



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Centro de Ciências da Natureza e da Matemática
Instituto de Geociências - Departamento de Geografia
Programa de Pós-Graduação em Geografia

Maria Isabel Martinez Garcia

AVALIAÇÃO DA SUSCEPTIBILIDADE DE TERRENO PARA DESLIZAMENTOS RASOS: MACIÇO DA TIJUCA - RIO DE JANEIRO.

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ciência (M. Sc.).

Orientadora: Ana Luiza Coelho Netto

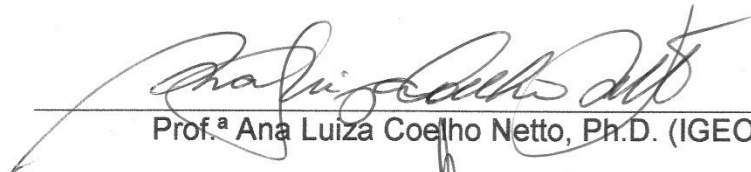
Rio de Janeiro
2014

Maria Isabel Martinez Garcia

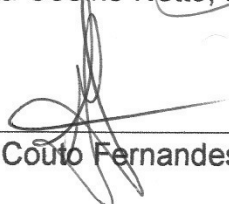
AVALIAÇÃO DA SUSCEPTIBILIDADE DE TERRENO PARA
DESLIZAMENTOS RASOS: MACIÇO DA TIJUCA - RIO DE JANEIRO.

Dissertação de Mestrado Submetida ao Programa
de Pós-Graduação em Geografia da Universidade
Federal do Rio de Janeiro como requisito para
obtenção do grau de Mestre em Ciência (M. Sc.).

Aprovada em 29/09/2014 pela Comissão Examinadora:



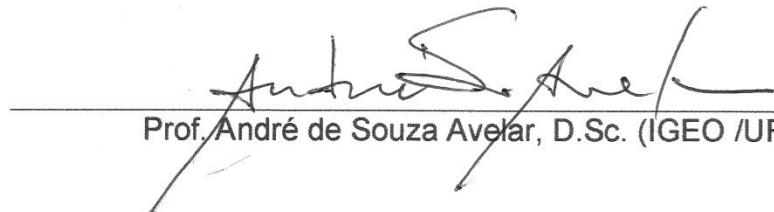
Prof.ª Ana Luiza Coelho Netto, Ph.D. (IGEO / UFRJ)



Prof. Manoel do Couto Fernandes, D.Sc. (IGEO / UFRJ)



Prof. Marcos Barreto de Mendonça, D.Sc. (POLI / UFRJ)



Prof. André de Souza Avelar, D.Sc. (IGEO / UFRJ)

Martinez G., Maria Isabel.

Avaliação da Susceptibilidade de Terreno para Deslizamentos Rasos: Maciço da Tijuca- Rio de Janeiro / Maria Isabel Martinez Garcia - 2014.

133 f.:il.

Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Rio de Janeiro, 2014.

Orientador: Ana Luiza Coelho Netto

1. Geoprocessamento; 2.Cobertura Vegetal e Uso do Solo; 3. Eficiência de Drenagem; 4. Topografia; 5. Susceptibilidade a Deslizamentos.

Dedico este trabalho aos meus *pais Germán Humberto Martínez Muñoz e Nora Regina García Cuadros* por todo o apoio incondicional, pois sem eles eu não seria o que sou hoje.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Nora e Germán, por todo o apoio incondicional.

Ao Guilherme Couto, meu parceiro e amigo.

A professora Ana Luiza Coelho Netto, por ter acreditado desde o início na realização deste trabalho, pela orientação, incentivo, estímulo e sábios conselhos.

Ao professor Bruno Coutinho, pelo apoio, incentivo e auxílio durante a realização desta pesquisa, e por ter me ensinado as ferramentas para trabalhar com os programas utilizados neste trabalho.

Ao professor André de Souza Avelar, pelos conhecimentos em geologia.

Ao professor Manoel do Couto Fernandes, pelos conhecimentos nas aulas do mestrado, sua amizade e seus sábios conselhos.

As minhas amigas e colegas Paula, Sonia, Aline e Elizabeth, pelas conversas, correções do meu portunhol e apoio total.

Aos meus amigos Guilherme, Leo e Pedro, pela ajuda com o programa ArcGis.

A Daniele, pela pronta disponibilidade em me ajudar sempre.

À Equipe do Laboratório do GEOHECO, pela acolhida, a grande amizade e força durante todo o tempo.

Resumo da Dissertação:
AVALIAÇÃO DA SUSCEPTIBILIDADE DE TERRENO PARA
DESLIZAMENTOS RASOS: MACIÇO DA TIJUCA - RIO DE JANEIRO.

MARIA ISABEL MARTINEZ GARCIA

Setembro / 2014

Orientadora: Ana Luiza Coelho Netto

No presente trabalho foi realizada uma carta de Suscetibilidade a ocorrência de deslizamentos translacionais rasos no Maciço da Tijuca, em escala 1:10 000. Esta carta de suscetibilidade indica a condição potencial do terreno frente à detonação de deslizamentos em resposta aos eventos extremos de chuvas. O maciço foi delimitado acima da cota 40 metros e apresenta uma área de 119km². Adotou-se o método Analítico - Integrativo, como proposto por Coelho Netto *et al.* 1999, incluindo: a) Elaboração da carta hidro-geomorfológica, baseada na integração de índices e variáveis funcionais reguladoras da hidrologia de encostas (Coelho Netto *et al* 2007); b) Simplificação da carta geológica elaborada anteriormente no relatório GEOHECO (2000); c) Elaboração da carta de Cobertura Vegetal e Uso do Solo, com base na imagem de satélite World View-2 de 2010, permitindo o mapeamento das características naturais e artificiais. A integração destas cartas foi conduzida com base na atribuição de pesos e ponderações segundo a relevância das categorias mapeadas frente aos mecanismos de deslizamentos predominantes na área de estudo. Os resultados obtidos demonstraram que a área de estudo apresenta em sua maior parte áreas consideradas como de Alta e Muito Alta susceptibilidade, onde foi observado que existem mais pessoas da Ocupação formal morando. A carta foi validada com as cicatrizes de 1996, demonstrando uma correlação alta de 73.7% entre o início das cicatrizes e áreas de Alta e Muito Alta susceptibilidade, isto demonstra que a metodologia adotada apresentou resultados satisfatórios.

Abstract of Dissertation:
ASSESSMENT OF THE SUSCEPTIBILITY OF LAND FOR
SHALLOW LANDSLIDES: TIJUCA MASSIF - RIO DE JANEIRO

MARIA ISABEL MARTINEZ GARCIA

September / 2014

Advisor: Ana Luiza Coelho Netto

In the present work was carried out a map of susceptibility to occurrence of shallow translational landslides in the Tijuca Massif, in 1:10 000 scale. This map indicates the condition of potential susceptibility of the land front of detonation of landslides in response to extreme rainfall events. The Massif was enclosed above the quota 40 meters and has an area of 119Km². The method adopted was Analytical-Integrative, proposed by Coelho Netto et al.1999, including: a) drafting the map hydro-geomorphological, based on the integration of functional regulatory variables and indexes of hydrology of slope; b) Simplification of geological map drafted previously in report GEOHECO (2000); c) Development of vegetation cover and land use map, based on the satellite image World View-2 of 2010 allowing the mapping of natural and artificial features. The integration of these maps was conducted based on the assignment of weights and weights according to the relevance of the categories mapped against the landslides prevalent mechanisms in the area. The results obtained demonstrated that the area of study presents in its most areas considered as high and very high susceptibility, where it has been observed that there are more people of formal Occupation living. The map has been validated with the scars of 1996, showing a high correlation of 73.7% between the beginning of the scars and areas of high and very high susceptibility. This demonstrates that the adopted methodology showed satisfactory results.

ÍNDICE

	Pág.
CAPITULO 1: INTRODUÇÃO	
1.1. Considerações iniciais.....	15
1.2. Objetivo geral.....	16
1.3. Objetivos específicos.....	16
CAPITULO 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
2.1. Ecologia da Paisagem.....	17
2.2. Bacias de Drenagem.....	19
2.3. Interface Urbano - Floresta.....	21
2.4. Geoprocessamento e uso do SIG.....	24
2.5. Deslizamentos.....	26
CAPITULO 3: ÁREA DE ESTUDO	
3.1. O Maciço da Tijuca.....	32
3.1.1. Antecedentes Históricos.....	34
3.1.2. Aspectos Geomorfológicos.....	38
3.1.3. Aspectos Climáticos.....	39
3.1.3.1. Eventos extremos de chuva associado a deslizamentos.....	41
3.1.4. Aspectos da Vegetação.....	44
CAPITULO 4: MÉTODOS E MATERIAIS	
4.1. Método Analítico – Integrativo.....	49
4.1.1. Modelo de cruzamentos.....	49
4.2. Base de dados.....	50
4.2.1. Projeção.....	50
4.2.2. Base Cartográfica.....	51
4.2.2.1. Topografia.....	51
4.2.2.2. Hidrografia.....	52
4.2.3. Base Hidro-Geomorfológica.....	53
4.2.3.1. Índice de Eficiência de Drenagem (IED).....	53
4.2.3.2. Modelo Digital de Elevação do Terreno (MDE).....	55
4.2.3.3. Índice de Posicionamento Topográfico (TPI).....	56
4.2.3.4. Declividades.....	58
4.2.4. Litologia.....	59
4.2.5. Cobertura Vegetal e Uso do Solo.....	61
4.2.5.1. Fotointerpretação Visual.....	62
4.2.5.2. Mapeamento.....	63
4.2.6. Inventario de Deslizamentos.....	71
4.2.7. Calculo da Densidade Demográfica.....	72
4.2.8. Seleção da Área para Avaliação.....	74

CAPITULO5: RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1.	Cobertura Vegetal e Uso do Solo – 2010.....	77
5.1.1.	Análise temporal da Cobertura Vegetal e Uso do Solo no Maciço da Tijuca (2004-2010).....	84
5.2.	Síntese Hidro Geomorfológica.....	88
5.2.1.	Características da Eficiência de Drenagem.....	88
5.2.2.	Características do Posicionamento Topográfico.....	93
5.2.3.	Características das declividade nas encostas.....	96
5.3.	Síntese Geológica.....	100
5.4.	Susceptibilidade a Deslizamentos Translacionais Rasos.....	102
5.5.	Estimativa Populacional.....	107
5.5.1.	Estimativa de população em Áreas Susceptíveis a deslizamentos rasos (setores)	111
5.6.	Validação e Comparação.....	114
5.6.1	Comparação com mapa de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa do ano 2000.....	115
5.6.2.	Comparação com mapa de Susceptibilidade a Deslizamentos rasos do ano 2010.....	117
	CAPITULO 6: CONCLUSÕES	119
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122
	ANEXOS	132

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Ilustração da bacia hidrográfica (Fonte: própria).....	20
Figura 2	Ilustração dos modelos de hierarquia de canais (Christofoletti, 1980).....	20
Figura 3	Imagem da relação entre a ocupação urbana e a floresta. (World View-2, 2010).....	22
Figura 4	Ilustração de deslizamentos translacionais baseada no trabalho de Varnes. (BGS,2013).....	29
Figura 5	Mapa de localização geográfica do Maciço da Tijuca.....	33
Figura 6	Mapa de localização do Parque Nacional da Tijuca-setores.....	35
Figura 7	Ilustração do viajante Johann Moritz Rugendas, na primeira metade do século 19.....	36
Figura 8	Ilustração do Perfil Geológico ao longo da Serra da Carioca (Pires e Heilbron, 1989).....	38
Figura 9	Histograma de precipitação acumulada anual da estação pluviométrica Capela Mayrink para o período de 1977 a 1993, 1996-2002 e 2006-2009 (Negreiros, 2011).....	41
Figura 10	Histograma da precipitação acumulada mensal, média mensal, máxima e mínima de chuvas acumuladas mensais da estação Capela Mayrink; entre janeiro de 2010 a abril de 2011 (Negreiros,2011).....	42
Figura 11	Gráfico da curva de precipitação- deslizamento segundo o coeficiente de Guidicini & Iwasa (1977) aplicada nos casos de chuvas extremas no Maciço da Tijuca. (Coelho Netto, <i>et al.</i> 2012).....	43
Figura 12	Imagens dos deslizamentos ocorridos no Rio de Janeiro nos anos 1996 e 2010 (Coelho Netto).....	44
Figura 13	Estratos na Mata Atlantica (INPA,2014).....	45
Figura 14	Fluxograma Metodológico para a avaliação da susceptibilidade para deslizamentos translacionais rasos.....	48
Figura 15	Imagem do Modelo Digital de Elevação do Maciço da Tijuca.....	56
Figura 16	Esquema Ilustrativo do TPI - menores raios de análise (Jennes, 2006)...	57
Figura 17	Esquema Ilustrativo do TPI - maiores raios de análise (Jennes, 2006)....	57
Figura 18	Mapa Geológico.....	61
Figura 19	Recortes da imagem 2010(World View-2, 2010).....	64
Figura 20	Mapa da localização dos deslizamentos do ano 1996 e 2010.....	71
Figura 21	Ilustração do Modelo Dasimétrico (Langford <i>et al.</i> 2008).....	73
Figura 22	Fluxo para a elaboração do mapa Dasimétrico.....	73
Figura 23	Localização da área de avaliação.....	75
Figura 24	Mapa de localização dos sub-sistemas Hidrográficos no Maciço da Tijuca.....	76
Figura 25	Diagrama das classes do mapeamento da Cobertura Vegetal e Uso do Solo do Maciço da Tijuca para o ano 2010.....	77

		11
Figura 26	Mapa Cobertura Vegetal e Uso do Solo do Maciço da Tijuca no 2010....	78
Figura 27	Diagrama das classes da Cobertura Vegetal e Uso do Solo do ano 2010, para a área correspondente ao Parque Nacional da Tijuca.....	81
Figura 28	Histograma das classes da Cobertura Vegetal e Uso do Solo do ano 2010 para cada setor.....	83
Figura 29	Mapa da classificação de uso e cobertura do Maciço da Tijuca para o 2004 (Accioly, 2011).....	84
Figura 30	Imagem apresentando a delimitação da classificação dos anos 2004 e 2010.....	87
Figura 31	Imagens comparando os mapeamentos realizados nos anos 2010 e 2013.....	87
Figura 32	Mapa das Bacias de Segunda e Primeira Ordem.....	89
Figura 33	Mapa de Áreas das bacias.....	91
Figura 34	Mapa da Eficiência de Drenagem calculado para cada uma das bacias..	92
Figura 35	Histograma das classes da Eficiência de Drenagem de todas as bacias.	93
Figura 36	Histograma das classes do Posicionamento topográfico do Maciço da Tijuca.....	94
Figura 37	Mapa do Posicionamento Topográfico.....	95
Figura 38	Histograma das classes do Posicionamento Topográfico do Maciço da Tijuca para cada setor.....	96
Figura 39	Mapa de Declividades.....	97
Figura 40	Histograma da frequência das Declividades do Maciço da Tijuca.....	98
Figura 41	Histograma da frequência das classes de declividades das encostas para cada setor.....	99
Figura 42	Diagrama de distribuição das classes Geológicas no Maciço da Tijuca.....	100
Figura 43	Histograma da distribuição das classes Geológica do Maciço da Tijuca Geológica para cada setor.....	101
Figura 44	Mapa de Susceptibilidade de deslizamentos translacionais rasos no Maciço da Tijuca.....	104
Figura 45	Histograma das classes de Susceptibilidade a Deslizamentos translacionais rasos.....	105
Figura 46	Histograma das classes de Susceptibilidade a Deslizamentos translacionais rasos para cada setor.....	105
Figura 47	Diagrama segundo o tipo de ocupação populacional para a área de estudo.....	108
Figura 48	Mapa da localização da População Formal e Informal no Maciço da Tijuca.....	109
Figura 49	Histograma Populacional conforme o tipo de ocupação no Maciço da Tijuca para cada setor.....	110

Figura 50	Histograma da população conforme o tipo de ocupação que mora Baixo e Acima da cota 100m.....	111
Figura 51	Diagrama da população classificada de acordo as áreas susceptíveis a deslizamentos translacionais rasos no Maciço da Tijuca.....	112
Figura 52	Histograma estimativo da população conforme o tipo de ocupação que mora em áreas susceptíveis a Deslizamentos translacionais rasos no Maciço da Tijuca.....	113
Figura 53	Histograma estimativo da população conforme o tipo de ocupação que mora em áreas susceptíveis a Deslizamentos translacionais rasos no Maciço da Tijuca por setores de estudo.....	114
Figura 54	Mapa de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa- 2000 (GEOHECO, 2000).....	116
Figura 55	Histograma das classes de susceptibilidade para o ano 2000.....	116
Figura 56	Mapa de Susceptibilidade a Deslizamentos Translacionais rasos na área de avaliação.....	118
Figura 57	Histograma das classes de susceptibilidade para o ano 2010 na área de avaliação.....	118

ÍNDICE DE TABELAS

		Pág.
Tabela 1	Finalidade, objetivo e áreas de aplicação dos SIG (Fonte: adapt. Francisco, <i>et al.</i> 2012).....	25
Tabela 2	Causas e consequências da instabilidade em encostas urbanas (Fonte: adapt. IPT, 1991).....	28
Tabela 3	Classificação de movimentos de massa.(Augusto Filho, 1992).....	30
Tabela 4	Definição das classes de vegetação e uso do solo. Elaborado com base nas observações e feições da Imagem 2010.....	65
Tabela 5	Áreas resultantes do mapeamento em km ² e percentagem do Maciço da Tijuca, 2010.....	79
Tabela 6	Reclassificação utilizada para comparar as classes de cobertura vegetal e uso do solo entre os anos 2004 e 2010.....	85
Tabela 7	Variação temporal da Cobertura Vegetal e Uso do Solo entre os anos 2004 e 2010.....	86
Tabela 8	Numero de bacias mapeadas.....	88
Tabela 9	Valores de área das bacias.....	90
Tabela 10	Comparação das bacias com IED.....	93
Tabela 11	Definição do Diagnóstico de Vulnerabilidade e Observações das unidades geológicas.....	101
Tabela 12	Valor e ponderação para deslizamentos translacionais rasos.....	103
Tabela 13	Classificação dos intervalos de susceptibilidade.....	103
Tabela 14	Quantidade populacional total dentro da área de estudo (Fonte: presente estudo, modificado a partir do Censo IBGE 2010).....	108
Tabela 15	Cobertura vegetal e uso do solo com agregação de classes.....	132
Tabela 16	Distribuição das classes de Cobertura vegetal e uso do solo para cada setor.....	132
Tabela 17	Estimativa populacional em áreas susceptíveis a deslizamentos rasos em relação a ocupação formal e informal por setores de estudo.....	133

ÍNDICE DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ITB	Instituto Técnico do Brasil
S2iD	Sistema Integrado de Informações sobre Desastres
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
BGS	British Geological Survey
SMAC	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
MMA	Ministerio do Medio Ambiente
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renovaveis
PNT	Parque Nacional da Tijuca
SIG	Sistema de Informação Geografica
IPP	Instituto Pereira Passos
UTM	Universal Transversa de Mercator
MDE	Modelo Digital de Elevação
TPI	Índice de Posicionamento Topográfico
GEOHECO	Laboratório de Geo-Hidroecologia
COPPETEC	Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos
PM-PNT	Plano de Manejo do Parque Nacional da Tijuca

CAPITULO 1: INTRODUÇÃO

1.1. Considerações iniciais

O rápido crescimento populacional nas cidades, que ocorreu no final do século passado, veio acompanhado também do crescimento urbano desordenado. Em se tratando da cidade do Rio de Janeiro, esta expansão urbana provocou numerosos problemas socioambientais, principalmente na interface entre a área urbana e a florestal, gerando alterações na dinâmica hidrológica natural da região, com episódios de deslizamentos de terra, sendo mais proeminentes em períodos chuvosos.

Cabe acrescentar ainda que, este crescimento urbano mencionado provocou, também, intensas modificações na paisagem, como o aparecimento de construções de moradias informais de infraestrutura deficiente situadas em áreas de risco.

Na cidade do Rio de Janeiro estão localizadas, diversas unidades de conservação, das quais seus entornos sofrem pressões exercidas pela densa ocupação humana e pelas atividades de diversas naturezas, que por sua vez, comprometem o sistema solo-água-vegetação, reduzindo-os rapidamente. Uma dessas unidades é o Parque Nacional da Tijuca que possui uma floresta secundária tardia em estágio avançado de regeneração (ITB, 2006), todavia é possível encontrar algumas pequenas áreas remanescentes de Mata Atlântica com suas características originais preservadas.

Em se tratando da importância do Maciço da Tijuca, Abreu (1992) afirma que o mesmo proporciona a muitos cariocas¹ o sentimento de acesso ao urbano “direito à cidade e contraditoriamente, oferece também para uma pequena parcela privilegiada desses mesmos habitantes, a oportunidade de 'viver no meio do verde', de 'integrar-se com a natureza', de 'fugir da cidade’”. Também o próprio autor conclui que o grande desafio da atualidade é conciliar a necessidade de preservação do sistema com as demandas diferenciadas de uma sociedade tão heterogênea.

De acordo com Coelho Netto (2005), “o Maciço da Tijuca funciona como um importante centro armazenador e distribuidor de águas pluviais, onde convergem descargas fluviais (líquidas, sólidas e solúveis) para as baixadas circundantes, antes de desaguiarem em seus respectivos reservatórios terminais”. Sendo assim, torna-se importante a realização de estudos voltados ao conhecimento dos processos hidrológicos, que possam levar a uma interferência na dinâmica natural do sistema do maciço.

Com relação às mudanças ambientais ocorridas na paisagem do Maciço da Tijuca, supracitados aconteceram por alterações no uso das terras, avanço de construções por

¹ Carioca: termo determinado como o apelido dos que nascem ou moram no Rio de Janeiro. (Gentílico)

necessidade de espaços para viver (construções informais - favelas), e outras pela expectativa de melhor qualidade de vida (construções formais). Desta forma, acentuou-se a competição pelo espaço entre o homem e a biota da floresta, favorecendo assim, a vulnerabilidade nas encostas e potencializando a ocorrência de deslizamentos.

Logo, ao avaliar a suscetibilidade dos deslizamentos translacionais rasos no Maciço da Tijuca, pretende-se indicar por meio dos resultados (mapas) a predisposição da área em classes qualitativas (graus de suscetibilidade), indicando as áreas propícias a deslizamentos translacionais rasos, comuns nestas áreas.

Portanto, torna-se necessário conhecer as áreas vulneráveis e em situações de risco, e integrar estas informações ao planejamento do uso e ocupação dos solos em questão, para que se possa reconhecer as limitações naturais do terreno, contribuindo para atenuar a ocorrência dos eventos trágicos.

1.2. Objetivo geral

Analisar e mapear a suscetibilidade do terreno a deslizamentos translacionais rasos no Maciço da Tijuca, avaliar as áreas vulneráveis, e identificar as áreas urbanas (formal e informal) suscetíveis.

