridas de massa ☐ Processo erosivo ☐ Outros _____		8.3 – Superfície de deslizamento ☐ Sobre solo ☐ Sobre rocha ☐ Sem superfície definida 8.4 - Consequências ☐ Vítimas Fatais n° ☐ Vítimas não fatais ☐ Obstrução de vias ☒ Danos a bens particulares ☐ Danos a bens públicos ☐ Riscos para terceiros ☐ Sem danos

8.5 – Descrição da Ocorrência ou Situação

9 – PROVIDÊNCIAS:

10 – OBSERVAÇÕES GERAIS:

11 – RESPONSÁVEL PELA VISTORIA:

12 – ANEXOS: ☐ Fotos ☒ Croqui ☐ Outros

Rio de Janeiro, 04 de janeiro de 2010.

Visto em 07/012010

14. ANEXO H – GRÁFICOS PARA ACUMULADOS DE 24H, 96H E 720H

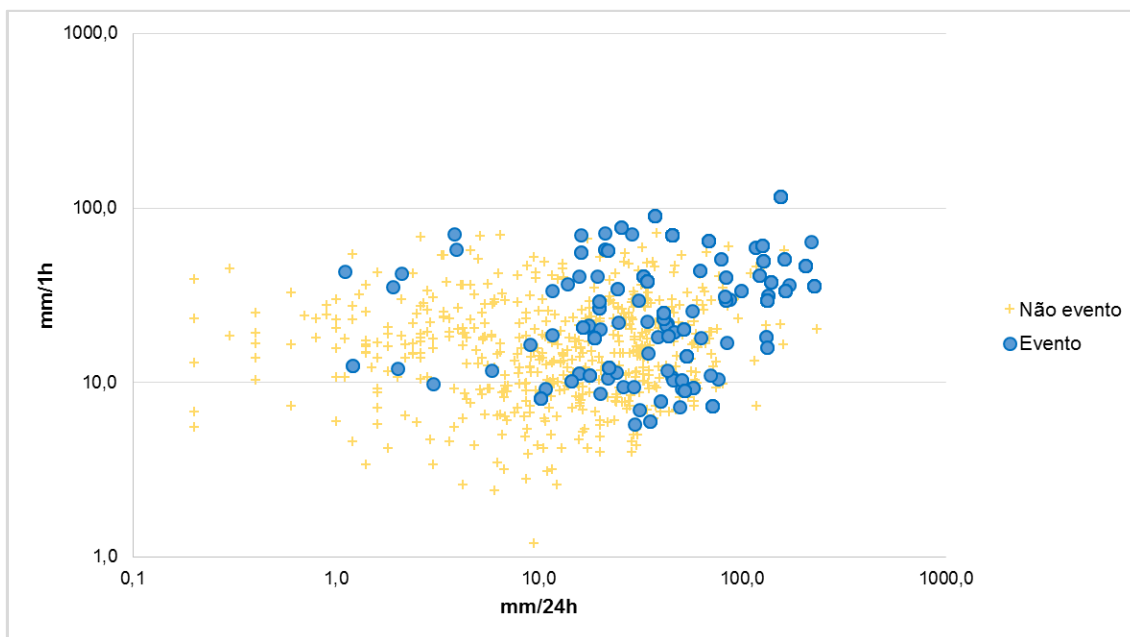


Figura 14.1 – Acumulado de 24h (mm/24h) versus intensidade horária (mm/1h) para categoria “Evento” e “Não evento” na cidade do Rio de Janeiro