1.3. Objetivos específicos

São objetivos específicos do presente estudo:

- Classificar e mapear as características relevantes da Cobertura Vegetal e Uso da Terra numa escala 1:10 000;
- Analisar e mapear a variação espacial de índices e categorias relevantes da geomorfologia afins aos deslizamentos no Maciço da Tijuca;
- Integrar os mapas trabalhados acima com a carta Geológica, como base para construção da Carta de Suscetibilidade aos deslizamentos translacionais rasos.

CAPITULO 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em síntese, este capítulo tem como objetivo situar o leitor em relação aos conceitos e termos que serão utilizados como parte dos processos desta pesquisa.

2.1. Ecologia da Paisagem

Neste estudo os termos Ecologia da Paisagem e Geoecologia serão apresentados como equivalentes. Porém, antes de abordar sobre a compreensão e o significado de Ecologia da Paisagem, é importante conhecer um pouco do que inclui o termo “paisagem”, assim como algumas conceituações que permitirão o entendimento do termo.

O conceito de paisagem é discutido sob algumas perspectivas diferenciadas. Carl Sauer (1925) apud Christofolletti (2001) a define como “um organismo complexo, feito pela associação específica de formas e apreendida pela análise morfológica”. O conteúdo da paisagem é constituído pela “combinação de elementos materiais e recursos naturais, disponíveis em um lugar, com obras humanas correspondendo ao uso que deles fizeram os grupos culturais que viveram nesse lugar”, de tal modo se considera a paisagem como não estática, e sujeita a mudar.

Segundo Forman & Godrom (1986), a paisagem seria uma área heterogênea, composta por conjuntos de ecossistemas que interagem de forma semelhante, repetitivamente e de forma similar.

Por outro lado, Christofolletti (2001) considera a paisagem como o resultado da ação da cultura ao longo do tempo, sobre a paisagem natural, e ainda acrescenta que, a paisagem geográfica é uma generalização derivada da observação de cenas individuais.

No entanto, Carl Troll (1938) apud Turner (2001) considerou importante integrar a geografia com a ecologia, com o termo 'Ecologia da Paisagem', dentro do qual inter-relacionam os padrões espaciais do geógrafo com os processos ecológicos, por meio de uma estrutura interdisciplinar.

Desta maneira, observa-se a paisagem como uma unidade possível a ser medida, entendendo o sistema como um todo – conforme a perspectiva de Troll (1938), e para poder conhecer suas características a Ecologia da Paisagem focaliza sua atenção em três elementos característicos: estrutura, funcionalidade e mudança (FORMAN & GODRON, 1986).

Todavia, para poder realizar comparações entre diferentes paisagens é preciso conhecer os principais elementos numa paisagem: fragmentos ou mancha, corredor e

matriz, pois a maneira como estes elementos aparecem na paisagem determina a sua estrutura, o que afetaria a funcionalidade da mesma.

Assim, consideram-se *Fragmentos*, também conhecidos como manchas, as superfícies que se distinguem de seu entorno por sua aparência ou natureza, e ainda, podem ser de três tipos: de perturbações, introduzidos e de recursos ambientais. O *Corredor* é uma faixa relativamente estreita que difere das áreas adjacentes pelos lados, pode ser de dois tipos: de perturbação e de recursos ambientais. Finalmente, a *Matriz* é o tipo de cobertura de fundo de uma paisagem, caracterizado pela cobertura extensiva e de alta conectividade, considerando que nem todas as paisagens têm matrizes definíveis (FORMAN & GODRON, 1981; TURNER, 2001; MANSILLA, 2002).

Os fenômenos naturais ocorrem de maneira paralela e em diferentes escalas, sendo que dentro da Ecologia da Paisagem, a escala é aplicada para representar dimensões. Logo, é importante conhecer a temática de interesse ou o objetivo do estudo para que o recorte da área de estudo e sua escala sejam definidas, visto que a paisagem possibilita múltiplas leituras e entendimentos.

A escala é definida como a relação existente entre a extensão de um território e da unidade mínima de representação espacial na qual a informação é obtida, a mesma vem sempre indicada de forma gráfica ou numérica (GUERRA, 1993; IMA, 2007; MANSILLA, 2002; MENEZES & FERNANDES, 2013). Vale ressaltar que a escala Cartográfica representa o fenômeno na escala de interesse.

Nesse sentido, a ecologia da paisagem para Turner (1991) pode ser definida como o estudo dos efeitos de padrões e processos, onde os padrões referem-se especificamente à estrutura da paisagem. Para a autora, a paisagem é vista como um mosaico ambiental, de padrão espacial heterogêneo e fragmentado em subsistemas ou unidades de paisagem denominadas de geocossistemas, os quais são relativamente homogêneos.

Para Calderón (2004) a Ecologia da Paisagem pode ser acessada destes múltiplos enfoques, e um destes encontra-se relacionado com continua interação “dinâmica entre o elemento físico, químico, biótico e antrópico, que em mútua dependência produz um conjunto único e indissolúvel em perpetua evolução”.

Embora a Ecologia da Paisagem tenha como tema principal a manutenção da biodiversidade, dentro da qual se valoriza o serviço ambiental que exercem as áreas verdes, são a relação destas áreas com os espaços circundantes, que permitem a preservação e restauração do sistema espacial de corredores, manchas e matriz, possibilitando para a comunidade a oportunidade de desfrutar um ambiente mais ameno (CONTRERAS, 2005).

Então se conclui que, a paisagem é o resultado da intersecção de todas as esferas terrestres, em outras palavras, é o sistema² da paisagem ou geocossistema, como o produto das relações de todas as partes (COELHO NETTO, 1992).

2.2. Bacias de Drenagem

A bacia de drenagem ou também denominada de bacia hidrográfica é o principal elemento de análise da paisagem, uma vez que permite empregá-la em diferentes escalas, possibilitando o detalhamento ou generalização da análise. A mesma compõe uma unidade geomorfológica fundamental.

O conceito de bacia pode ser definido como uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais para uma saída comum, e onde os impulsos das chuvas ativam os processos hidrológicos e erosivos que regulam as transformações morfológicas e a evolução interna da bacia. Conseqüentemente, as alterações numa parte da bacia podem afetar outras partes ou mesmo todo o sistema, modificando o balanço das entradas e as saídas ou descargas, assim como propagando efeitos sobre a qualidade e quantidade de água (GUERRA, 1993; COELHO NETTO, 1994).

Desta forma, cada bacia ganha energia pela ação de forças externas do clima e tectônicas e perde a mesma pela exportação de fluxos de água, sedimentos e solúveis para outros elementos circundantes. As entradas e saídas de água em uma bacia de drenagem encontram-se sujeitas aos fatores controladores, onde a precipitação constitui um fator essencial no ciclo hidrológico (COELHO NETTO, 1994).

Neste sentido, a área da bacia de um curso de água, seria a área de contribuição ou captação natural da água da chuva que converge por escoamento e drenam em direção a um canal, na superfície ou sub superficialmente, considerando os divisores de águas, encostas, canais, corpos de água, fundos de vales, entre outras unidades espaciais, interligados, formando um sistema. Como se observa na figura 1.

² O termo "Sistema" pode ser definido como um conjunto de elementos (ou subsistemas) que interagem regularmente e formam um todo unificado. Um sistema recebe energia (entrada) ou matéria e logo de ser transformada sai (saída) (COELHO NETTO, 1992; MANSILLA, 2002; IMA 2007).

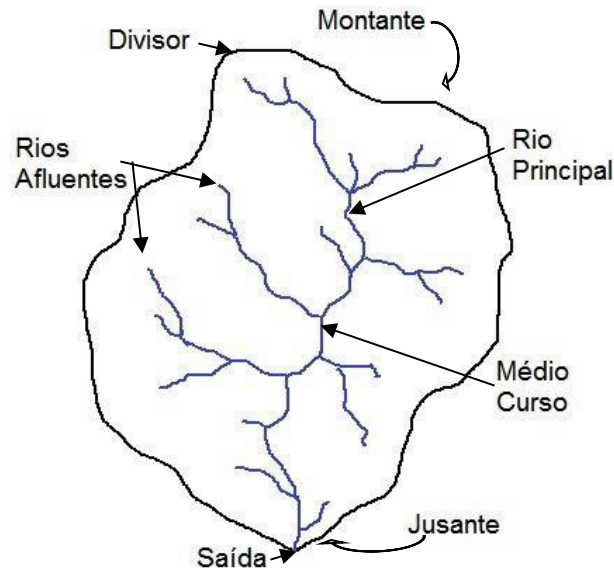


Figura 1: Ilustração da bacia hidrográfica (Fonte: própria).

As bacias de drenagem podem ser classificadas segundo a ordem hierárquica de canais (rios), sendo esta uma classificação que reflete o grau de ramificação ou bifurcação da rede principal dos fluxos d'água que se articulam ao longo dos eixos de fundo de vale dentro de uma bacia. Esta ordenação consiste no processo de estabelecer a classificação de determinado curso de água no conjunto total da bacia, o que facilita e torna mais objetivo os estudos morfométricos. Entre os critérios mais utilizados (Figura 2) se destacam o de Horton (1933) e o de Stralher (1952) (Christofolletti, 1980; Coelho Netto *et al.*, 2007d).

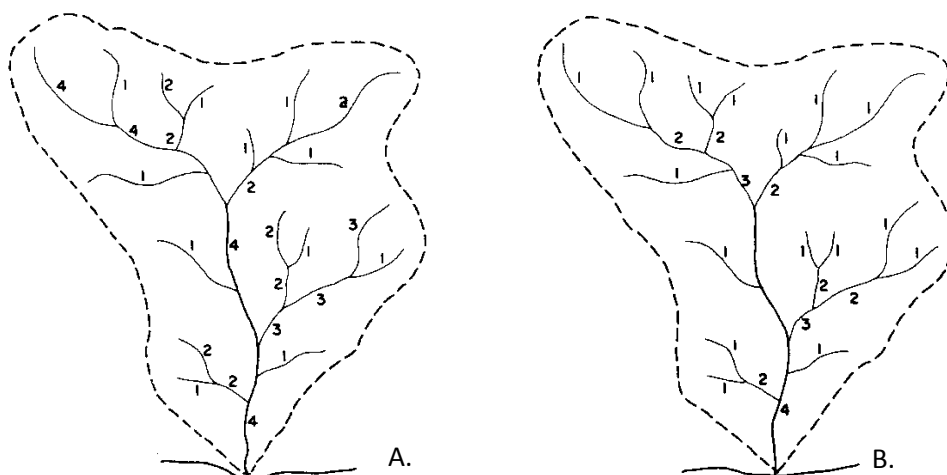


Figura 2: Ilustração dos modelos de hierarquia de canais. (A) Modelo de Horton, (B) Modelo de Stralher (Christofolletti, 1980).

Segundo a classificação hierárquica de canais indicada por Stralher³, à medida que o rio desce do relevo, os afluentes de primeira ordem que correspondem às áreas de nascentes (origem dos cursos de água, caracterizadas por serem mais elevadas e de maior declividade, tem em geral, um regime irregular distinguida pela celeridade do que por seu volumem) à medida que a ordem aumenta para jusante, há uma tendência de diminuição das declividades os afluentes menores passam a formar parte do curso de água principal, o que torna o rio em ordem maior (STRALHER, 1952).

O limite de uma bacia é chamado de divisor de drenagem, também conhecido como divisor de águas (COELHO NETTO, 1994). Já o tamanho de uma bacia é muito variado, pois pode ser grande e compartilhada por vários países ou ter apenas poucos metros quadrados, drenando para o eixo principal ou fundo de vale. Por esta razão é importante conhecer o objetivo do estudo e a escala para poder realizar uma análise hidrológica adequada.

Ressalta-se então que, nas bacias de drenagem é onde se podem estudar a conexão dos processos entre a encosta e os processos fluviais, por isso são interpretadas como unidades de planejamento para diversos estudos ambientais.

2.3. Interface Urbano- Floresta

Vários são os autores que citam os diversos benefícios ambientais, recreacionais, estéticos, psicológicos e sociais, fornecidos pelas áreas verdes a população urbana que vive perto ou estão em contato com estas áreas. Da mesma forma, ressalta-se que são as árvores as que fazem um papel muito importante na cidade, pois atuam no controle do microclima, diminuem o impacto ambiental do desenvolvimento urbano, intercepta a radiação, retira os poluentes do ar, fixa CO₂ e protege o solo, além de servir para o controle da poluição sonora e da velocidade e direção dos ventos (NORWAK *et al.*, 1997; SORENSEN *et al.*, 1998; MILLER, 1997; MAGALHÃES, 2007; FALCON, 2007; ROCHA, 2007).

Consequentemente as florestas urbanas que por sua quantidade de árvores, amenizam e reverterem os diferentes problemas dentro das cidades, os espaços verdes passaram a ter significados renovadores sendo associados à qualidade de vida e ao bem-estar da população (MARTINEZ, 2011). Isto poderia explicar as diferenças entre os bairros, onde o componente sócio- econômico expresso pelas diferenças de poder aquisitivo pode

³ Seguindo o critério de Stralher (1952), os menores canais sem tributários seriam de primeira ordem, quando dois canais de mesma ordem encontram-se formam um canal de ordem imediatamente superior (na confluência de dois canais de primeira ordem, a bacia passa a ser de segunda ordem); enquanto que o encontro de canais com uma ordem inferior não altera a classificação hierárquica, mantendo a ordem do canal com maior ordem.

levar a características urbanas diferenciadas, envolvendo o preço e acesso a terra. Como exemplo se tem as áreas urbanas localizadas dentro das florestas urbanas.

Desde o início, a ocupação na região da Mata Atlântica, segundo Magalhães (2007), passou a ser gradativamente alterada e fracionada, restando hoje algumas poucas manchas florestais sobre uma matriz de pastagens assim como outros usos antrópicos. As transformações foram drásticas, e os poucos remanentes florestais ficaram cercados por ambientes edificados.

Segundo Coelho Netto (2005) a floresta é um ambiente autorregulado das condições hidro climáticas da estabilidade dos solos e das encostas que sustenta a biota, onde a vegetação tem o papel de interceptar a chuva através da copa das árvores e da serrapilheira, impedindo à ação direta das gotas de chuva no solo prevenindo assim a ação erosiva. São também as árvores de maior porte por meio dos sistemas radiculares profundas e ancoradas, que promovem a estabilidade das encostas, envolvendo os blocos de rochas que estão embutidos na matriz dos solos fixando as encostas. Na ausência das funções florestais que regulem a ciclagem das precipitações e a estabilização dos solos, as encostas se tornam mais vulneráveis frente à ocorrência de deslizamentos, oferecendo maior risco a população que reside nas encostas adjacentes.

E nesta interface cidade-floresta (Figura 3) que foram e são percebidos até os dias de hoje, vetores de transformação como são as edificações e estradas, conjuntamente com os eventos extremos, a poluição atmosférica, os incêndio, entre outros; que em conjunto com o avanço acelerado da urbanização sobre as encostas montanhosas da cidade, promovem a rápida degeneração ou remoção das áreas de florestadas, ocorrendo também substituição de outras espécies vegetais ou feições urbanas (GEOHECO, 2000).

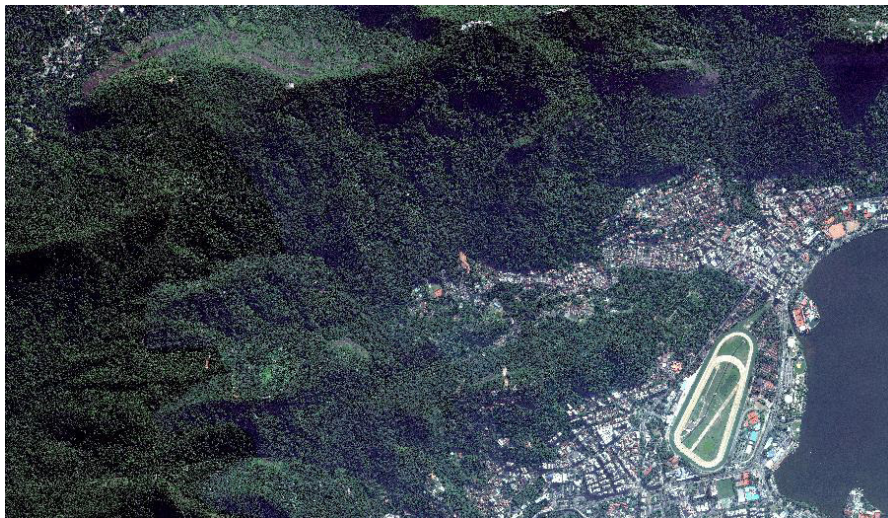


Figura 3: Imagem da relação entre a ocupação urbana e a floresta. (World View-2, 2010).

O processo de expansão urbana na cidade do Rio de Janeiro gerou alterações significativas na cobertura florestal, modificando a estrutura funcional do geossistema, sobretudo nas áreas de montanha, especialmente nas áreas de fácil e rápida ocupação, como as encostas de baixa declividade, e também as planícies e terraços fluviais. Já os espaços restantes - como as encostas abruptas ou áreas de várzeas fluviais que se encontram mais expostos a riscos, são ocupados por pessoas de menor recurso financeiro (apesar de serem inadequados para a ocupação) e com a necessidade de moradia e por escassez de habitação popular. Frente a esta crescente demanda, é que se promove a expansão das favelas nas cidades em crescimento (FERNANDES *et al.*, 1999; GIRÃO, 2007).

Como é de se esperar, as mudanças ambientais induzidas pelas ações humanas vem causando alterações nos sistemas de florestas fragilizando as encostas, onde as áreas desmatadas e submetidas às construções tornam-se impermeáveis e produtoras de escoamento superficial do tipo Hortoniano, propiciando assim, maiores descargas fluviais e aumento de sua vulnerabilidade à erosão, como a perda da resistência dos solos, provocando enchentes e espalhando epidemias nas áreas pobres das baixadas que circundam o maciço (GEOHECO, 2000; ARAUJO, 2013).

Segundo Fernandes *et al.* (1999) e Fernandes *et al.* (2006), a substituição da Mata Atlântica por feições urbanas alteram toda a dinâmica hidrológica natural da região ao longo do tempo, o que contribuem para a modificação do comportamento hidrológico, criando condições favoráveis a um maior desenvolvimento de processos erosivos por diferentes mecanismos e conseqüentemente, contribuindo para um aumento das descargas líquidas e sólidas nos canais fluviais que podem atingir as áreas circundantes da baixada (COELHO NETTO, 2007 b).

A ocorrência de deslizamentos nas áreas de favelas se explica pelo crescimento, aumento dos cortes para construção de barracos, pela instalação e ocupação de áreas menos privilegiadas como as encostas íngremes (declividades em torno de 30° e 35°), os fundos de vale e ou no sopé de afloramentos rochosos (FERNANDES *et al.*, 1999). Mesmo pela abertura de estradas, a expansão das edificações e a carência de infraestrutura básica (redes de esgoto e sistemas de drenagem pluvial eficiente), levando a processos de degradação do ar, água e solo, acentuando ainda mais os problemas de saúde pública (MAGALHÃES, 2007).

Dos deslizamentos acontecidos no Maciço da Tijuca, um pouco mais da metade (50,4%) tem incidência em favelas, mesmo que somente 4,6% da área são ocupadas por favelas (FERNANDES *et al.*, 1999). E são estas áreas as submetidas a qualquer quebra ou

instabilidade do ambiente com alterações (antrópicas ou naturais) podem sofrer desastres, como por exemplo, as chuvas em grande quantidade em época de verão (GIRÃO, 2007).

Contudo, é importante considerar as relações entre a floresta e a dinâmica das encostas com a área urbana, para poder entender assim a dinâmica da paisagem e como os elementos interagem, pois com a análise em um intervalo de tempo que se podem conhecer quais foram às mudanças na estrutura da paisagem e como os diferentes elementos interagem no processo.

2.4. Geoprocessamento e uso do SIG

Dentro dos estudos geográficos, a cartografia (auxilia a geração visualização e representação das informações) é uma ferramenta essencial, da mesma forma que o geoprocessamento, que hoje em dia funciona como uma ferramenta indispensável para a realização de pesquisas e projetos.

Câmara (2001) menciona que o Geoprocessamento é uma tecnologia interdisciplinar, pois permite a convergência de diferentes disciplinas científicas para o estudo de fenômenos ambientais e urbanos, ao tratar os processos que ocorrem no espaço geográfico.

Desta forma, o Geoprocessamento é um conjunto de técnicas matemáticas e processos computacionais os quais são utilizados para o tratamento de dados e informações geográficas, onde se cria, trata, analisa, manipula e transforma a base de dados, em informações relevantes tornando os dados utilizáveis num modelo digital.

Dentre as ferramentas computacionais (software) utilizadas pelo geoprocessamento estão os SIG - Sistemas de Informação Geográfica, das quais permitem reunir dados de diversas fontes (integrar), realizar análises complexas (processamento), criar bancos de dados georreferenciados (armazena), para poder posteriormente construir e visualizar os dados em mapas. Está apoiado na cartografia digital, do qual é um registro dos elementos de ligação entre todas as informações tratadas e assistidas por processos computacionais (XAVIER DA SILVA, 2000; CÂMARA, 2001; VEIGA & XAVIER DA SILVA, 2004; FITZ, 2008; FLORENZANO, 2011; MENEZES & FERNANDES, 2013). Assim:

Os SIG como muito mais do que um meio de codificar, armazenar e recuperar dados sobre a superfície terrestre; os dados nos SIG representam um modelo do mundo real. Como se pode recuperar, transformar e manipular, interativamente os dados nestes sistemas; os SIG podem ser utilizados para simular os processos que ocorrem no meio ambiente ou, também, antecipar os possíveis resultados das decisões a serem tomadas em um projeto de planejamento (BURROUGH e MCDONNELL, 1998).

Segundo Aronoff (1989), o SIG é um sistema baseado no uso de computadores que possibilita os quatro seguintes pontos referentes à capacidade de manipular dados georreferenciados: 1°. Entrada; 2°. Gerenciamento (armazenamento e recuperação); 3°. Manipulação e análise; 4°. Saída.

Burrough e McDonnell (1998) sustentam que o SIG é mais que só Hardware e Software, pois também inclui a base de dados, o ambiente organizacional, o modulo de manipulação e a interação com o usuário. Garantindo assim os resultados e as análises aplicáveis a muitas questões e problemas da sociedade.

Tabela 1: Finalidade, objetivo e áreas de aplicação dos SIG. (Francisco, *et al.*, 2012- adaptado)

Finalidade	Objetivo	Área de aplicação
Projetos	Definição das características do projeto	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Projeto de loteamentos ▪ Projeto de irrigação
Planejamento territorial	Delimitação de zoneamentos e estabelecimento de normas e diretrizes de uso	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elaboração de planos de manejo de unidades de conservação ▪ Elaboração de planos diretores municipais, urbano e regional.
Modelagem	Estudo de processos e comportamento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modelagem de processos hidrológicos
Gerenciamento	Gestão de serviços e de recursos naturais	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gerenciamento de serviços de utilidade pública ▪ Gerenciamento costeiro
Banco de Dados	Armazenamento e recuperação de dados	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cadastro urbano e rural
Avaliação de riscos e potenciais	Identificação de locais susceptíveis à ocorrência de um determinado evento ou fenômeno	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elaboração de mapas de risco ▪ Elaboração de mapas de potenciais eventos
Monitoramento Ambiental	Acompanhamento da evolução dos fenômenos através da comparação de mapeamentos sucessivos no tempo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Monitoramento da cobertura florestal ▪ Monitoramento da expansão urbana
Logístico	Identificação de pontos e rotas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Definição da melhor rota, Redes de transporte, comunicação e distribuição de energia. ▪ Identificação de locais para implantação de atividades econômicas

As vantagens da utilização dos SIG, é que possibilita a integração dos dados, apresenta referência espacial (localização), tem a capacidade de armazenamento, além de proporcionar atributos numa base de dados e responder questões do mundo real, possibilitando assim a criação de dados por meio da assistência dos processos numa determinada área ou objeto de análise.

Segundo Costa (2004) a aplicação de SIG se tornou uma ferramenta muito útil que atrelada ao uso de outros softwares de mapeamento, permite maior rigor e precisão nas análises, mas também é necessária a atualização periódica da base de dados.

Na atualidade, o uso desta tecnologia vem tendo um aumento na aplicação em diversos tipos de estudos, onde a localização é uma questão fundamental na análise, e que as informações precisam ser bem avaliadas para a geração de produtos que possibilitem saídas rápidas frente aos fenômenos de diversas naturezas, conforme a Tabela 1 (MENEZES & FERNANDES, 2013).

É por meio deste sistema que é possível entender as diferenças entre lugares, as dinâmicas, as estruturas, entre outros aspectos importantes para a realização de estudos integrativos e para a tomada de decisões de projetos e planejamentos.

2.5. Deslizamentos

No presente estudo o termo deslizamento será utilizado num sentido geral, o qual inclui aos movimentos de massa. Tendo em vista que o planeta terra é um sistema dinâmico que se encontra em constantes modificações pela ocorrência dos fenômenos naturais, como a movimentação das placas tectônicas gerando terremotos, tsunamis e vulcanismo, de origem interna da terra, e outros de origem externa, a dinâmica atmosférica pode causar inundações, secas, entre outros (GUIMARÃES *et al.*, 2008 e AMARAL *et al.*, 2012). A combinação destes fenômenos com intensas intervenções antrópicas termina desencadeando desequilíbrios ambientais, induzindo assim os deslizamentos, enchente, dentre outros.

Os desastres segundo o S2iD (2012) são o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem sobre um ecossistema vulnerável, que causa danos humanos, materiais, ambientais, econômicos e culturais. Dependendo da magnitude do evento adverso, este pode provocar danos e prejuízos mensuráveis, assim como da vulnerabilidade do sistema.

De acordo com Kobiyama *et al.* (2006) se denomina de desastre natural à ocorrência de um fenômeno natural que modifica a superfície terrestre e atinge áreas ou regiões habitadas, causando danos materiais, econômicos, ambientais e humanos em grande

extensão e prejuízos socioeconômicos. Diferente quando o mesmo fenômeno acontece numa área sem moradias onde se denominaria de evento natural.

São estes fenômenos que vem sendo estudados, pois afetam diretamente amplas regiões urbanas, causando muitas vezes danos materiais e perdas de vidas humanas.

O termo deslizamento de acordo com Cruden (1991) significa o movimento da massa de rocha, solo (terra) e detritos, das partes mais elevadas para as partes baixas da encosta. Os mesmos ocorrem quando a força de cisalhamento em uma determinada superfície supera a resistência ao cisalhamento do material (PRESS *et al.*, 2006) sendo que o resultado dos diversos movimentos atinge a forma da superfície (HIGHLAND & BOBROWSKY, 2008).

As condições mais propícias à ocorrência de deslizamento são geradas por uma série de fatores da geologia, geomorfologia, hidrologia, aspectos climáticos, vegetação e ação do homem nas formas de uso e ocupação do solo, que interagem continuamente no tempo e no espaço.

Estes movimentos acontecem em muitos países, mas são nos países menos desenvolvidos que as perdas são proporcionalmente muito maiores devido às diversas condições que influenciam a ocorrência dos mesmos, mais especialmente as densidades demográficas elevadas ocupando setores de encostas pouco privilegiadas.

No sudeste do Brasil o domínio montanhoso da região, ao longo da Serra do Mar tem uma frequência cíclica dos desastres naturais, sendo os mais predominantes os que estão associados aos deslizamentos e às inundações (S2iD, 2012).

No caso das encostas litorâneas devido à heterogeneidade característica dos solos que as compõem, tais locais estão sujeitos à atuação de uma série de fatores que podem detonar processos de movimentação de massa, sendo as condições climáticas (chuvas o principal agente), seguido das e geológico-geotécnicas (IPT, 2007).

Nos relevos íngremes, as encostas com modificações humana (tais como: desmatamento, cortes de talude e aterros) afetam não só as encostas naturais, senão também instabilizam os taludes artificiais construídos pelo homem (GIRÃO *et al.*, 2007; SANTOS, 2012).

A profundidade do lençol freático influencia a maior ou menor susceptibilidade dos processos erosivos. Do mesmo modo, as declividades das encostas influenciam na velocidade do escoamento superficial e subsuperficial da água como da ação gravitacional dos materiais presentes nela (GUERRA, 1993; GIRAÓ *et al.*, 2007).

No seguinte quadro se apresentam algumas das principais causas e possíveis consequências da intervenção humana sobre as encostas urbanas, segundo o IPT (1991).

Tabela 2: Causas Antrópicas e consequências da instabilidade em encostas urbanas. (IPT, 1991-modificado)

Causas Antrópicas	Consequências
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Remoção da Cobertura Vegetal e consequente exposição dos solos; ▪ Concentração de águas pluviais e lançamento de águas servidas; ▪ Execução inadequada de aterros. 	Processos Erosivos
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Retirada de Cobertura Vegetal; ▪ Concentração de águas pluviais e lançamento de águas servidas; ▪ Vazamento na rede de abastecimento de água de esgotos e de fossas sanitárias; ▪ Declividade e altura excessiva de cortes; ▪ Execução inadequada de aterros; ▪ Acumulo de lixo- entulho. 	Movimentos de Massa

Coelho Netto (2005) sustenta que na ausência das funções florestais que regulam a ciclagem das precipitações e a estabilização dos solos e blocos rochosos, as encostas no sopé das escarpas recebem uma carga de água subsuperficial maior do que as encostas fora de sua influência, tornando estas encostas mais vulneráveis frente à ocorrência de deslizamentos. Segundo os estudos realizados por Fernandes *et al.* (2006) a impermeabilização que gera concentração de fluxos do solo contribui para a formação de situações favoráveis a ocorrência de deslizamento nas encostas, o que contribui ao aumento das descargas sólidas que podem atingir as áreas circundantes da baixada.

Nas regiões serranas, de São Paulo e Rio de Janeiro e em outras regiões metropolitanas brasileiras (onde se tem um desenvolvimento intenso de ocupação urbana sem planejamento), as áreas de encostas íngremes encontram-se ocupadas geralmente por moradias precárias feitas muitas vezes de forma irregular, influenciando como consequência direta na instabilidade das encostas e, por conseguinte nos deslizamentos, (VEDOVELLO *et al.*, 2007; GIRÃO, 2007; GUIMARÃES *et al.*, 2008; SANTOS, 2012).

Existem diversas classificações internacionais e brasileiras relacionadas a deslizamentos, como os apresentados por Varnes (1978), Guidicini e Nieble (1984), Augusto Filho (1992), Cruden e Varnes (1996), Press *et al.* (2006), Highland e Bobrowsky (2008), entre outros.

De acordo com Guidicini e Nieble (1984) no Brasil os deslizamentos translacionais são típicos de regiões montanhosas particularmente da Serra do Mar, estas podem ocorrer em encostas de altas como de baixa declividade, podendo atingir efeitos catastróficos, devido à elevada aceleração do movimento, já que não transportam apenas materiais

terrosos, mas envolve também blocos rochosos mais ou menos alterados. O movimento segundo os autores é de curta duração, com velocidade elevada e grande poder de destruição.

De acordo com IPT (2007) os deslizamentos translacionais rasos ocorrem em solos pouco desenvolvidos das vertentes com altas declividades, do mesmo modo encontram-se associado a solos saprolíticos e rocha, condicionados por um plano de fraqueza desfavorável à estabilidade, relacionados às estruturas geológicas diversas (foliação, fraturas, falhas, xistosidade, entre outros).

Segundo Tominaga *et al.* (2009) os deslizamentos translacionais formam superfícies de ruptura planar associadas à heterogeneidade dos solos e rochas, sendo os mais frequentes.

Na Tabela 3 se apresenta uma classificação baseada em Varnes (1978), elaborado por Augusto Filho (1992) na qual são agrupados os deslizamentos mais encontrados no Brasil.

A Figura 4 exemplifica os deslizamentos translacionais segundo o material, de acordo com a classificação dos movimentos de massa de Varnes (1978).

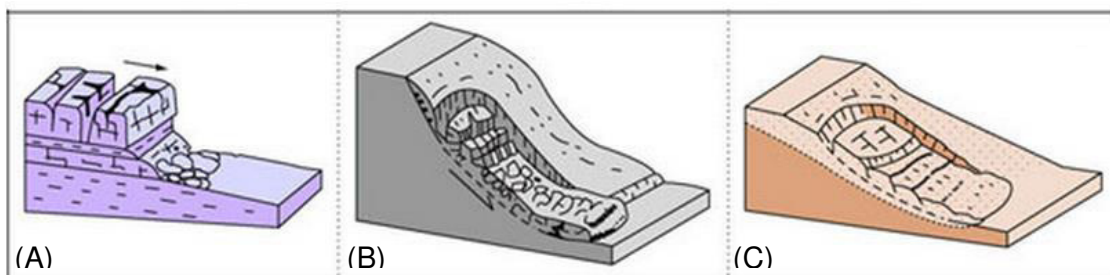


Figura 4: Ilustração de deslizamentos translacionais baseada no trabalho de Varnes. (A) Rocha, (B) Detrito, (C) Solo. (BGS, 2013)

Segundo Highland e Bobrowsky (2008) os deslizamentos podem ser de tipo curva o que ocasiona um deslizamento rotacional, ou do tipo planar, ocasionando deslizamentos translacionais. Eventualmente se considera que estes deslizamentos podem envolver outros tipos de movimentos, devido a alterações nas propriedades durante o movimento.

Em geral os deslizamentos translacionais, ocorrem durante o após períodos de chuvas intensas, onde a ação da água é mais superficial e as rupturas ocorrem em curto espaço de tempo, devido ao rápido aumento de umidade.

Tendo em vista as diversas terminologias adotadas a presente pesquisa optou por utilizar a terminologia do Manual para Zoneamento de Susceptibilidade de perigo e risco de deslizamento para o Planejamento de Uso de Solo, elaborado pelo o JTC-1 (Comitê Técnico de Deslizamentos e Encostas Artificiais) (FELL *et al.*,2008).

Tabela 3: Classificação de movimentos de massa. (Augusto Filho, 1992)

Tipo de movimento	Características do Movimento - Materiais - Geometria
Rastejo ou fluência (creep)	Vários planos de deslocamento (internos) Velocidades muito baixas (cm/ano) a baixas e decrescentes com profundidade Movimentos constantes, sazonais ou intermitentes Solo, depósitos, rocha alterada / fraturada Geometria definida
Escorregamentos Translacionais (slide)	Poucos planos de deslocamento (externos) Velocidades médias (km/h) a altas (m/s) Pequenos a grandes volumes de material Geometria e materiais variáveis Planares em solos pouco espessos e solos e rochas com um plano de fraqueza Circulares em solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas Em cunha em solos e rochas com dois planos de fraqueza
Quedas (falls)	Sem planos de deslocamento Movimentos em queda ou em plano inclinado Velocidades muito altas (vários m/s) Material rochoso Pequenos a médios volumes Geometria variável: lasca, placas e blocos Rolamento de matacão Tombamento
Corridas (flow)	Muitas superfícies de deslocamento (internas e externas a massa instável) Movimento semelhante ao de líquido viscoso Desenvolvimento ao longo das drenagens Velocidades de médias a altas Mobilização de solo, rocha, detritos e água. Grandes volumes de material Extenso raio de alcance, inclusive em áreas planas.

Ainda que a pesquisa não seja sobre os riscos, a análise dos riscos está associada aos deslizamentos. Sendo que, as consequências dos deslizamentos podem incluir diversos tipos de perdas, como as de vidas ou afetar propriedades e infraestrutura, assim como atividades sociais, econômicas e naturais.

Fell *et al.* (2008), definem suscetibilidade como: avaliação quantitativa e/ou qualitativa dos tipos, volume ou área de deslizamentos que existem, ou potencialmente podem ocorrer num determinado local ou região. A vulnerabilidade refere-se ao grau de perda de um certo elemento ou conjunto de elementos dentro de uma área afetada por deslizamentos. Pode ser expressa na escala de 0 (sem perda) a um (perda total) – no caso

de propriedades, a perda pode ser avaliada pelo valor do dano em relação ao valor da propriedade; no caso de pessoas, será a probabilidade de perda de uma vida particular ou número de pessoas afetadas pelos deslizamentos.

É necessário incluir considerações sobre os perigos de deslizamentos, porque estes movimentos afetam a todas as classes sociais, sendo importante também a utilização de mapas atualizados coerentes com a realidade e com a descrição das áreas de risco.

CAPITULO 3: ÁREA DE ESTUDO

Neste capítulo serão apresentadas as características gerais da área de estudo, assim como alguns aspectos naturais da mesma.

O local de estudo é o Maciço da Tijuca, sendo que sua delimitação para a realização do presente estudo dá-se pela cota de 40 metros. Tendo em vista que, é a partir desta delimitação que se observa maior representatividade do maciço e as curvas de níveis menores mostram-se propagadas pelo município, não sendo, portanto, o foco de estudo.

3.1. O Maciço da Tijuca

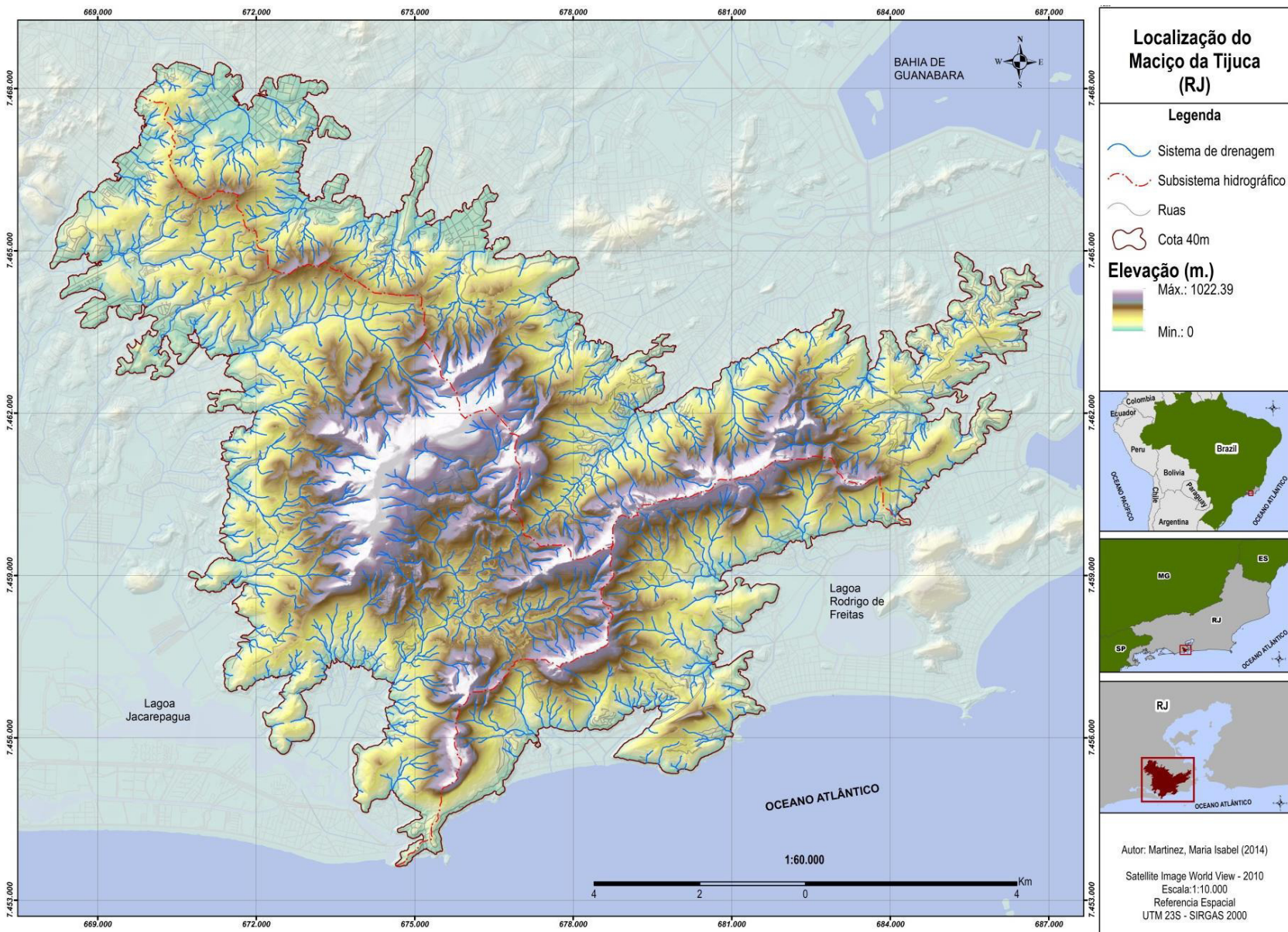
“O município do Rio de Janeiro encontra-se compreendido entre os meridianos de 43°06'30" e 43°47'40" e os paralelos 22°45'05" e 23°04'10" e possui uma área de 12555,3 km². Limitando-se ao Norte com os municípios de São João de Meriti, Nova Iguaçu, Nilópolis e Duque de Caxias, ao Sul com o Oceano Atlântico, ao Leste com os municípios de Magé, Duque de Caxias e a Baía de Guanabara, e ao Oeste com a Baía de Sepetiba e o município de Itaguaí.

A cidade do Rio de Janeiro possui uma paisagem que abriga um grande mosaico de coberturas e tipos de usos de solo, composta por uma morfologia montanhosa costeira rodeada por planícies flúvio-marinhas, as quais se interconectam por redes de canais fluviais (COELHO NETTO, 2005).

O referido maciço possui uma área de 11.800 há, acima da cota 40 delimitada, e está localizado na porção oriental do município do Rio de Janeiro, entre os paralelos 22°55'S e 23°00'S e os meridianos 43°20'E e 43°10'E (Drummond, 1997; Bahia Schlee, 2002) e é representado por um relevo montanhoso costeiro, e encontra-se cercado pela baixada de Jacarepaguá (lagoas e manguezais) ao oeste, a baixada Fluminense ao Norte, a Lagoa Rodrigo de Freitas e o Oceano Atlântico ao Sul. (conforme Figura 5)

Dentro do Maciço da Tijuca se localiza o Parque Nacional da Tijuca (PNT), o qual foi implantado a partir do Decreto 60.183 em 08 de fevereiro de 1967, e encontra-se protegido pela legislação desde então (DRUMMOND, 1997). Foi sua última ampliação no dia 03 de junho de 2004, onde aumentou em 735 há, passando a possuir uma área total de 3.933 há. (cerca de um terço da área do maciço e o 3,5% da área do município do Rio de Janeiro) (PNT, 2013). O Parque está compartimentado em quatro setores descontínuos: “Floresta da Tijuca”, “Serra da Carioca”, “Pedra Bonita/ Pedra da Gávea” e “Pretos Forros/ Covanca” (PNT, 2013).

Figura 5: Mapa de localização geográfica do Maciço da Tijuca.



O Parque Nacional da Tijuca protege e conserva o bioma de Mata Atlântica (mata latifoliada perene), apresenta flora e fauna bastante diversificada (PNT, 2013). Este se distingue dos demais parques nacionais pela sua completa inserção na malha urbana do Rio de Janeiro.

Ainda se tratando do Parque Nacional da Tijuca, observa-se que o mesmo é cortado por estradas e ruas que ligam os bairros que se encontram em seu entorno. Apesar das inúmeras ações para a conservação do parque, a expansão da cidade nas encostas e as atividades produzidas pelo humano tem sido responsáveis pelas altas taxas de retração florestal. Todavia, as medidas conservacionistas favorecem a sustentabilidade do ecossistema florestal. Atualmente, este parque encontra-se administrado em conjunto pelo IBAMA - MMA e o município, através da Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMAC - RJ), (PNT, 2013; COELHO NETTO, 2007B).

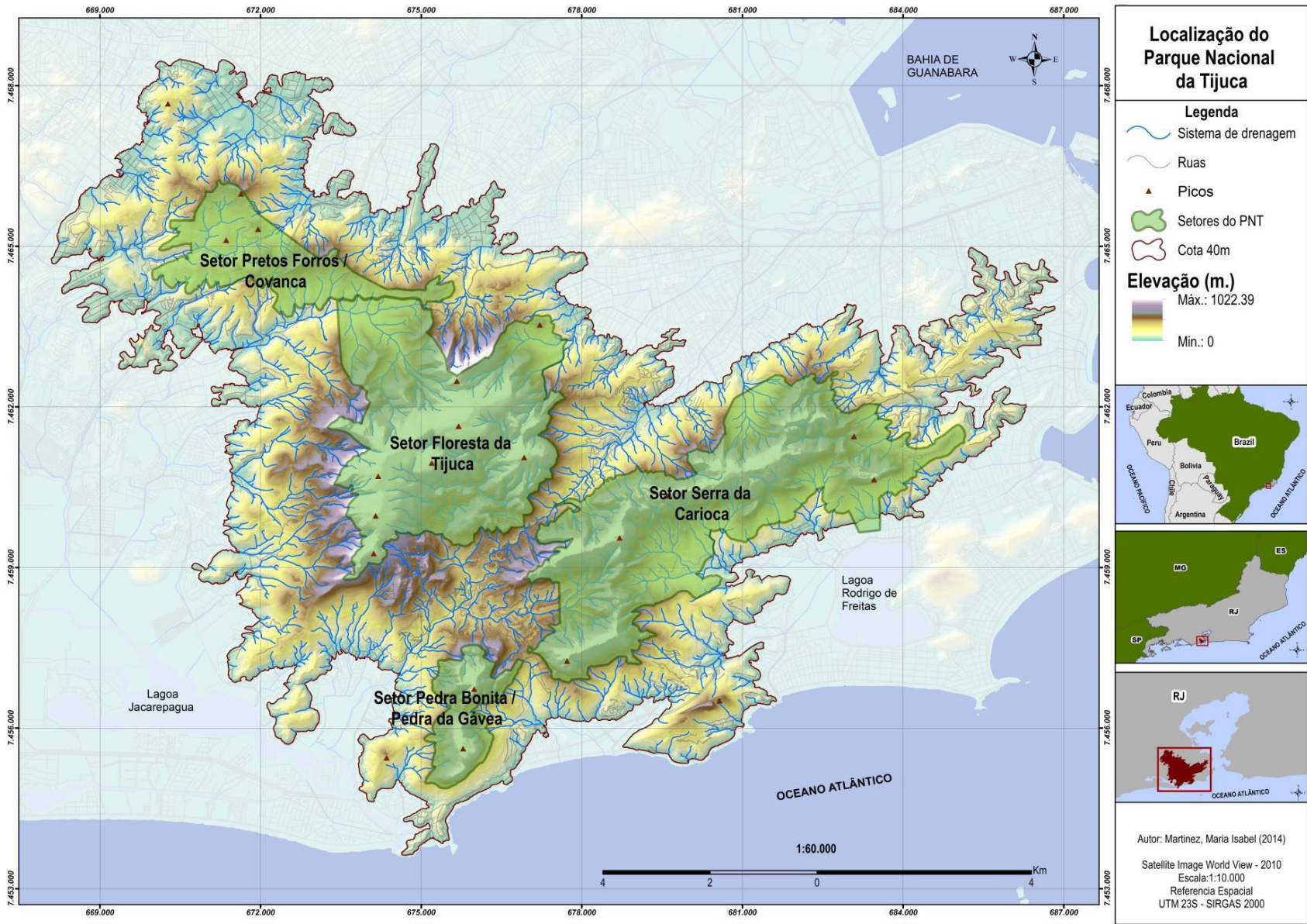
3.1.1. Antecedentes Históricos

No início da história do Rio de Janeiro, foram os povos indígenas como os Tomoios, Goitacá, Tupinambá, Goianá e Botocudo os que habitavam a região do litoral e as baixadas, viviam da pesca, caça e apenas subiam a floresta para caçar e colher frutas, mel e raízes, estabelecendo uma relação sustentável, reverenciando e respeitando os ciclos da natureza, retirando apenas o necessário pra sobrevivência, sem destruir qualquer outro recurso (DRUMMOND, 1997; VIERA, 2001; GUIMARÃES, 2009).