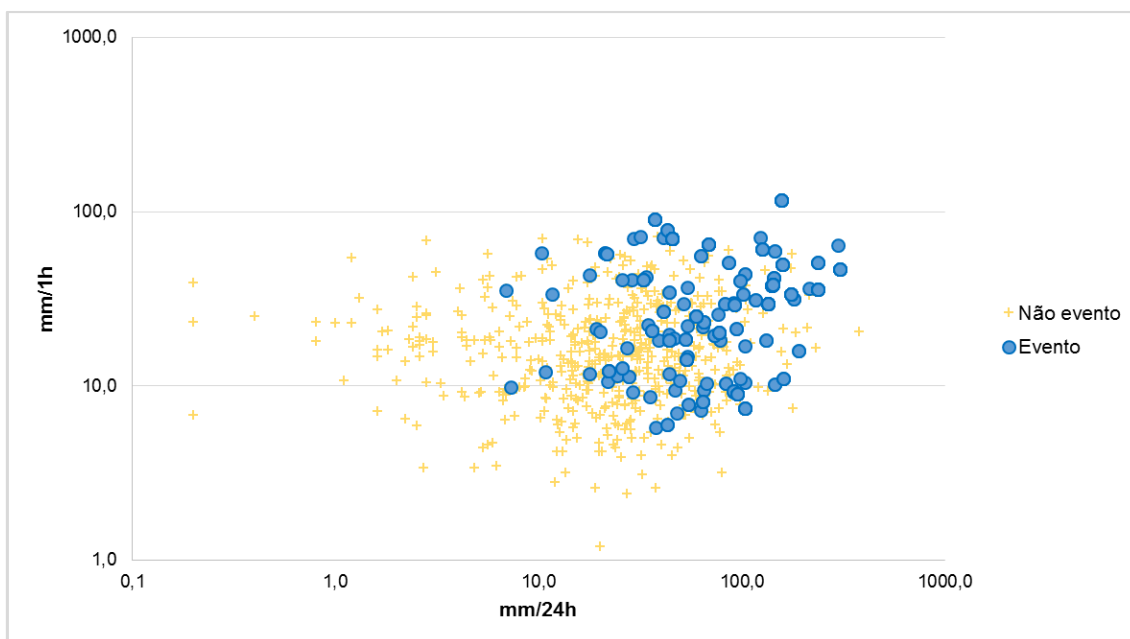


Figura 14.2 - Acumulado de 96h (mm/96h) versus intensidade horária (mm/1h) para categoria “Evento” e “Não evento” na cidade do Rio de Janeiro

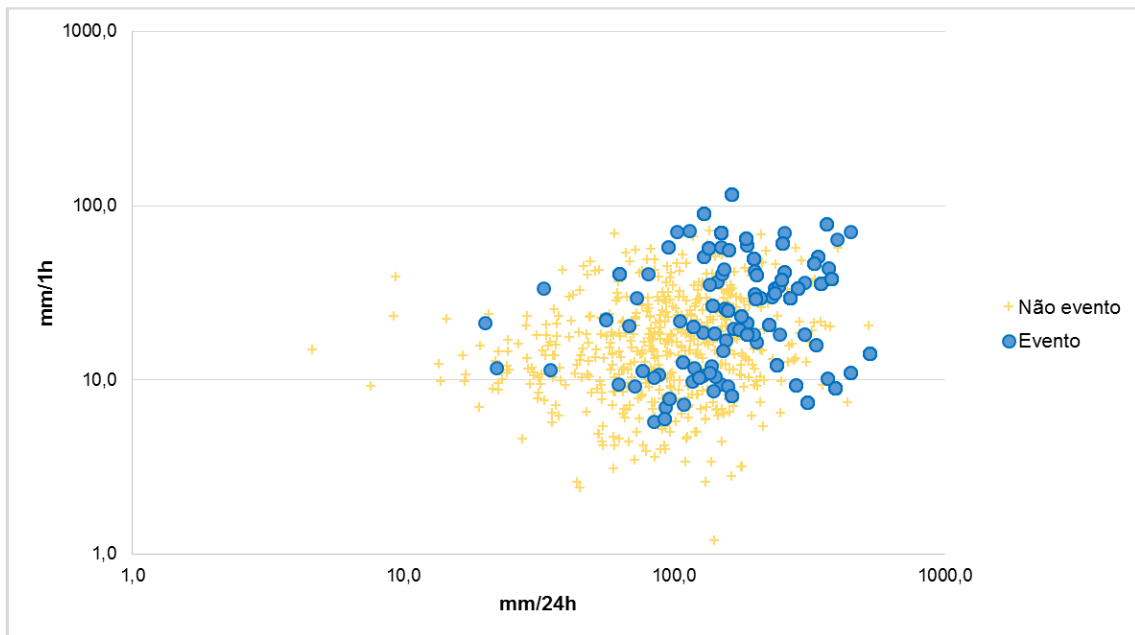


Figura 14.3 - Acumulado de 720h (mm/720h) versus intensidade horária (mm/1h) para categoria “Evento” e “Não evento” na cidade do Rio de Janeiro