Com a chegada dos europeus à América do Sul, deram-se início aos impactos e alterações do ambiente da Mata Atlântica. Nas primeiras décadas dos séculos XVI, com a expansão das colônias portuguesas nas áreas do atual território brasileiro, as explorações marítimas criaram estabelecimentos que estimularam a exploração dos recursos locais de valor comercial como o “pau-brasil” (*Caesalpinia echinata*), algumas pimentas nativas e a caça de alguns animais valorizados pelos europeus (micos e aves). Estes últimos eram coletados pelos povos nativos em troca de utensílios, espelhos, pentes, enfeites, machadas, facas e até armas de fogo, dentre outros (COSTA, 1986; DRUMMOND, 1997; RIBEIRO, 2012).

Depois da fundação oficial da cidade de Rio de Janeiro em 1565, a cidade passou a ser um porto com cultura europeia, onde a percepção de natureza e recursos naturais iriam sendo apagadas até serem eliminadas com a extinção dos povos indígenas (DRUMMOND, 1997).

Figura 6: Mapa de localização do Parque Nacional da Tijuca-setores.



O colonizador alterou radicalmente a cobertura florestal, extraindo madeiras (lenha para combustível, lenha doméstica e construção), modificando as áreas para agricultura de subsistência e abrindo áreas de pastagem para os animais domésticos (introduziu bovinos, muares e equinos) (DRUMMOND, 1997).



Figura 7: Ilustração do viajante Johann Moritz Rugendas, na primeira metade do século 19⁴. Apresenta o desmatamento da floresta para venda de madeira como carvão e depois do terreno limpo, seria plantado o café.

Alguns séculos depois, no início da República, com a expansão do café (*Coffea arabica*-origem Etiópia, África) na proximidade do centro histórico da cidade do Rio de Janeiro (encostas baixas dos morros, e partes altas das montanhas) abriu-se caminho de um crescimento urbano e suburbano que em longo prazo se transformou em rural e explosivo (DRUMMOND, 1997).

Com o aumento demográfico, as pressões econômicas e os ambientes deteriorado, combinado com as secas e o déficit de água potável, a cidade começou a emitir graves sinais de desgaste. As encostas encontravam-se devastadas sem cobertura vegetal, o que fazia que em épocas de chuvas as águas escoassem em grande volume e velocidade para os riachos provocando inundações a jusante, nas partes baixas da cidade. Isto fez com que as autoridades refletissem e em 1817 se se criou um decreto em que se determinava o fim do corte de árvores junto a mananciais e beiras dos riachos nas proximidades da capital, iniciando-se, assim, a compra de terrenos particulares com o fim de preservar os rios ameaçados. (DRUMMOND, 1997).

O Major Archer juntamente com seis escravos negros em 1861 iniciou o reflorestamento da floresta, com vegetação nativa e exótica, em sua maioria nativa do ecossistema de Mata Atlântica, que ainda restava nos topos dos morros e nas encostas

⁴ Disponível:< <http://www.riodejaneiroaqui.com/pt/historia-da-floresta-da-tijuca-parte2.html>>

mais íngremes (RYFF, 2012), para isso utilizou as mudas existentes no Jardim Botânico e áreas próximas e isto foi possível pela ausência de pressão urbana sobre as encostas, o que possibilitou a regeneração natural da vegetação.

Nos anos 60, o aumento da pressão da população nas encostas levou a tomada de novas medidas de proteção, criando assim o Parque Nacional do Rio de Janeiro no dia 6 de julho de 1961 pelo Decreto Federal 50.923 (no antigo estado da Guanabara).

O Parque Nacional da Tijuca é patrimônio nacional de valor ecológico, histórico e cultural. Em 1992, foi incorporada como Reserva da Biosfera, perante a UNESCO e o Ministério do Meio Ambiente (MMA), por ser considerado um importante fragmento da Mata Atlântica (COELHO NETTO, 2005). Esta compreende quatro grandes áreas: a 'Floresta da Tijuca', o 'Serra da Carioca' (Paineiras, Sumaré, Corcovado e Trapicheiro), 'Pedra Bonita' (Pedra da Gávea) e 'Pretos Forros e Corvanca' (VIERA, 2001; RYFF, 2012).

A partir do século XIX, a cidade do Rio de Janeiro atraiu grande fluxo migratório pela oferta de emprego, aumentando assim a densidade populacional. Já no período de 1920 a população que habitava as favelas chegava a 100.000 pessoas, aproximadamente 9% da população da cidade para a época, segundo Abreu (1992). Entre meados e fins do século o fluxo migratório foi ainda maior, o que atraiu consigo uma crescente na valorização do solo urbano, criando uma situação de crise habitacional, favorecendo ao crescimento das favelas principalmente na área suburbana em direção ao maciço (ABREU, 1992; FERNANDES, 1998).

Cabe ressaltar que durante a década de 70 foram estipuladas leis municipais (Lei nº3800/1970 e nº322/1976) com a finalidade de limitar e regular a ocupação das encostas acima da cota 100 e 60 metros, declaradas como zonas de Reserva Florestal. Nas mesmas não se menciona restrição alguma a respeito da declividade, nem nada relacionado à estabilização das encostas. E ainda na legislação especifica pouco sobre o uso, mais se menciona que e aceito o uso residencial unifamiliar e uso agrícola.

A expansão populacional, no século passado, fez com que parte da população começasse a ocupar trechos do PNT, onde houve uma grande proliferação de habitações mais pobres na forma de comunidades (favelas) e outras ocupações formais no entorno do mesmo, resultando na atual pressão urbana (FERNANDES *et al.*, 2006).

Nesse sentido, o crescimento da cidade ao longo do século XX, favoreceu a alteração da paisagem, criando assim uma fase da degradação florestal (alterando toda a dinâmica hidrológica natural da região) tanto no entorno como dentro do parque, o que levou a consequências prejudiciais para a população, com o aumento de processos erosivos, desmoronamentos ou deslizamentos nas encostas.

Nos últimos anos, a cidade do Rio de Janeiro, assim como em outras partes do estado tem sido castigado por desastres nas encostas dos mais diversos tipos, e isso devido

às condições geológico-geomorfológicas e climáticas da região que intensificados com a ocupação desordenada e ilegal nas encostas produzem a ocorrência dos deslizamentos.

3.1.2. Aspectos Geomorfológicos

A geomorfologia do Rio de Janeiro é extremadamente acidentada, apesar de ter alguns trechos amplos de planície costeira, predominam os morros, colinas e os maciços costeiros. Fazem parte do compartimento geomorfológico dos maciços litorâneos do Rio de Janeiro, o Maciço da Tijuca juntamente com o Maciço da Pedra Branca e o Maciço de Gericinó. Sendo que o primeiro, é o mais urbano dos três maciços costeiros situados na cidade do Rio de Janeiro.

O Maciço da Tijuca apresenta um substrato rochoso de idade pré-cambriana (parte dos planaltos cristalinos), originadas no Proterozóico Superior (mais de 570 milhões de anos atrás) a partir do metamorfismo e da deformação de rochas sedimentares e ígneas pré-existentes (DRUMMOND, 1997). As rochas do sudeste brasileiro encontram-se inseridas nos inúmeros blocos falhados da grande faixa móvel que se formou, denominada Faixa Ribeira. De acordo com Pires e Heilbron (1989), é constituída por gnaisses (Gnaiss Facoidal, Biotita Gnaiss, kinzigitos, Ortognaiss - Gnaiss Archer) e alguns instruções de granito (granito favela). Assim como também de quartzito, pegmatitos, charnoquitos, diques de diabásio, diques de alcalinas e brechas tectônicas, em menor quantidade. Como se observa na Figura 8.

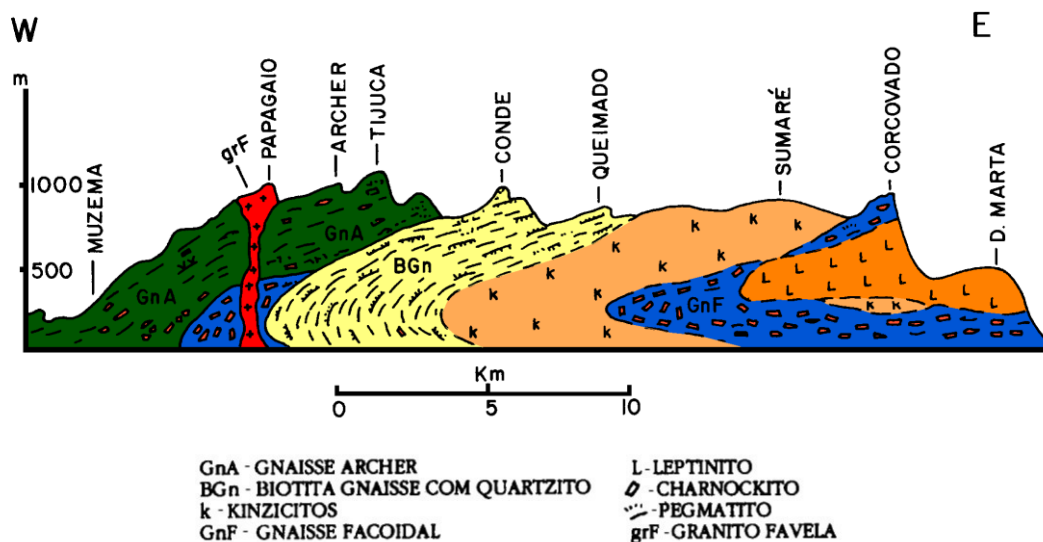


Figura 8: Ilustração do perfil Geológico ao longo da Serra da Carioca (Pires e Heilbron, 1989).

As rochas predominantes se dispõem em um grande dobramento deitado, com falhamentos deslocando as litologias, e são as mesmas rochas as que propiciam a formação

de blocos rochosos (COELHO NETTO, 2007B). Apresenta uma orientação geral no sentido Noreste-Sudoeste, aproximadamente paralela a linha do litoral (OLIVEIRA *et al.*, 1995). A geometria das encostas se torna complexa pelo forte controle lito-estrutural no desenvolvimento do relevo, no entanto a vertente sul do maciço apresenta uma declividade média superior da vertente norte (COELHO NETTO, 1992).

É neste ambiente de montanhas onde prevalece à erosão por ação gravitacional (deslizamentos), principalmente do tipo translacional, rastejo e fluxos. Estes movimentos ocorrem preferencialmente nas encostas convexo-retilíneas com declividades superiores a 35°, enquanto os demais tendem a ocorrer nas encostas côncavas no fundo de vales sobre declives menores (entre 14° e 17°) (COELHO NETTO, 2005).

Dentro da área de estudo se encontram aspectos morfológicos peculiares com a presença de picos, pontões montanhosos arredondados (ou “pães de açúcar”), mesas as quais evoluem paredões escarpados e um conjugado de formas. Dentre eles se destacam: O Pico da Tijuca (1021 m), O Bico do Papagaio (975 m), O Corcovado (720 m), Morro Dona Marta (362 m), a Pedra do Grajau (446 m), a Pedra da Gávea (842 m) e a Pedra Bonita (693 m) (AMARAL, 1986; COELHO NETTO, 1992).

Os solos, segundo Coelho Netto (1979), caracterizam-se pelo predomínio de grandes extensões de Latossolos, com perfis profundos e horizontes pouco diferenciados nas áreas de menor gradiente, onde se tornam mais espessos os depósitos de encostas. Já nas áreas mais íngremes aparecem localmente solos tipo Litossolos e Cambissolos. E, segundo Drummond (1997), os solos são rasos e instáveis com grande incidência de fragmentos rochosos incompletamente erodidos.

3.1.3. Aspectos Climáticos

A região litorânea do estado do Rio de Janeiro caracteriza-se por ser uma área de contato do sistema de circulação das latitudes elevadas, apresentando ainda influência da variação de altimetria e da maritimidade, que concorre para uma maior pluviosidade na região (COSTA, 1986), o que resulta na ocorrência de chuvas orográficas (ventos carregados vindos do mar se tornam responsáveis por os diferentes níveis de precipitação) e de umidade nas encostas norte e sul, sendo as últimas mais úmidas. (OLIVEIRA *et al.*, 1995; GEOHECO, 2000).

Além disso, as encostas voltadas para o Norte apresentam condições climáticas mais secas e uma ocupação urbana mais intensa. Segundo Oliveira *et al.* (1995), esta porção apresenta uma vegetação composta por floresta degradada e gramínea, caracterizando uma crescente degradação. Além disso, Bierkeland (1974, apud.

GEOHECO, 2000) demonstra que a orientação de encostas influencia a temperatura dos solos e também os processos pedogenéticos, causando diferenças estruturais nos mesmos.

Costas (1986) salienta que a influência de núcleos urbanos em direção as encostas dos maciços (desmatamentos, queimadas e novas áreas informais) têm ocasionado alterações nas condições climáticas ambientais, produzindo microclimas na região, assim como a alteração nos processos hidrológicos e na estabilidade das encostas.

O Maciço pode ser dividido em três grandes subsistemas hidrográficos ou setores, os quais drenam em direção a Baía de Guanabara, à lagoa da Tijuca ou de Jacarepaguá, à lagoa Rodrigo de Freitas ou diretamente para o oceano Atlântico- Zona Sul (COELHO NETTO, 2005; FERNANDES *et al.*, 1999). Desta maneira, pode-se observar que a dinâmica hidrológica do maciço influencia no comportamento hidrológico dos canais na área de planície.

Em termos hidrológicos, os rios que drenam o Maciço da Tijuca encontram-se bastante alterados, devido às condições de degradação ambiental provenientes da ocupação desordenada, remoção florestal e queimadas, fazendo que boa parte de seus rios apresentem um regime temporário (COSTA, 1986; FERNANDES, 1999).

Segundo a classificação de Köppen, o Maciço da Tijuca possui um Clima Tropical de Altitude e, segundo Gausser, trata-se de clima subequatorial, definido como hipotérmico (OLIVEIRA *et al.*, 1995), com precipitação média anual entorno de 2.000 e 2.500 mm, com maior concentração no verão; podendo atingir picos de até 3.300 mm em anos muito chuvosos (COELHO NETTO *et al.*, 2007C; ACCIOLY, 2011). Apresenta uma temperatura média anual em torno de 22°C, sendo a máxima de 25°C registrada em fevereiro e a mínima de 19°C em julho (FERNANDES, 1999).

Segundo Coelho Netto *et al.* (2008), se destacam dois tipos de regimes de chuva na região sudeste brasileira, as chuvas menos intensas que são de longa duração e as chuvas extremas de curta duração, sendo estas últimas as que estão associadas a relação chuva-deslizamento na região, e afetam de maneira direta as encostas dos maciços.

Conforme menciona Coelho Netto (2012), a floresta intercepta entre 17% e 23% da chuva anual (o que corresponderia em média de 2.300 mm) e a distribuição sazonal é marcada por um período menos chuvoso, entre junho e agosto, aumentando gradualmente no verão. Já entre outubro e março ocorrem as maiores chuvas com valores extremos geralmente entre janeiro e fevereiro, onde a média mensal de 250 mm pode ultrapassar 1.000 mm/mês (COELHO NETTO, 2012).

3.1.3.1. Eventos extremos de chuva associado a deslizamentos

Nos eventos pluviométricos mais intensos, podem ocorrer escoamentos com descargas maiores e mais rápidas, induzindo a ocorrência de inundações nas porções inferiores dos vales e baixadas adjacentes sendo estes episódios de caráter catastrófico, como os casos registrados em março de 1966, fevereiro de 1988, fevereiro de 1996 e abril de 2010.

Na Figura 9, mostra se o histograma de precipitação da estação pluviométrica Capela Mayrink, onde se observam os picos de chuva para os anos 1988 e 1996, e a quantidade de precipitação acumulada para cada ano.

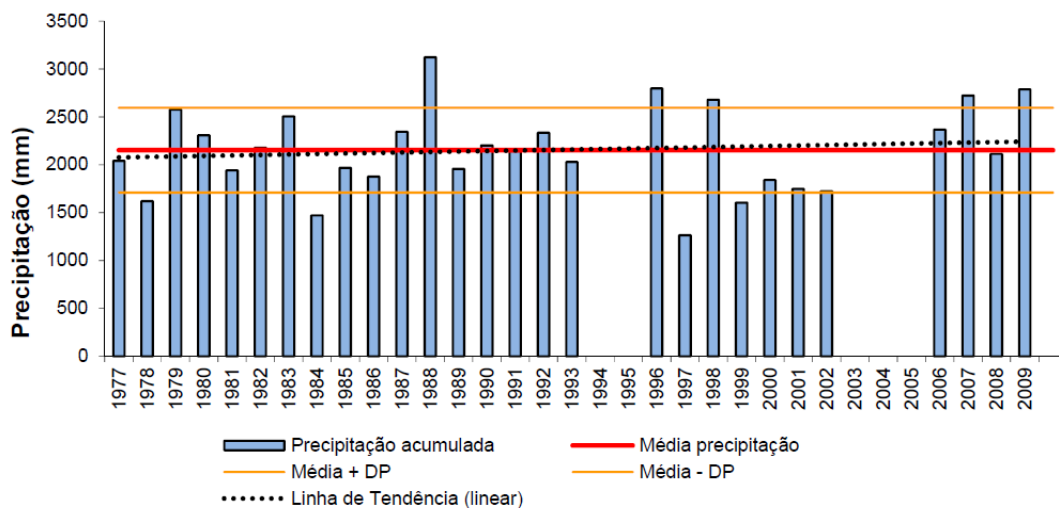


Figura 9: Histograma de precipitação acumulada anual da estação pluviométrica Capela Mayrink para o período de 1977 a 1993, 1996-2002 e 2006- 2009. (Negreiros, 2011)

Nos dias 12 e 13 de fevereiro de 1996 ocorreram grandes incidências pluviométricas sobre a cumeada do Pico do Papagaio, na estação Capela Mayrink, sendo que nesta última foi obtido o registro de um total de 380 mm de chuva em menos de 24 horas. Este evento acumulou duas grandes tempestades uma pela manhã e outra no início da noite, como descrito por Coelho Netto (1996) e Vieira *et al.* (1997), o acúmulo das tempestades detonou centenas de deslizamentos na porção oeste do maciço (ver Figura 11 - A e B), especialmente na vertente de Jacarepaguá, assim como inúmeros pequenos deslizamentos ocorreram ao longo das estradas que cortam o maciço.

Os materiais convergiram para os cursos d'água do Quitite e Papagaio, segundo Oliveira *et al.* (1996), prevaleceram movimentos do tipo fluxo "debris flows" (movimentos translacionais) e avalanche de detritos "rock debris avalanche" de extensões diversas, detonados nas porções superior e média das encostas (COELHO NETTO, *et al.*, 2012),

deixaram cicatrizes erosivas desde a zona cumeada e dos interflúvios rebaixados como descrito por Amaral (1996) e Coelho Netto *et al.* (2009).

Os deslizamentos mencionados causaram inúmeras perdas e danos socioambientais, com destruição total ou parcial de edificações formais e informais ao longo da trajetória de deslocamento dos materiais (COELHO NETTO, *et al.*, 2012). Os deslizamentos ocorridos cobriram uma área total de 150.08 há.

Estudos realizados na área demonstram que apenas 14% dos casos foram em encostas sob floresta conservada, 43% em vegetação florestal degradada e 42% sob gramínea (CRUZ *et al.*, 1999 e OLIVEIRA *et al.*, 1996).

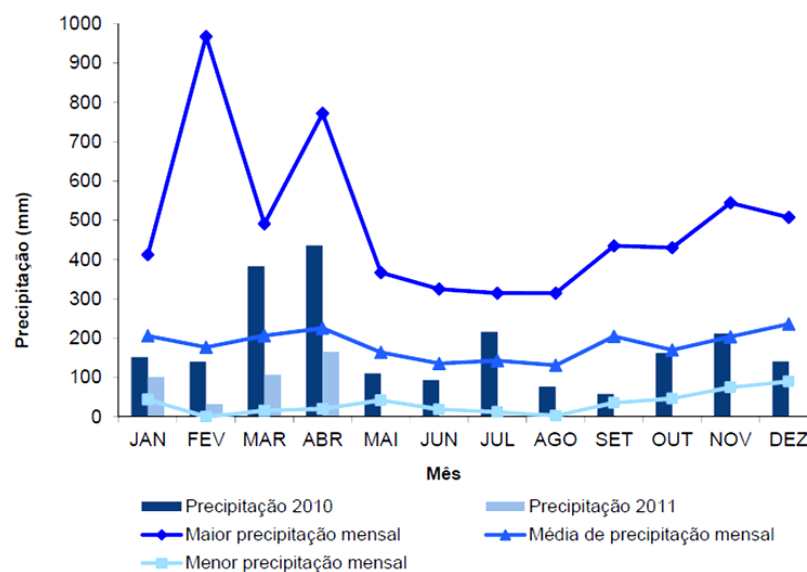


Figura 10: Histograma da precipitação acumulada mensal, média mensal, máxima e mínima de chuvas acumuladas mensais da estação Capela Mayrink; entre janeiro de 2010 a abril de 2011. (Negreiros, 2011)

Segundo Coelho Netto, *et al.* (2012) este evento concentrou-se sobre as rochas de tipo Granito Favela (7.8%) e Gnaiss Facoidal (45.4%) da área total do maciço. A autora menciona que os granitos favoreceram a produção *in situ* de blocos, aliados a presença de colúvios ricos em blocos, o que explicaria a formação dos fluxos detriticos que avançaram pelos fundos dos vales drenados pelos rios principais e atingiram duramente as áreas de baixada circundante.

O último evento de extrema precipitação ocorreu entre os dias 5 e 8 de abril de 2010, e segundo Negreiros (2011) registrou-se 320,8 mm em 48 horas na estação Capela Mayrink, sendo que a intensidade máxima alcançada foi de 29,8 mm/h às 18 horas do dia 5, com picos de chuvas em determinadas horas, gerando uma grande concentração de pluviosidade num curto período. Como mostrado na Figura 10, este evento foi precedido de um mês de março muito chuvoso, culminando na detonação de deslizamentos em diversos

pontos do maciço. Cabe ressaltar que, as chuvas não foram espacialmente uniformes, gerando ocorrências pontuais do tipo translacional e os materiais se deslocaram curtas distâncias, mantendo-se desconectados das redes de drenagem (ver Figura 12).

As Figuras 11A, 11B, 11C e 11D, evidenciam bem os eventos extremos que causaram grandes transtornos para a cidade do Rio de Janeiro, sendo os eventos de fevereiro de 1998 e abril de 2010, os que causaram diversos deslizamentos, além de enchentes em vários pontos da cidade.

Segundo Coelho Netto, *et al.*, (2012) as cicatrizes de deslizamento de maior extensão ocorreram nas encostas do Sumaré, Santa Teresa, Tijuca e Jardim Botânico, alguns destes atingiram locais com alta densidade populacional, causando perdas humanas assim atingindo locais com alta densidade populacional.

Para conhecer a relação entre chuvas extremas e os deslizamentos, Guidicini & Iwasa (1977) demonstraram que precipitações acima de 250 - 300 mm poderiam provocar deslizamentos em todas as condições. Os mesmos propuseram um índice para avaliar o risco de deslizamento, onde os resultados são classificando em quatro classes: A, B, C e D, as quais expressam graus de riscos de deslizamentos decrescentes. Coelho Netto, *et al.*, (2012) aplicaram este índice para os eventos de chuva extremas no Maciço da Tijuca, para comparar a magnitude destes eventos.

Na Figura 11 apresenta os resultados, onde se ressalta que os eventos de 1988 e 2010 apresentam menor magnitude, classificados no Grupo B, em contraste com o evento de 1996, que o classifica no grupo A como de maior magnitude, de fato, este último apresentou efeitos de grandes danos com perdas socioambientais e econômicas.

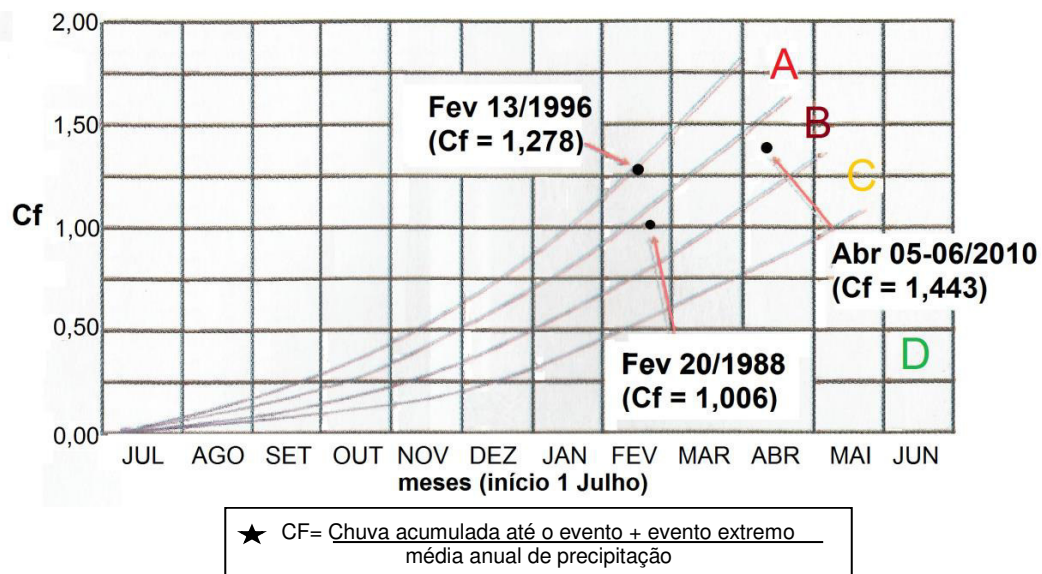


Figura 11: Gráfico da curva de precipitação- deslizamento segundo o coeficiente de Guidicini & Iwasa (1977) aplicada nos casos de chuvas extremas no Maciço da Tijuca. (Coelho Netto, *et al.* 2012)

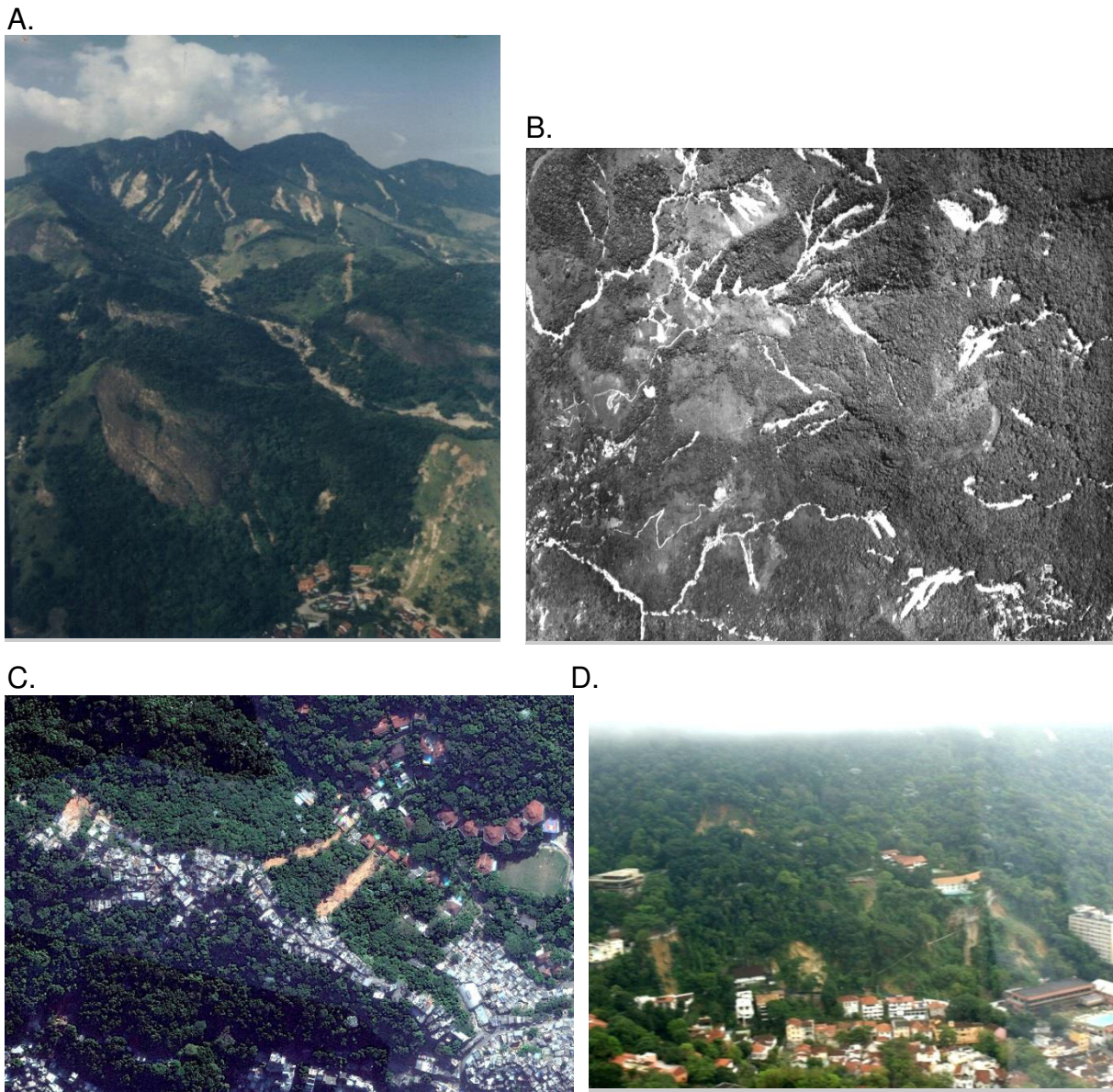


Figura 12: Imagens dos deslizamentos ocorridos no Maciço da Tijuca - Rio de Janeiro nos anos de 1996-março e 2010-abril. (A) Deslizamentos na Bacia do Rio Quitite-1996, (B) Cicatrizes de deslizamento-1996, (C) Deslizamentos no Laboriux-2010, (D) Deslizamentos no Alto Humaita-2010. (Fotos: Coelho Netto)

3.1.4. Aspectos da Vegetação

Considerando que as florestas tropicais geralmente se desenvolvem em solos pobres em nutrientes, sua existência depende fortemente de mecanismos autoreguladores e retroalimentadores. Com a interceptação das chuvas nas copas das árvores, inicia-se o processo de incorporação dos nutrientes. A chuva armazenada na serrapilheira⁵, parte fica e

⁵ Serrapilheira é o manto de detritos orgânicos (folhas, galhos, sementes, etc.) acumulado no piso florestal e que sofre decomposição sob ação do microclima e da micro e meso-fauna endopedônica, liberando e estocando nutrientes no compartimento superior dos solos (GEOHECO, 2000).

a restante infiltra no topo do solo, percolando através dos sistemas radiculares, e a parte não estocada armazenada retorna a atmosfera ou escoar para os rios. Segundo Oliveira *et al.*(2002), a serrapilheira e a malha de raízes finas que funcionam como um filtro que captura os nutrientes da água da chuva que entram no sistema florestal.

Segundo os relatos de Drummond (1997) durante os anos de 1500 a área onde é o maciço, encontrava-se coberta por florestas úmidas tropicais latifoliadas e perenifólias (maduras primárias ou secundárias), comumente chamadas de Mata ou Floresta Atlântica, sendo destruídas pela atividade humana. Este é um bioma próprio da zona costeira brasileira e engloba diferentes formações florestais, restingas e manguezais, sendo altamente heterogêneo. Contém uma diversidade de ecossistemas assim como uma grande variedade de espécies e estágios sucessionais que nela se desenvolvem, devido às condições geológica, pedológica, geomorfológica e hidroclimática (COSTA, 1986; FERNANDES, 1998; COELHO NETTO, 2005).

Coelho Netto (1985) distingue uma diversidade de espécies em classes de estratos, podendo ser descritos em: *estrato arbóreo* (composto por espécies que podem atingir entre 20 e 25 metros de altura), *estrato arbustivo* (se desenvolve num ambiente de luz difusa sob umidade constante e temperatura menos variável, as espécies são de porte menor e, mas delgadas), *estrato herbáceo* (as espécies não ultrapassam os 2 metros de altura) e *compartimento epifítico* (se desenvolvem sobre os troncos e ramos das outras plantas). Como se observa na figura 13.

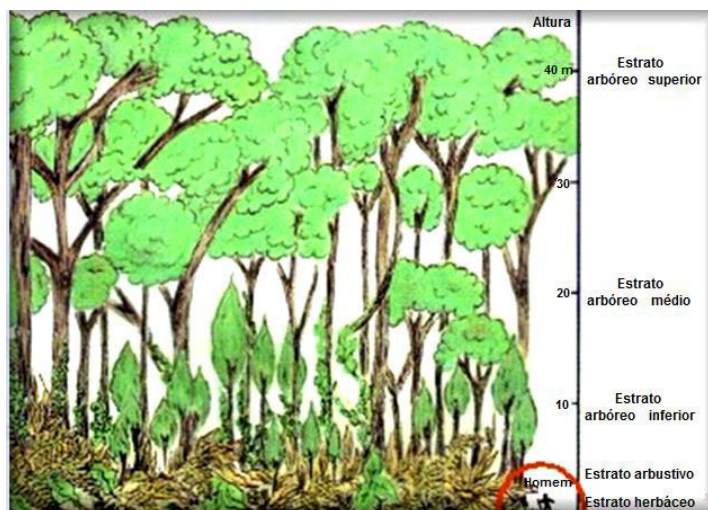


Figura 13: Estratos na Mata Atlantica (INPA,2014). Neste desenho observamse os estratos da Floresta Atlântica (mata latifoliada perene).

Segundo Oliveira *et al.* (1995), nas encostas voltadas para o sul a serrapilheira apresenta maior umidade do que a vertente norte, além de maior número de espécies vegetais, com indivíduos mais altos e mais espessos. Sendo isto definido pela maior

luminosidade e maior disponibilidade d'água na vertente sul. A isto se atribui a maior susceptibilidade a incêndios florestais do lado Norte.

De acordo com os estudos feitos pelo GEOHECO (2000) no período de 1972-1984, a taxa de devastação florestal no Maciço da Tijuca, atingiu 0,5km²/ano, duplicando no período entre 1984-1996 (0.97km²/ano). Sendo que a perda de 'Floresta Clímax' local e 'Secundária Tardia' entre 1972 e 1996, atingiu uma área total de 18km².

As áreas limites da floresta com o urbano se encontram em processo de devastação, na maioria das vezes, ocorrem de maneira criminosa e intencional pela ação humana para a expansão das favelas, a queima de lixo e incêndios provocados por balões. Como consequência desses processos as espécies vegetativas que ressurgem naquelas áreas são as capoeiras e o capim colônio (*Panicum maximum Jacq.*) promovendo assim a degeneração das florestas em estágios sucessionais mais avançados (COSTA, 1986; ZAÚ, 1994; COELHO NETTO, 2005).

Segundo Fernandes *et al.* (2006), a substituição da cobertura vegetal original do maciço por feições urbanas e áreas de gramíneas contribuiu para a modificação do comportamento hidrológico, o que favoreceu o aumento dos processos erosivos e, por conseguinte, as descargas líquidas e sólidas que podem atingir as áreas circundantes de baixada.

O estudo realizado por estudo de Accioly (2011) mostrou que a área ocupada pela floresta no ano 2004 era de 56,7% do total, a vegetação arbóreo-arbustivo de 7,3%, a vegetação alterada de 4,0% e as gramíneas de 6,1%. A autora menciona que as diversas classes de uso do solo encontradas no maciço da Tijuca, estão relacionadas com diferentes fatores como a ocupação humana densa e desordenada, assim como a maior exposição solar na parte norte, e a poluição industrial.

Últimos estudos mostraram que a maior parte da cobertura do Maciço é florestal, mas também existem outros tipos de coberturas, dentre as quais se destacam as áreas de vegetação arbórea-arbustivo e gramínea, assim como extensos bananais dispersos e eucaliptos em pontos localizados. Da mesma forma, a fauna teve grandes alterações e, na atualidade, vem sendo influenciada de maneira direta pela ocupação humana que se encontra no entorno do maciço.

CAPITULO 4: MÉTODOS E MATERIAIS

Neste capítulo serão expostos os procedimentos que foram utilizados com a finalidade de atender ao objetivo principal desta dissertação: análise e mapeamento da suscetibilidade à ocorrência de deslizamentos translacionais rasos no Maciço da Tijuca, avaliação das áreas vulneráveis, e identificação das áreas urbanas (formal e informal) suscetíveis.

O software utilizado neste estudo é o ArcGis10.1, licenciado para uso no Laboratório GEOHECO-UFRJ, com base no qual foi elaborada a presente pesquisa geográfica através da utilização de técnicas de geoprocessamento.

No estudo utilizou-se o método Analítico-Integrativo, do qual foi necessário tratar os dados cartográficos, atualizar algumas bases e elaborar o mapa da Cobertura Vegetal e uso do solo, baseado na imagem de satélite do ano 2010. Foram também elaborados índices e mapas bases. Posteriormente, se procedeu a integração destes mapas com atribuição de pesos e ponderações segundo a relevância das categorias mapeadas frente aos mecanismos de deslizamentos predominantes na área de estudo e dados de população para poder obter os setores em risco.

Foram considerados como base os projetos: “Estudos de qualidade ambiental de Geoecossistema do Maciço da Tijuca: subsídios à regulamentação da APARU do Alto da Boa Vista”, (GEOHECO, 2000) e “Mapeamento de Áreas de Riscos, Frente aos Deslizamentos de encostas no Município de Angra Dos Reis, RJ”, (COPPETEC-SEA/RJ, 2012).

A Figura 14 apresenta o modelo de cruzamento para a escala 1:10 000, e mostra as etapas que serão acompanhadas para alcançar o resultado, que neste caso será o Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos translacionais rasos no Maciço da Tijuca.

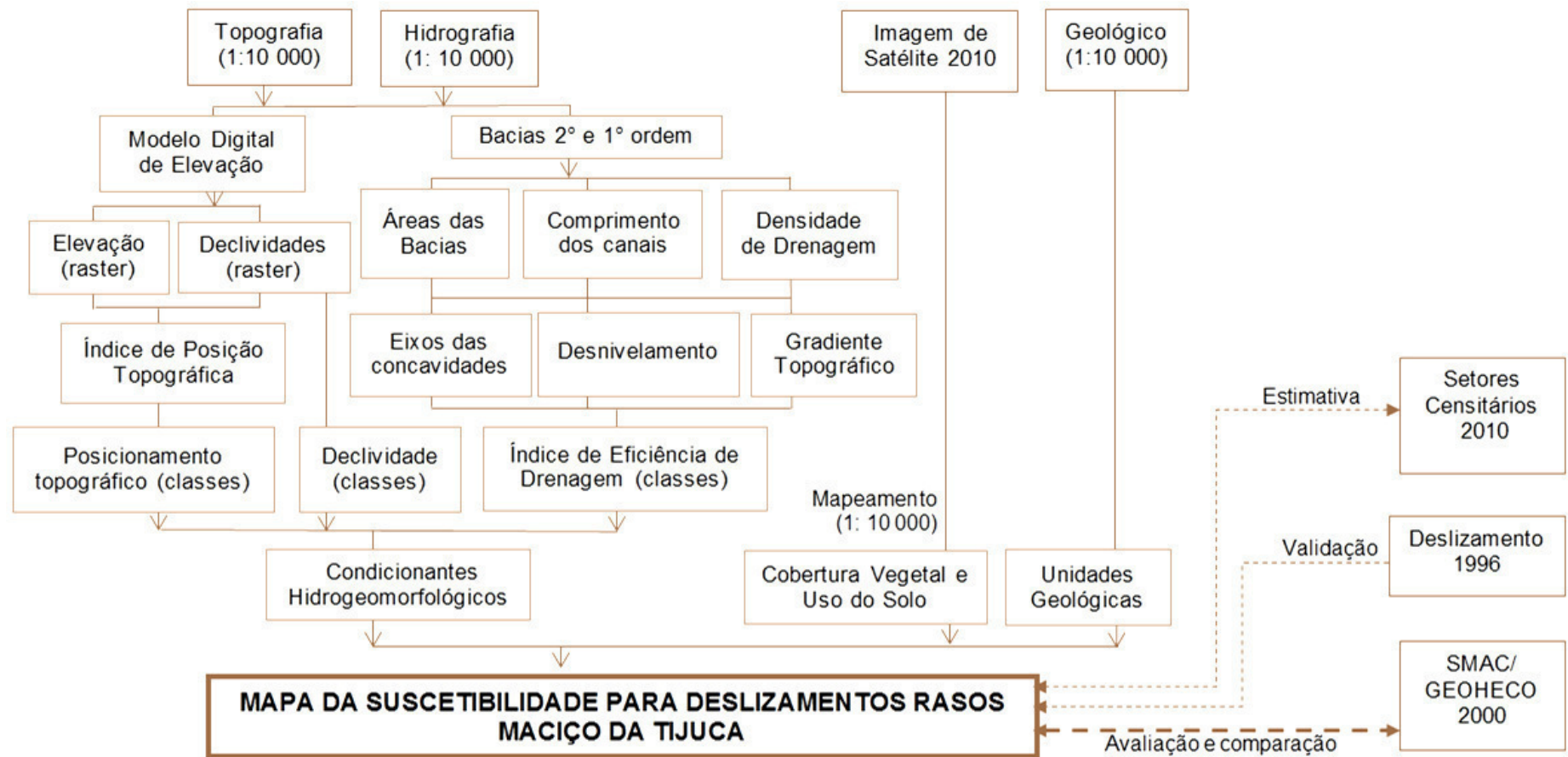


Figura14: Fluxograma Metodológico para a Avaliação da Susceptibilidade para Deslizamentos Translacionais Rasos- (1:10 000).

4.1. Método Analítico-Integrativo

O “Método Analítico Integrativo” proposto por Coelho Netto (1993) encontra-se baseado nas análises das estruturas funcionais que atuam nas relações entre os elementos geobiofísicos e sócio-culturais que integram a paisagem. Entendido como as inter-relações entre os dados-bases de uma área, que mostrariam o funcionamento e os mecanismos dos processos que poderiam acontecer. Sendo estes dados integrados num ambiente SIG.

De acordo com Fernandes (1998), o método propõe sucessivas etapas de análises, indutivas e dedutivas, intercaladas pelo cruzamento de mapas temáticos submetidos a diferentes etapas de agregações e desagregações. O método aplicado pode ser resumido pelas seguintes etapas: a) preparação e tratamento da base de dados; b) elaboração dos temáticos básicos; c) síntese temática (reclassificação e redefinição das classes, por comportamento semelhante); d) definição de pesos, discutido por um grupo de especialistas; e) cálculo e elaboração do mapa síntese; f) análise dos resultados.

São considerados de especialistas, o grupo de pesquisadores conhecedores do tema, que mediante as críticas, validações e recomendações, determinaram pesos às variáveis e, assim, foi possível obter um mapa síntese final.

4.1.1. Modelo de cruzamento

O presente modelo brinda a avaliação da susceptibilidade de terrenos para deslizamentos translacionais rasos, considerando que este tipo de deslizamentos ocorre com mais frequência em ambientes montanhosos como visto no início deste capítulo.

A integração dos mapas temáticos que serão avaliados posteriormente foi conduzida com base na atribuição de valores numéricos e ponderações segundo a relevância das categorias mapeadas frente aos mecanismos de deslizamentos predominantes na área de estudo.

Primeiro, devido ao grande número de variáveis que possuíam os mapas temáticos (Fator), se decidiu agrupar algumas classes baseado na similaridade e funcionalidade frente aos mecanismos de deslizamentos. Por conseguinte, buscou-se determinar ponderações para cada Fator considerando seu potencial hidroerosivo e grau de importância, ou seja, se comparou quanto uma das Variáveis é mais importante frente às outras Variáveis, pensando na funcionalidade de cada Classe frente à vulnerabilidade a ocorrência de eventos extremos.

A importância relativa de cada Fator se baseou na experiência e conhecimento dos pesquisadores do laboratório GEOHECO; que após consenso e discussões atribuíram um

valor para cada Fator. Depois se distribuiu um valor para as ponderações de cada variável e logo para cada classe. O cálculo será realizado da seguinte forma:

“Multiplica-se o Fator de ponderação de cada variável, pelo Valor das Classes de cada variável respectivamente. Após estes valores encontrados, serão multiplicados pelo Fator Ponderado e divididos pela quantidade de variáveis que possui o Fator. Nos casos em que o Fator não tiver Variáveis, realiza-se a multiplicação do Fator Ponderado, pelo valor das classes do respectivo Fator. No Final soma-se o valor resultante de cada Fator, e se divide este valor pelo numero de fatores abordados no cálculo.

$$\text{Valor condicionante} = \frac{[(FV (IED 0.40)*VC(Baixo 0.60)+(FV (IED 0.40)*VC(Medio 0.30)+ (FV (IED 0.40)*VC(Alto 0.10))]}{3}$$

$$\begin{aligned} \text{Onde: } FV &= \text{Fator de Ponderação da variável} \\ VC &= \text{Valor da Classe} \end{aligned} \quad (1)$$

Desta forma foi construído algebricamente o mapa, onde cada célula do mapa final vai apresenta a informação recebida de todas as bases utilizadas.

4.2. Base de dados

O presente estudo teve o trabalho de atualizar e retificar erros de topologia dos dados existentes na base de dados do Laboratório. Destas bases foram elaborados dados secundários, os quais serviram para o foco do estudo, empregando uma escala adequada e utilizando o ambiente SIG.

4.2.1. Projeção

Antes de utilizar os dados disponíveis para o presente estudo, foi preciso realizar uma revisão, verificando desta maneira, que todas as bases se encontram em uma mesma escala e projeção.

Primeiramente, estabeleceu-se um padrão para as camadas que irão ser utilizadas, para evitar distorções no posicionamento, o que poderia gerar erros nas análises. Para isto, foi decidido utilizar o sistema geodésico de projeção Universal Transversa de Mercator-UTM e datum SIRGAS 2000, pois representa melhor a América do Sul, como recomendado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Para a conversão dos dados foram utilizados os Parâmetros de Transformação Cartográficas sugeridos pelo IBGE. Os mesmos foram inseridos no programa ArcGis 10.1

mediante a ferramenta que cria um padrão de transformação personalizado (*create custom geographic transformation*). Criando se assim o padrão “SAD 69 - SIRGAS 2000”, onde:

$$\Delta X = - 67.348 \text{ m.}$$

$$\Delta Y = + 3.879 \text{ m.}$$

$$\Delta Z = - 8.223 \text{ m.}$$

Esta conversão foi feita para todos os dados utilizados para melhor precisão na localização da área de estudo.

4.2.2. Base Cartográfica

Os dados foram obtidos por meio do Laboratório de Geo-Hidroecologia e do Instituto Pereira Passos (IPP), órgão que pertence à Prefeitura do Rio de Janeiro–IPP, os quais se encontravam no sistema de projeção Universal Transversa Mercator (UTM), zona 23 e datum horizontal SAD69. São eles:

4.2.2.1. Topografia

Nesta camada encontram-se as curvas de nível (possui uma equidistância de 2 metros) e os pontos cotados, numa escala de 1:10 000. Observou-se que o arquivo possuía muitas falhas e erros de segmentação, sobreposição, entrecruzamento, assim como erros nos valores de elevação.

Para realizar a correção deste arquivo procedeu-se com uma avaliação mediante a ferramenta de geoprocessamento “*Topology*” numa *Geodatabase*, dentro da qual se julgou as linhas que compõem as curvas de nível, para assim poder editar, criar ou validar a topologia mediante as regras: *Must be Not Overlap*, *Must be Not Intersect*, *Must be Not Have Dangles*, *Must be Not Have Pseude Nodes*, *Must be Not Self- Overlap*, *Must be NotSelf Intersect* e *Must be Not Single Part*.

Mediante as regras mencionadas, pretendeu-se identificar e reduzir ao máximo os erros que o arquivo apresentava, como também para ter melhor precisão nos dados. No entanto, foi necessária a correção manual, curva a curva, devido à ocorrência de inúmeras distorções. Do mesmo modo, foram revisados os valores de elevação.

Depois de realizar todas as correções necessárias se obteve uma camada topologicamente correta.

4.2.2.2. Hidrografia

Nesta base se encontra a rede hidrográfica numa escala de 1:10 000.

Para a utilização destes arquivos, foi necessária realizar a atualização dos canais para toda a área de estudo, visto que a base original apresentava canais mutilados, e em certos casos, canais ausentes.

Este arquivo foi ajustado e atualizado mediante a ferramenta *ArcHydro 10.1* do software *ArcGis*. Esta ferramenta proporciona uma modelagem hidrológica a partir de mapas digitais de solo, e facilita a manipulação de diversas informações necessárias para a compreensão do comportamento hidrológico (ARAÚJO, 2013).

Para utilizar o *ArcHydro* foi preciso utilizar o Modelo Digital de Elevação (MDE), transformar o modelo em *raster*, e realizar outros processos dentro do programa que delimitará as áreas de contribuição para geração de fluxo d'água. Isto vai gerar os eixos de drenagem das bacias, e a direção de fluxos da drenagem.

Assim mesmo, foi necessário fazer o TIN (triangulação de *Delaunay*), o qual é um método matemático, que preserva as características topográficas, sendo as linhas de altitude máxima os divisores e os pontos cotados; e as linhas de altitude mínima a hidrografia. Para este estudo utilizou-se uma resolução espacial de 5 x 5 metros, onde cada célula representa 25 m².

Depois de obter a nova camada hidrográfica, procedeu-se com a eliminação de todos os canais com extensão menor de 25 m, por ser o mínimo valor visível ao olho humano, segundo a escala do estudo (1:10 000).

Posteriormente, realizou-se a correção visual de todos os canais, eixo por eixo, pois, em muitos casos, o programa cria canais em espaços incorretos. Desta maneira, poder-se-ia afirmar, que sempre é necessário fazer uma revisão visual, dos processos automáticos, pois a probabilidade de ter uma faixa mínima de erros é normal, e por outro lado, o pesquisador tem a capacidade de jogar segundo seus conhecimentos e também considerando a área de contribuição e as áreas côncavas na concentração de fluxos. Paralelamente, foi necessário o uso do Índice de Posicionamento Topográfico (TPI), as curvas de nível, os topos cotados e imagem de satélite, para poder realizar uma 'limpeza' (adequação) dos canais tributários que o programa *ArcHydro* tinha criado e que não tinha relação com o mundo real.

4.2.3. Base Hidro-Geomorfológica

Nesta etapa, foram utilizadas as bases cartográficas descritas previamente, e foram definidos alguns parâmetros morfológicos relevantes os quais estão relacionados com as variáveis estruturais da bacia hidrográfica e relevo, focalizando as funcionalidades hidro-erosivas potenciais: Posição Topográfica, Declividades e Índice de Eficiência de Drenagem. Foi obtido um mapa final onde se poderá observar a diferença entre as áreas com maior potencial de deposição e áreas com maior potencial de destacamento e transporte de sedimentos.

A integração dos índices será realizada conforme o Método Analítico-Integrativo, segundo descrito no início do capítulo quatro.

4.2.3.1. Índice de Eficiência de Drenagem – IED

O Índice de eficiência de drenagem indica a importância de alguns parâmetros geomorfológicos que influenciam no comportamento hidrológico de uma bacia de drenagem (FERNANDES, 1998), sendo um indicador da permanência d'água no sistema hidrológico, indicando áreas com capacidades de drenagem distintas.

O IED é definido como o valor resultante do produto do Gradiente Topográfico (Desnívelamento/Comprimento do eixo côncavo principal) pela Densidade de Drenagem (Comprimento Total de Canais/ Área da bacia) (COELHO NETTO *et al.*, 2007c), como definido na equação (2).

O Gradiente Topográfico foi definido para cada bacia, seguindo o método sugerido por Meis *et al.* (1982), no qual o desnívelamento (diferença entre ponto de maior altitude e a altitude de seu ponto de saída) está sobre o comprimento do eixo principal da bacia. Estes dados foram retirados diretamente do MDE por serem mais precisos, o que não ocorre quando é feito manualmente sobre a base topográfica.

A Densidade de drenagem foi obtida através da relação apresentada por Christofolletti (1974), a qual representa a relação das zonas de fluxos permanentes com a área total da bacia, sendo o comprimento total de drenagem sobre a área da bacia.

Onde: (2)

$$\text{IED} = \text{Dd} \times \text{G}$$

IED= Índice de Eficiência de Drenagem (m/m)

Dd = Densidade de drenagem (m/ m²)

G = Gradiente Topográfico (m/m)

Sendo que:

$$\text{G} = \text{Dn} / \text{Ccp}$$

$$\text{Dd} = \text{Cd} / \text{A}$$

Onde:

Dn = Desnívelamento (m)

Ccp = Comprimento do Eixo
côncavo principal (m)

Onde:

Cd = Comprimento total de
canais de drenagem (m)

A = Área da bacia (m²)

Os valores de IED permitem que sejam realizadas análises comparativas entre as bacias indicando aquelas onde há maior ou menor permanência de água no sistema e a partir disso àquelas com potencial de erosão (*lato sensu*).

A partir da base topográfica com a drenagem reconstituída, se procedeu com a separação das bacias de segunda ordem, segundo a classificação de Stralher (1952), como descrita na revisão bibliográfica. As bacias de segunda ordem foram delimitadas manualmente sobre as bases cartográficas. Para a obtenção do IED, além de incluir as bacias de segunda ordem, foi necessário incluir as bacias de primeira ordem que se encontravam no entorno das bacias já mencionadas, pela abrangência da área.

O resultado do cálculo do IED foi classificado segundo o critério de separação por quebras naturais (natural breaks) em quatro classes: Muito Alto, Alto, Médio e Baixo. Assim mesmo foram considerados os seguintes critérios nos intervalos de valores utilizados já em outros estudos (COPPETEC-SEA/RJ, 2012):

- **Baixo IED:** indica maior dificuldade de drenagem e retenção de água subterrânea. Considerado crítico para a geração de rastejo nos fundos de vale e para geração de deslizamentos rotacionais nas encostas de média declividade.
- **Médio IED:** indica alguma dificuldade de drenagem e retenção de água subterrânea. Considerada como intermediária para a geração de rastejo e fluxos de detritos nos fundos de vale. Na posição de encostas de média declividade, se observa uma condição intermediária para deslizamentos rotacionais e translacionais rasos.
- **Alto e Muito Alto IED:** indica uma condição de drenagem melhor, com maior facilidade para o escoamento (superficial e sub-superficial raso) e canalizado, reduzindo a estocagem. Considerado crítico para a geração de fluxos de detritos nos fundos de vale e deslizamentos translacionais rasos nas encostas íngremes.

4.2.3.2. Modelo Digital de Elevação do Terreno (MDE)

O modelo computacional que representa a superfície do terreno baseado na topografia e na hidrologia permite realizar uma análise tridimensional. O mesmo foi elaborado no software ArcGis 10.1, através da extensão *3D Analyst*, por meio da ferramenta TIN (*Triangular Integrated Network*), sendo este o método de interpolação de grade irregular triangular, o qual representa uma superfície por meio de um conjunto de triângulos interligados, numa escala de 1:10 000. Onde para cada um dos três vértices da face do triângulo são armazenadas as coordenadas de localização (x, y), assim como o atributo (z), com o valor de elevação ou altitude (CÂMARA *et al.*, 2013)

Segundo Guimarães (2000) este modelo apresenta-se como uma ferramenta fundamental para análise, pois se encontra associado direta ou indiretamente a obtenção da declividade, sendo um modelo confiável.

Fernandes (2008) ressalta que o modelo TIN apresenta melhor resposta em declividades superior a 30 graus, ele explica que este modelo apresenta melhor desempenho na declividade, e isto devido a que o método interpolador funciona melhor com maior quantidade de dados de entrada.

Foi utilizado também nesta etapa o programa *ArcHydro*, onde foi necessário transformar o resultado da interpolação numa estrutura matricial ou raster, onde se representa os objetos através de uma matriz pixels (é o menor elemento discreto componente), Barros (2006).

O modelo de elevação será a base para definir o Índice de posicionamento topográfico (TPI) e Declividades.

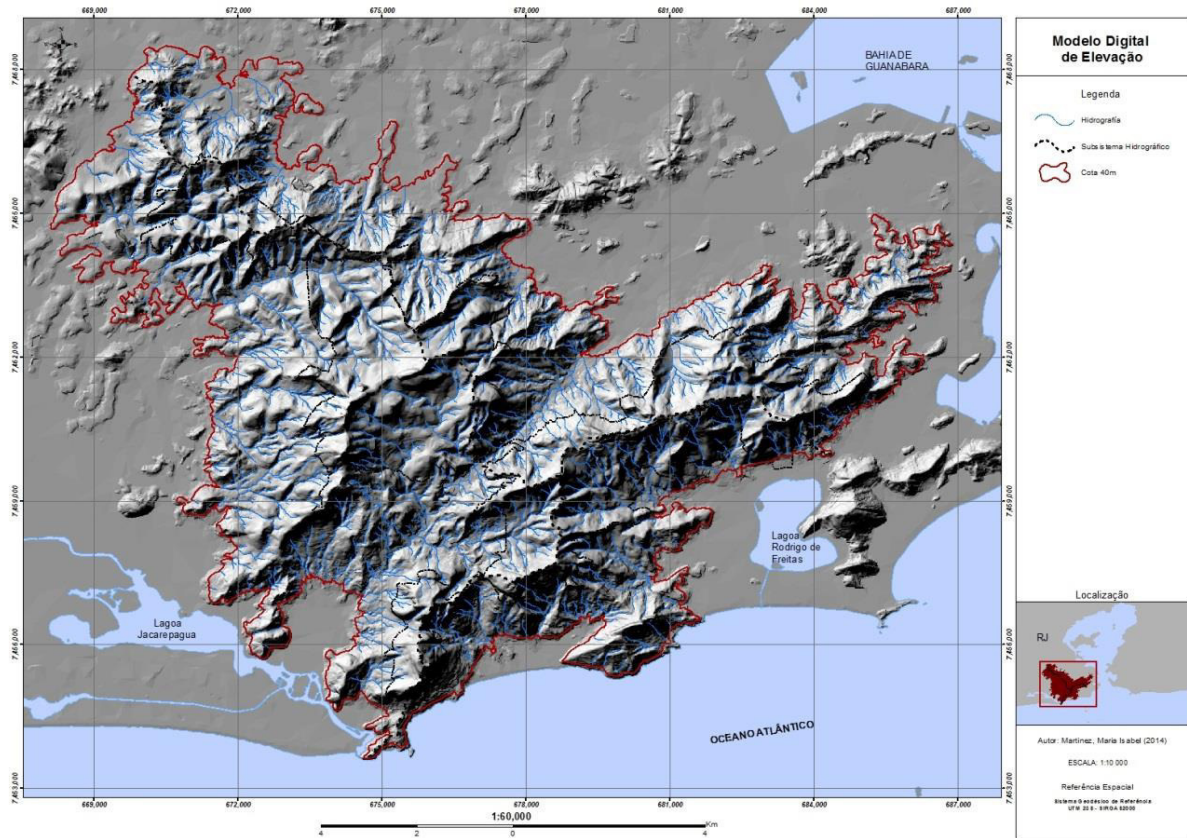


Figura 15: Imagem do Modelo Digital de Elevação do Maciço da Tijuca.

4.2.3.3. Índice de Posicionamento Topográfico (TPI)

O TPI (*Topographic Position Index*) é uma ferramenta que ajuda a classificar a posição do relevo de acordo com o posicionamento topográfico dos pixels nas encostas, e trabalha baseado nos dados do MDE.

O algoritmo aplicado para obter este índice é a diferença entre o valor de elevação de um determinado pixel e a média de pixels vizinhos; quando o pixel é mais alto que seus vizinhos o posicionamento será localizado próximo ao topo ou no topo da montanha, enquanto que o mais baixo estaria localizado próximo ao fundo de vale ou no próprio fundo de vale. (JENNESS, 2006)

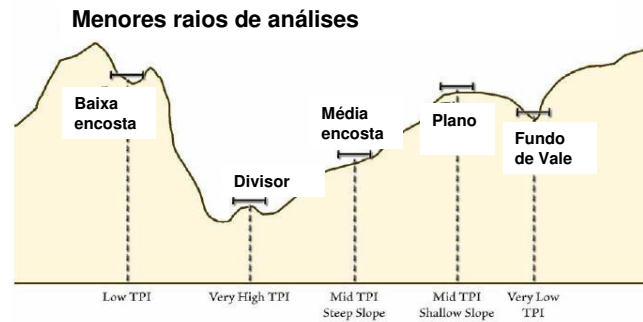


Figura 16: Esquema Ilustrativo do TPI - menores raios de análise (Jennes, 2006).

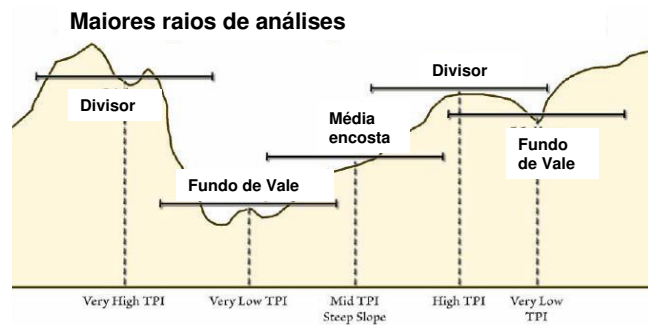


Figura 17: Esquema Ilustrativo do TPI - maiores raios de análise (Jennes, 2006).

Para se obter a classificação foram realizados sucessivos testes empíricos com raios de busca, para verificar a que melhor se adequasse a área de estudo. As Figuras 16 e 17 apresentam a variação do funcionamento do índice de posicionamento topográfico em função dos raios de análise e escala.

As classes foram geradas a partir de método estatístico “natural breaks” (separação por quebras naturais) com divisão em 5 classes: fundos de vale, baixa encosta, média encosta, alta encosta e divisores/topos.

O mapa final do posicionamento topográfico apresenta a seguinte classificação: (fundos de vale (*valley*), baixa encosta (*lower slope*), media encosta (*middle slope*), alta encosta (*upper slope*) e divisores de água ou topos (*ridge*) (JENESS, 2006; COPPETEC-SEA/RJ, 2012). Onde:

- **Fundo de Vale e/ou Baixa Encosta:** consideram-se as áreas adjacentes aos canais de drenagem, sendo zonas de concavidade do relevo, onde predomina a convergência de fluxos de água.
- **Média / Alta Encosta:** apresenta características geomorfológicas do domínio montanhoso situado entre o fundo de vale e os divisores o topo.
- **Topo / Alta Encosta:** áreas situadas na área dos divisores, áreas convexas e retilíneas do relevo, geralmente onde há divergência de fluxos ou ocorrência de fluxos paralelos. Em certos casos se observa a presença de afloramentos rochosos.

Das classes encontradas, se procedeu a uma reclassificação, na qual foram levadas em conta as interpretações visuais relacionadas ao grau de suscetibilidade de deslizamentos nas encostas.

4.2.3.4. Declividades

As declividades da área de estudo é também um fator importante a ser considerado, pois controla o escoamento superficial, a infiltração entre outros fatores. O aumento do ângulo na encosta (maior declividade) implica uma tensão cisalhante no solo, o que condiciona e potencializa de forma direta a ocorrência de deslizamentos.

Para distribuir a classificação das declividades foram consideradas informações da literatura, na qual é muito discutida a influência das declividades na encosta, como um dos fatores condicionantes na ocorrência dos deslizamentos.

Durante reuniões realizadas com a Prof.^a Ana Luiza Coelho Netto, ficou decidido estabelecer as classes de declividade relacionando-as com características funcionais de onde se desenvolvem os deslizamentos, baseadas nos ângulos da COPPETEC-SEA/RJ (2012):

- **0° - 10°:** esta classe corresponde as áreas de relevo ligeiramente planas à onduladas, sendo zonas potencialmente deposicionais, de condição estável quando ocorre em fundo de vale e apresenta concentração de água subterrânea.
- **11° - 20°:** As áreas côncavas apresentam condições críticas quando situadas nos fundos de vale e na ocorrência de fluxos de detritos. Nas condições de alta encosta, situadas em áreas de paredão rochoso, podem ocorrer queda de bloco. Na zona onde os depósitos de colúvio permanecem estáveis, entre 15° e 17° graus, a água tende a favorecer a ocorrência de rastejo.
- **21° - 35°:** Estas áreas são propicias a geração de deslizamentos translacionais rotacionais, quando se encontram em solos saprolíticos espessos ou rasos, permitindo a percolação da água no interior dos solos.
- **> 35°:** São áreas muito inclinadas, sendo mais graves por se tratar de zonas propicias para a ocorrência de fluxos de detritos, deslizamentos translacionais rasos (quando associados à saprolitos rasos) e ocorrência de quedas de blocos rochosos e lascas. Porém a chance de ocorrer deslizamentos, dependerá muito do tipo de material existente.

Para obter o mapa das declividades do terreno se utilizou o MDE, por meio da ferramenta *Slope*, no *ArcGis* 10.1. Os dados obtidos foram reclassificados e agrupados em classes de graus através da extensão *Reclassify*.

Após realizar a reclassificação dos pixels foi realizada a conversão do formato matricial para o vetorial (polígonos) com o uso da ferramenta *Raster to Polygon*.

Depois de calcular as áreas, foram eliminados os polígonos menores de 50 m², devido à escala de trabalho, através da ferramenta *Eliminate*, e incorporados ao polígono vizinho mais próximo com maior borda compartilhada.

4.2.4. Litologia

A informação geológica proporciona informação fundamental sobre o desenvolvimento do modelado do relevo, pois atuam no controle das propriedades hidráulicas e mecânicas das rochas. Assim mesmo, o presente trabalho não será utilizado à base geotécnica da área devido a que a mesma apresenta erro na escala do trabalho.

A base geológica foi disponibilizada pelo Laboratório de Geo-Hidroecologia, como base cartográfica do projeto, GEOHECO (2000)

A Base geológica foi publicado por Heilbrom *et al.* (1993), e digitalizado por Fernandes (1997), a mesma se encontra numa escala de 1:50.000. A base original possuía sete classes: (*Gnaisse Arche, Leptinito, Kinzigito-granada biotita gnaises-, Biotita-gnaisse com quartzito, Gnaisse Facoidal, Gabro e Tonalito Grajau*), as quais foram agrupadas, no projeto antes mencionado, em função de representatividade espacial de cada unidade, aliado a similaridade mineralógica e textura das rochas existentes em cada uma. (GEOHECO, 2000).

Nesse sentido, foram classificadas em cinco unidades ou classes: Biotita-Gnaisse; Gabro; Gnaisse Facoidal; Granito Favela e Leptinito. A Figura 15 mostra as cinco unidades nas quais foram classificadas.

- **Gnaisse Facoidal** (Gnaisse Archer + Gnaisse Facoidal): O Gnaisse Archer, se caracteriza pela alternância transicional de textura e composição definida por bandeamento irregular, composto essencialmente por quartzo, plagioclásio e K-feldspato (FERNANDES, 1998) microclima, biotita e hornblenda, com estrutura migmatítica estromática (AVELAR *et al.*, 2001). Enquanto que o Gnaisse Facoidal é equigranular a porfírico, de coloração escura gradando para migmatitos (PMPNT, 2008). Segundo Nava *et al.* (1991) compõe-se de feldspato em percentual superior ao quartzo, e este maior que a biotita; também apresenta uma textura grosseira com cristais desenvolvidos de feldspatos, rica em biotita em pequenos cristais de plagioclásio. São de textura grosseira e bastante permeável.

Heine (1986) *apud* Nava *et al.* (1991) menciona que é muito resistente ao intemperismo e aos processos erosivos, e menciona que os desprendimentos de

lascas e blocos dos taludes rochosos são produto do evento geotécnico presente nesta unidade. O mesmo, também menciona que estes desprendimentos são produto do processo de alívio de tensões.

- **Granito Favela:** É uma unidade do conjunto de rochas Granitóides Intrusivas, com contatos bruscos com as rochas encaixantes. Apresenta quartzo, K-feldespato, plagioclásio, biotita, entre outros. Sua constituição mineralógica favorece a formação de materiais arenosos, segundo Pires et al. (1989) *apud* Fernandes (1998).
Encontra-se na forma de diques, com granulação fina. São observados geralmente sob a forma de afloramentos ou em blocos e materiais transportados, originados a partir da ocorrência de fraturas.
- **Biotita- Gnaiss** (*Kinzigito + Biotita-gnaiss com quartzito*): Conforme Nava *et al.*(1991),o *Kinzigito* se compõe de feldspato predominando sobre a biotita e sobre o quartzo, e apresenta uma textura fina e geralmente uma foliação bem evidenciada. Também apresenta maiores níveis de feldspato próximo ao contato com o Gnaiss Facoidal, enquanto que a Biotita-gnaisses e um conjunto bem estratificado (GEOHECO, 2000), e encontra-se associado a quartzito puro, quartzito feldspático, sillimanita-biotita-gnaiss e rochas calcissilicáticas (AVELAR *et al.*, 2001).
Segundo Heine (1986), *apud* Nava *et al.* (1991), é pouco resistente, pelo ataque físico-químico, já que, além da foliação por onde penetra a água, possui ferromagnesianos de fácil decomposição.
Geralmente, apresenta uma cobertura residual e de colúvio bastante espessa com pouca presença de afloramentos rochosos, onde predominam os problemas geotécnicos alusivos a instabilidade nos taludes segundo Heine (1986), *apud* Nava *et al.* (1991).
- **Gabro** (Gabro + Tonalito Grajau): O Gabro é composto de piroxênio, anfibólio, biotita e plagioclásio com granulometria grosseira. Apresenta maiores níveis de quartzo-diorito próximo ao contato com o Granito Favela (GEOHECO, 2000). De alteração argilosa e espessa em vista do baixo grau de resistência da rocha (FERNANDES, 1998).
Enquanto que, o Tonalito Grajau se compõe de quartzo, plagioclásio, biotita, anfibólio e titanita, tendo textura mosqueada e se apresenta em forma de diques e apófises (GEOHECO, 2000).
- **Leptinito:** Reúne gnaisses claros e é composto por quartzo, microclina (PMPNT, 2008), plagioclásio, com granada e biotita subordinada. Apresenta feldspato em quantidade superior ao do quartzo, e superior a biotita e a granada, com textura variando de fina a média (NAVA *et al.*,1991). O material de alteração tende a ser

mais arenoso e pouco espesso segundo Heilbron *et al.* (1993) apud Fernandes, (1998).

Heine (1986) apud Nava *et al.* (1991) menciona que o Leptinito possui uma resistência intermediária aos anteriores, não sendo uma rocha muito resistente a ação do intemperismo. Fazendo com que a instabilidade dos taludes esteja relacionada aos problemas geotécnicos.

Esta base será considerada como um elemento de controle na elaboração do mapa de susceptibilidade, devido à escala que apresenta.

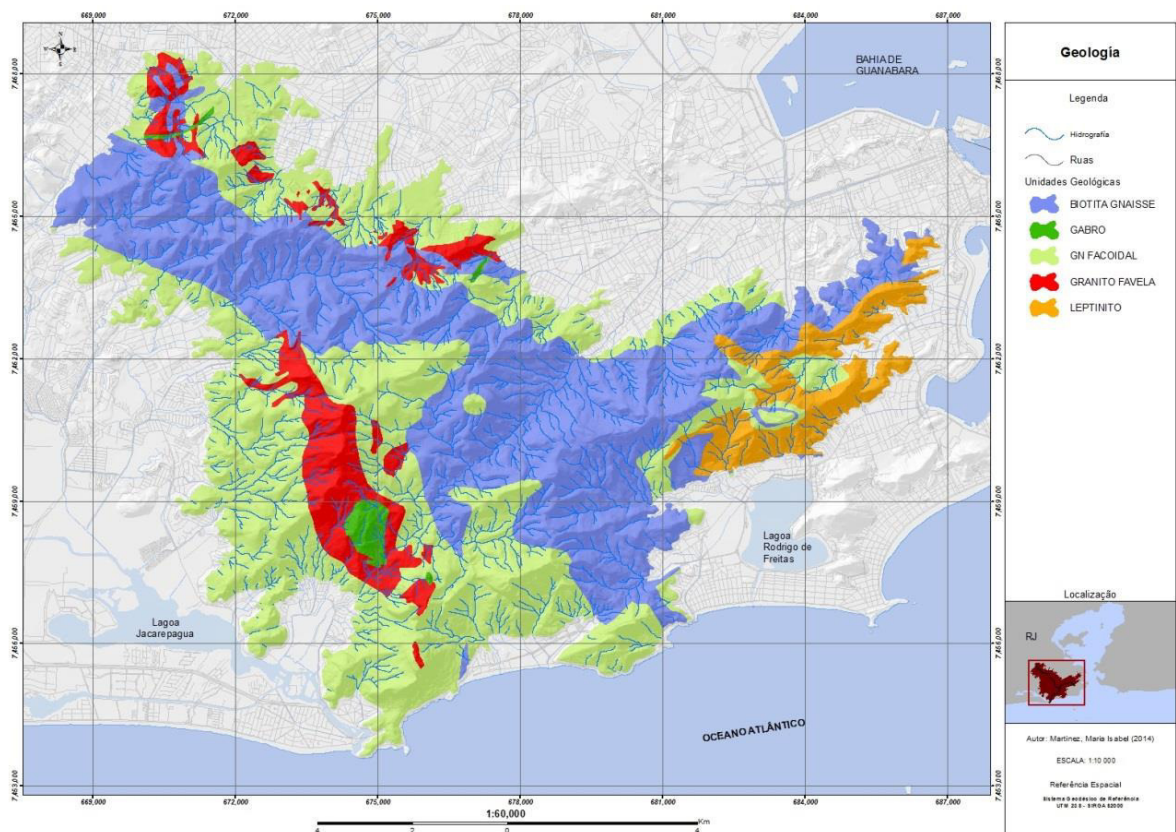


Figura 18: Mapa Geológico

4.2.5. Cobertura Vegetal e Uso do Solo

O mapa da cobertura vegetal e uso do solo é importante para o presente estudo, pois dependendo do tipo de cobertura, seja natural ou antrópico irá potencializar ou não, a ocorrência de deslizamentos na área de estudo.

Foram utilizadas como referências as classificações feitas pelo GEOHECO (2000), e Accioly (2011). Assim como o mapa vetorial que corresponde ao “Mapeamento da cobertura

vegetal e do uso do solo no município do Rio de Janeiro, do ano 2010” elaborado pela Prefeitura de Rio de Janeiro.

Para desenvolver o mapeamento foi necessário obter como material base, uma imagem atual na qual se localize toda a área de estudo. A seleção da imagem tomou em consideração os seguintes critérios:

- Ano da imagem (recente)
- Alta resolução para o mapeamento
- Disponibilidade de acesso e custo monetário

Em vista da pouca disponibilidade de imagens que abranjam toda a área de estudo com alta resolução, assim como, os altos custos para a obtenção de uma imagem recente, o material foi escolhido pela disponibilidade de acesso, o mesmo foi adquirido na Prefeitura do Rio de Janeiro, na área do Meio Ambiente. A imagem do satélite World View-2⁶, registrada para o mês de junho de 2010, apresenta uma resolução espacial de até 0.50 metro para a imagem multiespectral (colorido), e tem nível de Ortorectificação, permitindo o mapeamento das características naturais e artificiais. A cena adquirida abrange todo o município do Rio de Janeiro.

4.2.5.1. Fotointerpretação Visual

Um método muito utilizado para a elaboração de mapeamentos dentro do SIG é a Fotointerpretação, a qual abrange um conjunto de princípios e técnicas que permitem identificar e deduzir características dos fenômenos registrados nas fotografias aéreas ou imagens de satélite (FLORENZANO, 2011).

Diversos autores mencionam a importância de se ter em consideração alguns critérios no momento de realizar a fotointerpretação, que são fundamentais para uma boa análise. Em síntese se deve considerar os seguintes aspectos no momento de realizar a interpretação das imagens, independente da resolução e escala, facilitando assim o processo:

- A **cor** é a quantidade de energia refletida por um objeto (FIZ. 2008), a variação da cor no caso do cultivo decorre do estágio de desenvolvimento, ou a maior ou menor superfície de solo exposto, ou a própria cor do solo (CERON & DINIZ, 1966). Encontra-se relacionado as cores que mostram os elementos, ao ser percebido pelo olho humano (FLORENZANO, 2011).

⁶ O satélite World View-2 possui capacidade de coleta de imagens em curto espaço temporal, tem uma órbita Hélio síncrona numa altitude de 770 km, sua capacidade de coleta é 975 mil km por dia. As imagens obtidas pelo satélite são disponibilizadas, com resolução radiométrica de 11 bits por pixel, com uma acurácia posicional especificada de 5 metros, excluindo efeitos de terreno (GLOBALGeo).

- A **textura**, segundo Ceron &Diniz (1966), é a frequência de mudança de tom dentro da imagem que se produz por um agregado de aspectos. Podendo ser: liso, uniforme ou homogêneo, rugoso e heterogêneo (Fiz. 2008). No caso de uma área de floresta avançada, possui uma textura homogênea diferente de uma área com floresta inicial, onde será observada uma textura mais heterogênea (CHUVIECO, 1990).
- A **forma** de um objeto observado é bastante nítida e podendo se identificar e diferenciar elementos na imagem. Geralmente as formas irregulares podem indicar objetos naturais (lagos, matas, etc.); enquanto formas regulares indicam objetos artificiais ou feitos pelo homem (áreas de reflorestamento, vias principais, etc.) (CHUVIECO, 1990; FLORENZANO, 2011).
- O **tamanho** encontra-se relacionado com a escala da imagem e relativo aos objetos na imagem, onde poderão se distinguir áreas de loteamentos residenciais de uma área industrial (FIZ. 2008).

4.2.5.2. Mapeamento

O mapeamento foi realizado por meio da fotointerpretação visual, com a delimitação manual dos polígonos a detalhe no software *ArcGis* 10.1, numa escala de 1:10 000.

Foram consideradas 13 classes, para o qual foram criados polígonos sobre as feições considerando as seguintes características e critérios que estão especificados na Tabela 4. Cabe ressaltar que as estradas que se encontram dentro da área de estudo foram incorporadas como parte da classificação do vizinho mais próximo.

Para conferir a classificação da cobertura vegetal e o uso do solo foram realizadas algumas saídas de campo à áreas acessíveis para auxiliar e corroborar informações no mapeamento. Assim mesmo, foi utilizado o programa Google Earth, no qual se verificou em tempo real alguns dados em pontos específicos especialmente naquelas áreas onde houve dúvidas no momento de realizar a classificação.

Para a classificação das áreas de Ocupação Informal, foi utilizada a camada Aglomerados da Prefeitura do Rio de Janeiro 1:10 000, obtida por meio do Instituto Pereira Passos, a qual foi confeccionada a partir de sobrevoo de 1999.

É importante destacar que foram consideradas algumas suposições no ato do mapeamento visual, devido a que a imagem apresentou áreas de sombra, formadas tanto pelo sombreamento da vegetação, assim como, pelo ângulo com que a imagem foi tomada. Por este motivo foi priorizada a delimitação da área baseada na imagem, considerando-se em certos casos as informações das curvas de nível ou as informações de imagens de um ano anterior e posterior. Nos casos de difícil classificação, assumiu-se a classificação mais

próxima à realidade da imagem, utilizando os conhecimentos obtidos em campo. Como se observa nas Figuras 19(a), 19(b) e 19(c), onde se evidenciam bem as áreas de sombreado na imagem, que causaram em certos casos dúvidas a respeito da classificação do mapeamento.

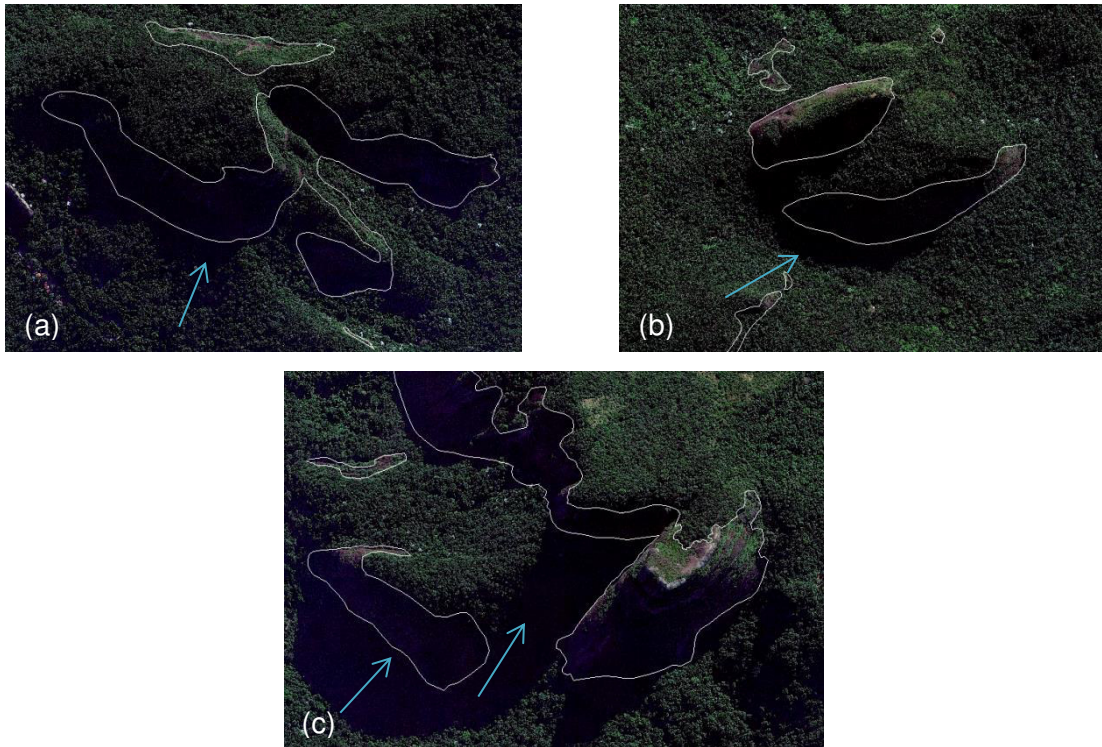

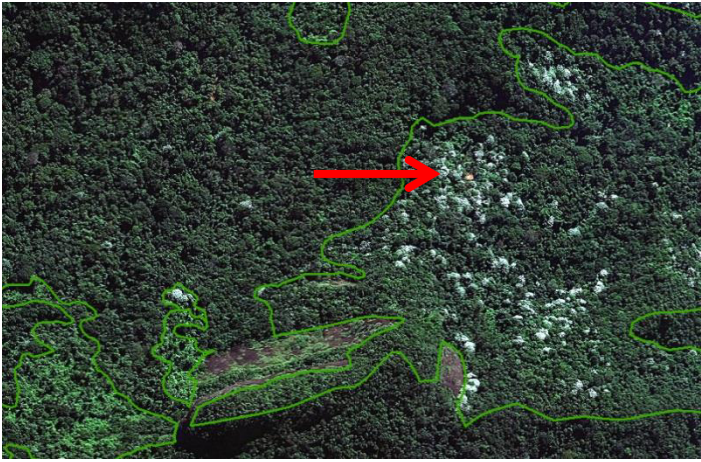






Figura 19: Recortes da imagem 2010, (setas sinalizam as áreas de sombra). (World View-2, 2010).

Tabela 4. Definição das classes de vegetação e uso do solo. Elaborado com base nas observações e feições da Imagem 2010.

Classes	Recorte da imagem de satélite (exemplos)	Critérios de Identificação
<p>Floresta em Estágio Médio ou Avançado de Sucessão</p>		<p>Floresta ombrófila densa multi-estratificada. Áreas com textura heterogênea, rugosa com sombra indica uma estrutura florestal complexa. Predominantemente arbóreas, com espécies diversas, dossel contínuo com copas frondosas. Composta por remanescentes florestais em bom estado de conservação. Em geral, ocupam áreas de encostas íngremes, divisores e topos de montanhas; historicamente de difícil acesso ou áreas protegidas por lei (PARNA Tijuca, 2013).</p>
<p>Floresta em Estágio Inicial de Sucessão</p>		<p>Floresta ombrófila pouco densa e sem estratificação marcante. Composta por baixa diversidade de espécies arbóreas, geralmente secundárias iniciais. Áreas com textura irregular, dossel não contínuo; muitas vezes com clareiras sendo possível a visualização de solo abaixo das copas menos frondosas do que as de Florestas em Estágio Médio ou Avançado de Sucessão. Muitas vezes, constituem áreas de transição entre as de Florestas em Estágio Médio ou Avançado de Sucessão e as áreas de Vegetação Arbustiva. Há predominância de espécies secundárias, algumas vezes passíveis de identificação na imagem (como áreas com embaúbas, as quais geralmente crescem em clareiras).</p>

<p>Vegetação Arbustiva</p>		<p>Áreas degradadas em regeneração com apenas estratos arbustivo e herbáceo. Muitas vezes o estrato herbáceo é predominante e apresenta-se intercalado por arbustos esparsos. Em alguns casos o estrato arbustivo é mais denso composto por espécies pioneiras homogêneas. Constitui-se de espécies de baixa altura, copa pouco densas, que permitem maior entrada de luz.</p>
<p>Gramínea</p>		<p>Áreas degradadas de textura quase lisa, a poucos centímetros do chão. Em geral composta por espécies da família <i>Gramineae</i>. Vegetação predominante herbácea com intercalações de indivíduos arbóreos. Normalmente representam o primeiro estágio de sucessão vegetal após perturbação; porém não avançam na sucessão devido a contínua atividade antrópica nestas áreas.</p>

<p>Áreas arborizadas</p>		<p>Áreas antropizadas, geralmente com espécies exóticas arbóreas plantadas. Podem ser frutíferas ou apenas com a finalidade de prover sombras.</p> <p>Encontram-se associadas às áreas urbanas e entorno próximo. Na maioria das vezes não possuem estratificação em função da própria finalidade (pomar e sombra). A espécie predominante é a Mangueira, mas outras podem ser encontradas como Oitis e Amendoeiras.</p> <p>Aparecem tanto em situações de logradouros públicos como praças como em situações de transição entre áreas ocupadas (muitas vezes de favelas) e as florestas em diversos estágios de sucessão.</p>
<p>Queimadas (Vegetação Fogo)</p>		<p>Áreas degradadas, geralmente recém-queimadas. Na maioria dos casos apresenta solo exposto em tons de marrons (escuros a claros). Em algumas situações já apresenta sucessão vegetal com predominância de espécies de gramíneas e arbustos resistentes ao fogo (rebrotam).</p> <p>Encontram-se geralmente perto das favelas ou nas bordas, com entrada de gramíneas; muitas vezes em função de lixo queimado. Mas também podem ocorrer em meio às florestas em casos específicos de quedas de balões.</p>

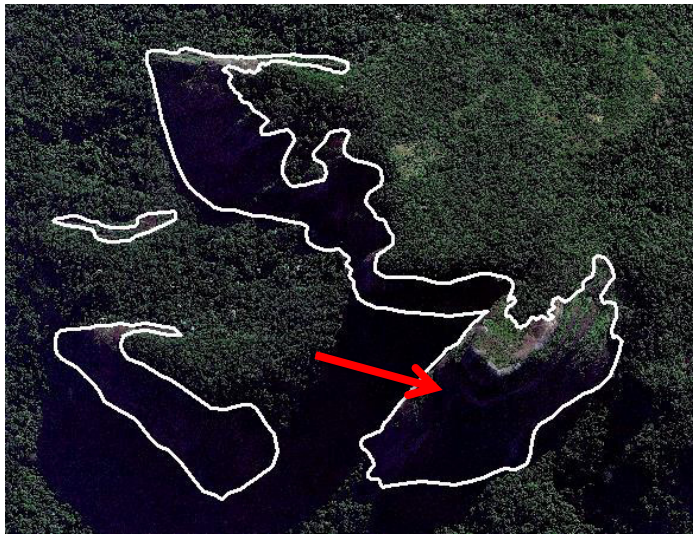
<p>Silvicultura</p>		<p>Incluem principalmente as plantações de Eucalipto e Pinus (produção de madeira) em diversos estágios de desenvolvimento vegetal.</p> <p>Facilmente diferenciadas pela distribuição ordenada dos plantios, pela forma da copa e pela separação entre árvores.</p> <p>Estas áreas não apresentam sub-bosque ou qualquer estratificação; e em geral, serrapilheira homogênea, de difícil decomposição.</p>
<p>Cultivos</p>		<p>Pouco frequentes nas áreas urbanas do entorno do Maciço da Tijuca.</p> <p>Geralmente são encontrados em pequenas áreas no entorno das moradias, podem ser diferenciados pela forma em que se encontram distribuídos os cultivares, na maioria das vezes espécies herbáceas e arbustivas.</p>

Solo
Exposto



Áreas degradadas sem qualquer tipo de cobertura vegetal.
Diferencia-se pela exposição, textura lisa e homogênea; além da coloração em tons de marrons.

Afloramento
Rochoso



Áreas de afloramento das formações litológicas.
Muitas vezes se apresentam associados à vegetação rasteira xerofítica (vegetação rupestre); o que dificulta a delimitação destas classes separadas.

Ocupação
Formal



Áreas urbanas com edificações de diversos tamanhos possuem um padrão ordenado, com presença de logradouros, parques e áreas arborizadas intercaladas.

Ocupação
Informal



Áreas urbanas com moradias de menor tamanho não possuem padrão de construção, geralmente apresenta moradias com pouco espaço entre as mesmas; as áreas possuem solo exposto.

4.2.6. Inventário de Deslizamentos

Os inventários de deslizamentos são instrumentos muito importantes para conhecer a distribuição espacial e histórica dos deslizamentos, além de reconhecer as áreas onde aconteceram, e assim corroborar algumas informações no momento de determinar áreas de risco.

A elaboração desta base de deslizamentos em eventos catastróficos se encontra numa base digital, sendo elaborados com base em inventários e informações de eventos, onde se utilizaram imagens de satélite ou fotos aéreas de acordo a época na qual foram elaborados. Ambas as bases foram obtidas no Laboratório de Geo-Hidroecologia, os mesmos encontram-se no sistema de projeção Universal Transversa Mercator (UTM), zona 23 e datum horizontal SAD69.

Tanto o inventário como o mapeamento de deslizamentos são considerados como pré-requisitos necessários para a avaliação de risco de deslizamento (FELL *et al.*,2008).

Para a presente pesquisa foram selecionados os deslizamentos de 1996 e 2010 devido à disponibilidade dos mapeamentos e por possuir maior informação.

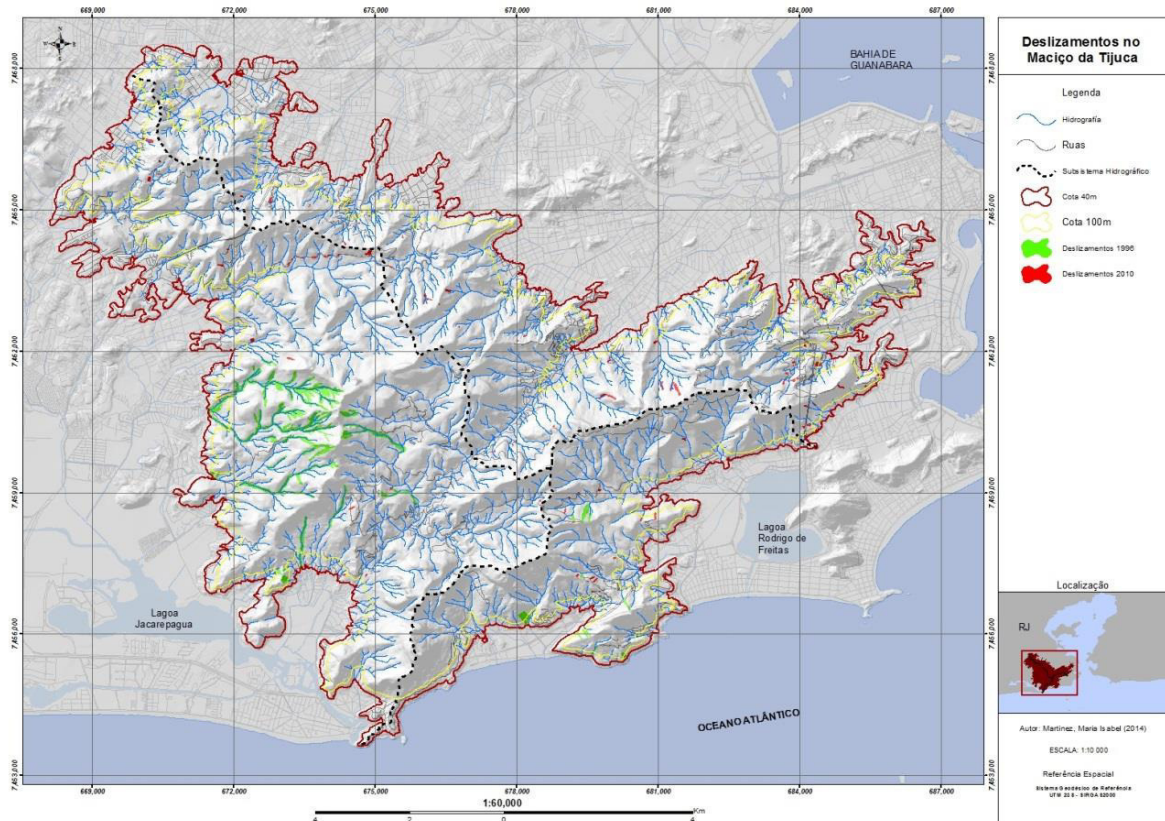


Figura 20: Mapa da localização dos deslizamentos dos anos 1996 e 2010.

A base digital dos deslizamentos de fevereiro de 1996 foi mapeada no ano de 1996 por Cruz *et al.* (1999) baseados em fotos aéreas de 1996, realizados com base em uma

análise visual, posteriormente foram georreferenciadas e ajustadas no ano 2009 por Negreiros *et al.*(2009) sobre uma base ortorretificada de 2008, numa escala de 1:10 000.

Os deslizamentos de abril de 2010 foram digitalizados sobre a base ortorretificada de 2008, mapeados através de fotos aéreas tiradas em sobrevoo de helicóptero e reconhecimento de campo e foram considerados para o mapeamento apenas as cicatrizes maiores que 30 m² (COELHO NETTO *et al.*, 2012).

A Figura 20, apresenta a localização dos deslizamentos mapeado por Negreiros *et al.* (2009), considerando que as áreas de cor verde representam as cicatrizes de fevereiro do ano 1996 e as áreas de cor vermelho representam os deslizamentos de abril do ano 2010.

4.2.7. Cálculo da Densidade Demográfica

Considerasse importante conhecer a distribuição espacial dos habitantes na área de estúdio, pois a presença dos mesmos indica a existência de fatores antrópicos, que influenciariam na susceptibilidade da área.

Assim mesmo, obter a distribuição dos habitantes é interessante não só do ponto de vista socioeconômico como também para fins da saúde coletiva, qualidade de vida e do planejamento de infraestrutura. Sendo que para o foco de estudo, considera-se um elemento sob-risco em relação à ocorrência de deslizamentos.

O cálculo tradicional de densidade demográfica conhecida como o método Coroplético é feito dividindo o número de população pela área, o qual assume que o valor dentro de cada polígono é constante, o que mascara a densidade populacional real (DUTENKEFER, 2010; SILVA *et al.*, 2013), pois as áreas não residenciais são incluídas no cálculo causando um efeito de suavização, o que na realidade não acontece.

O método a ser utilizado será o método Dasimétrico, pois propõe uma descrição mais realista, onde as áreas são modificadas conforme o critério de homogeneidade obtido por meio de informações complementares (SILVA *et al.*, 2013). Como se observa na Figura 21.

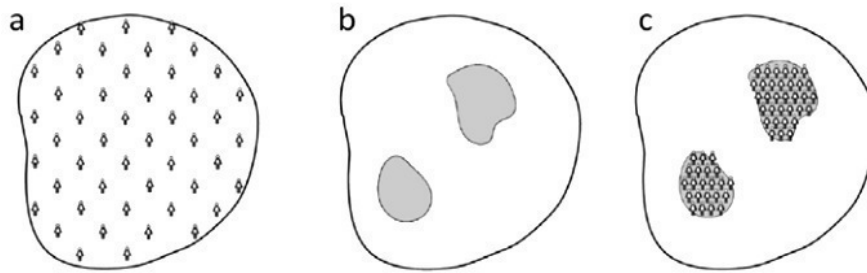


Figura 21: Ilustração do Modelo Dasimétrico. a) População; b) Informação auxiliar (áreas povoadas em cinza e despovoadas em branco); c) População redistribuída nas zonas de destino. (LANGFORD *et al.*,2008)

O termo “Dasimétrico” foi utilizado pela primeira vez pelo geógrafo russo Tian-Shansky, quem desenvolveu um mapa de densidade populacional da Rússia publicado na década de 1920. Mais foi em 1936 que o cartógrafo Kirtland Wright propagou o método dasimétrico (BIELECKA, 2005).

O Método Dasimétrico, utiliza a informação da população e os dados de uso de solo e ocupação (Fonte complementar) (BIELECKA, 2005), e posteriormente são combinadas por meio de metodologias de análises espaciais em SIG (DUTENKEFER, 2010). Como se observa na Figura 22.

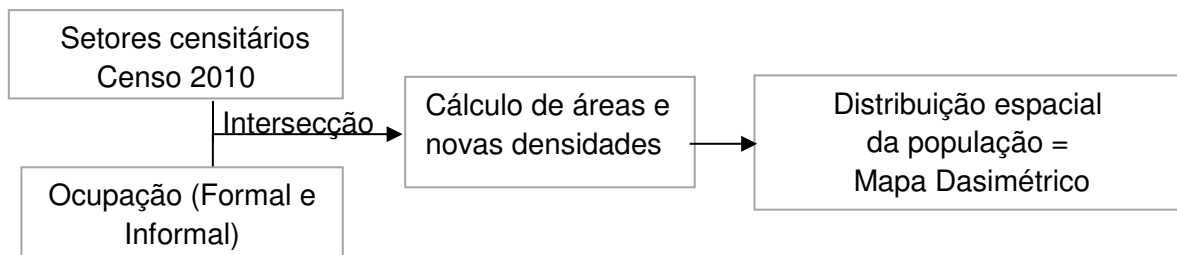


Figura 22: Fluxo para a elaboração do mapa Dasimétrico.

Para trabalhar o método dasimétrico foram utilizados os polígonos de ocupação formal e informal da classificação de Cobertura Vegetal e Uso de Solo - 2010, elaborado nesta pesquisa, e os dados do Censo 2010⁷ e os setores censitários.

Dos polígonos de ocupação formal e informal foram excluídas as áreas não residenciais (parques, estacionamentos, áreas de lazer, ruas principais entre outros) identificadas por meio da análise de imagem, pois se assume que nestas áreas não residem pessoas.

⁷ A base de dados do Censo 2010 e dos setores censitários foram obtidas na página web do IBGE.

O censo é realizado a cada dez anos, pois tem como objetivo revelar o número de habitantes, assim como o perfil socioeconômico da população Brasileira.

Posteriormente, os dados tratados anteriormente serão combinados com os dados do Censo 2010, com a finalidade de calcular a densidade demográfica por setores censitários.

Segundo o IBGE, o setor censitário é definido como a unidade territorial de coletadas operações censitárias com limites físicos identificados, estes estão subdivididos em quatro categorias: pessoas, educação, domicílios e responsável pelo domicílio, totalizando mais de 500 variáveis (IBGE). Os dados que foram considerados para a pesquisa foi da população total, o qual se encontra na tabela de atributos na coluna V14.

4.2.8. Seleção da Área para Avaliação

Nesta etapa será selecionado um espaço dentro da área de estudo, onde serão avaliados e conferidos os resultados obtidos no modelo desenvolvido nesta pesquisa, em contraste com os deslizamentos ocorridos dentro da área.

Para avaliar os resultados obtidos no mapa de Susceptibilidade a Deslizamentos translacionais rasos, foram selecionadas 10 bacias localizadas na vertente que drena para a baixada de Jacarepaguá, oeste do Maciço da Tijuca. A Figura 23 apresenta a área selecionada.

Foram selecionados os deslizamentos do ano 1996, devido a que nesse ano o Maciço da Tijuca foi atingido pelo evento extremo (capítulo três), que levou a ocorrência de vários deslizamentos, sendo a maior parte dos mesmos na vertente oeste.

Segundo menciona Coelho Netto (2005) os deslizamentos rápidos (tipo translacional e os fluxos de detritos) tendem a convergir das porções superiores das encostas para os canais fluviais como observado em fevereiro de 1996, onde os fluxos detríticos alimentou a formação de extensas avalanches detríticas, ricas em blocos, as quais alcançaram e espraíram pelas baixadas adjacentes.

Ao avaliar com o mapa de susceptibilidade realizado nesta pesquisa se pretende compreender a relação entre as bases utilizadas no mapa de susceptibilidade e a relação entre a localização dos deslizamentos ocorridos em 1996 no Maciço da Tijuca. Onde serão analisadas as condições e a concordância dos fatores bases na ocorrência dos processos a deslizamentos translacionais rasos. Esta discussão será realizada por meio de histogramas de forma semi-qualitativa.

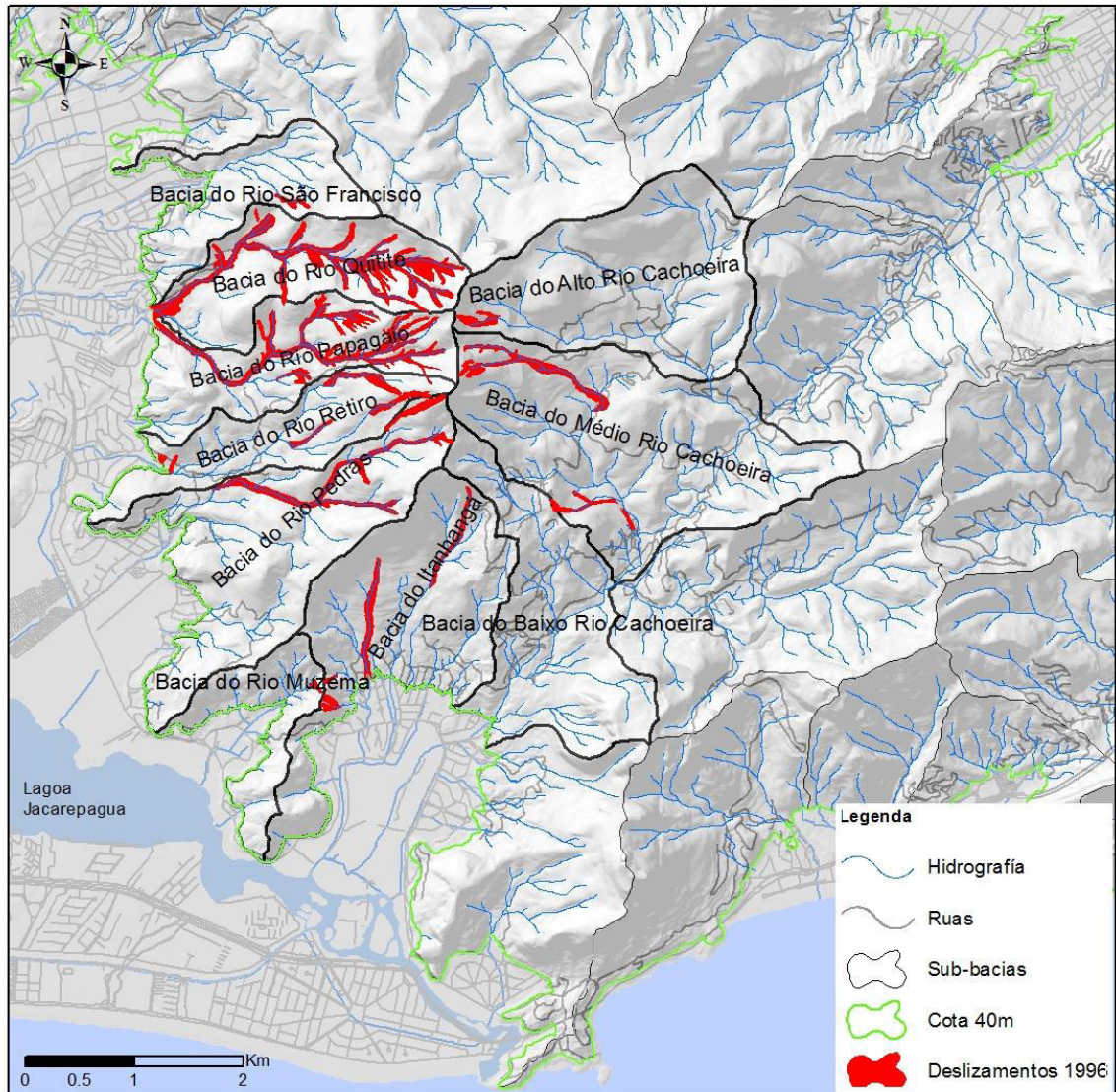


Figura 23: Localização da área de avaliação.

CAPITULO 5: RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente capítulo tem como foco a apresentação dos resultados, segundo a metodologia apresentada no capítulo quatro, para o maciço da Tijuca. Para a produção dos resultados, tendo em vista a abrangência da área de estudo, optou-se por apresentar primeiro o resultado para toda a área e posteriormente os resultados segundo os setores. Esta divisão definida por GEOHECO (2000) estabelece a divisão em relação ao sistema hidrográfico, considerando que o Maciço da Tijuca é um geossistema. Nesse sentido, a divisão foi a seguinte (também demonstrada na figura 24):

- **Setor 1:** compreende o Subsistema Hidrográfico da Baía de Guanabara, se localiza ao nordeste do Maciço da Tijuca e possui 44.02 km².
- **Setor 2:** abrange o Subsistema Hidrográfico de Jacarepaguá, localizado ao oeste do Maciço da Tijuca e possui 54.96 km².
- **Setor 3:** abrange o Subsistema Hidrográfico Zona Sul, localizado ao sul do Maciço da Tijuca e possui 20.24 km².

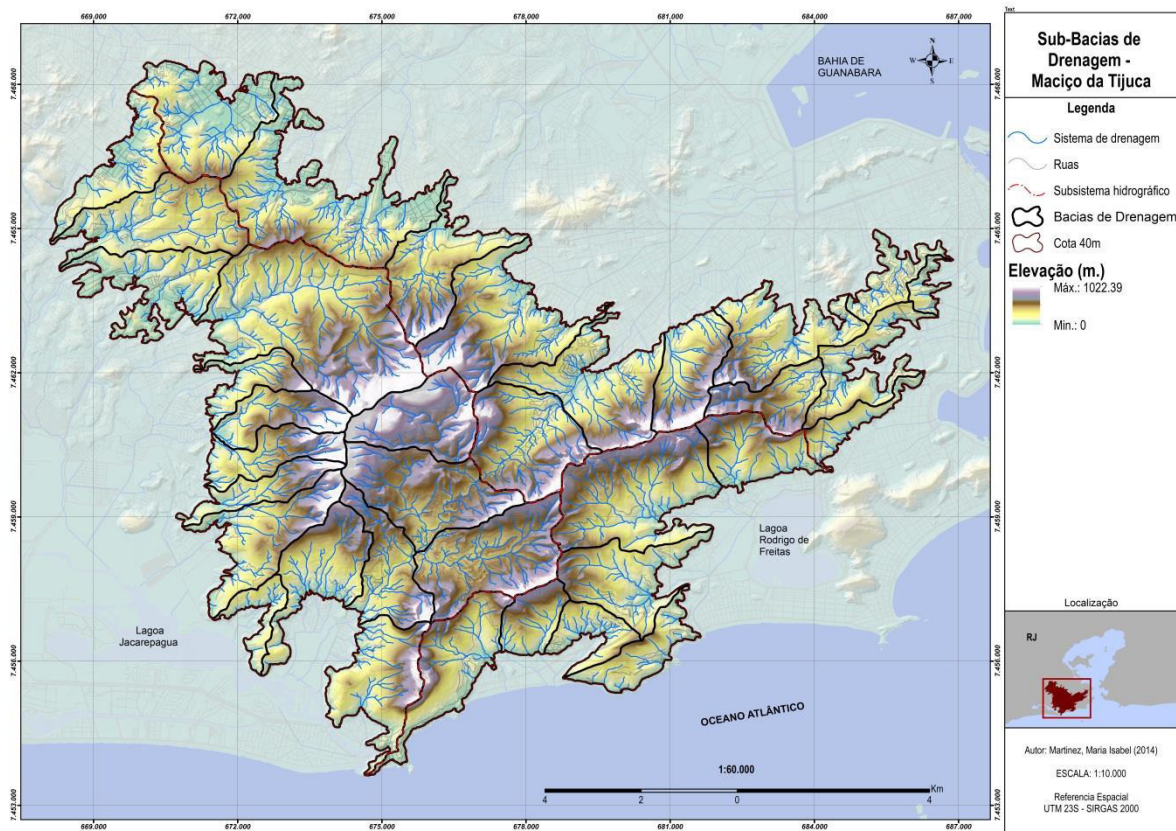


Figura 24: Mapa de localização dos sub-sistemas Hidrográficos no Maciço da Tijuca.

5.1. Cobertura Vegetal e Uso do Solo em 2010

O mapeamento da cobertura vegetal e uso do solo, realizado a partir da imagem satélite do ano 2010, resultou na criação de 13 classes (conforme figura 26). O mesmo foi realizado pela própria autora da pesquisa, sob a supervisão do Dr. Bruno H. Coutinho e elaborado para todo o Maciço da Tijuca. O trabalho foi realizado em vários meses, devido à abrangência da área e detalhamento da imagem.

Cabe ressaltar que, este mapeamento apresentou alguns erros de classificação por causa do caráter empírico deste procedimento e por não ser possível a identificação de determinadas áreas pelo sombreamento apresentado em algumas partes da imagem, como mencionado na metodologia. Guzzetti *et al.* (2012) menciona que o procedimento de mapeamento visual adota parâmetros subjetivos para a caracterização e definição das áreas, no qual a escolha dos critérios de mapeamento é comumente governada pela experiência de intérprete, assim como, pelas características do terreno e pela complexidade intrínseca das feições que compõem a paisagem.

A Figura 25 apresenta por meio de um diagrama as classes na qual está composta a área de estudo no ano de 2010. O diagrama mostra que a matriz predominante da área a corresponde a classe Floresta de Estágio Médio Avançado de Sucessão, ocupando 56.76 km² da área o que corresponde o 47.6%.

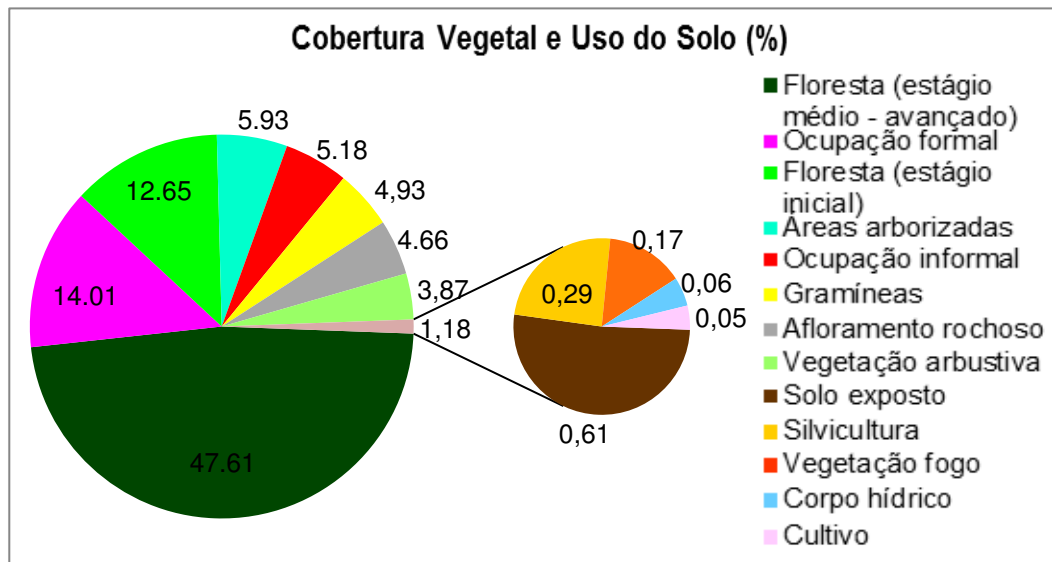
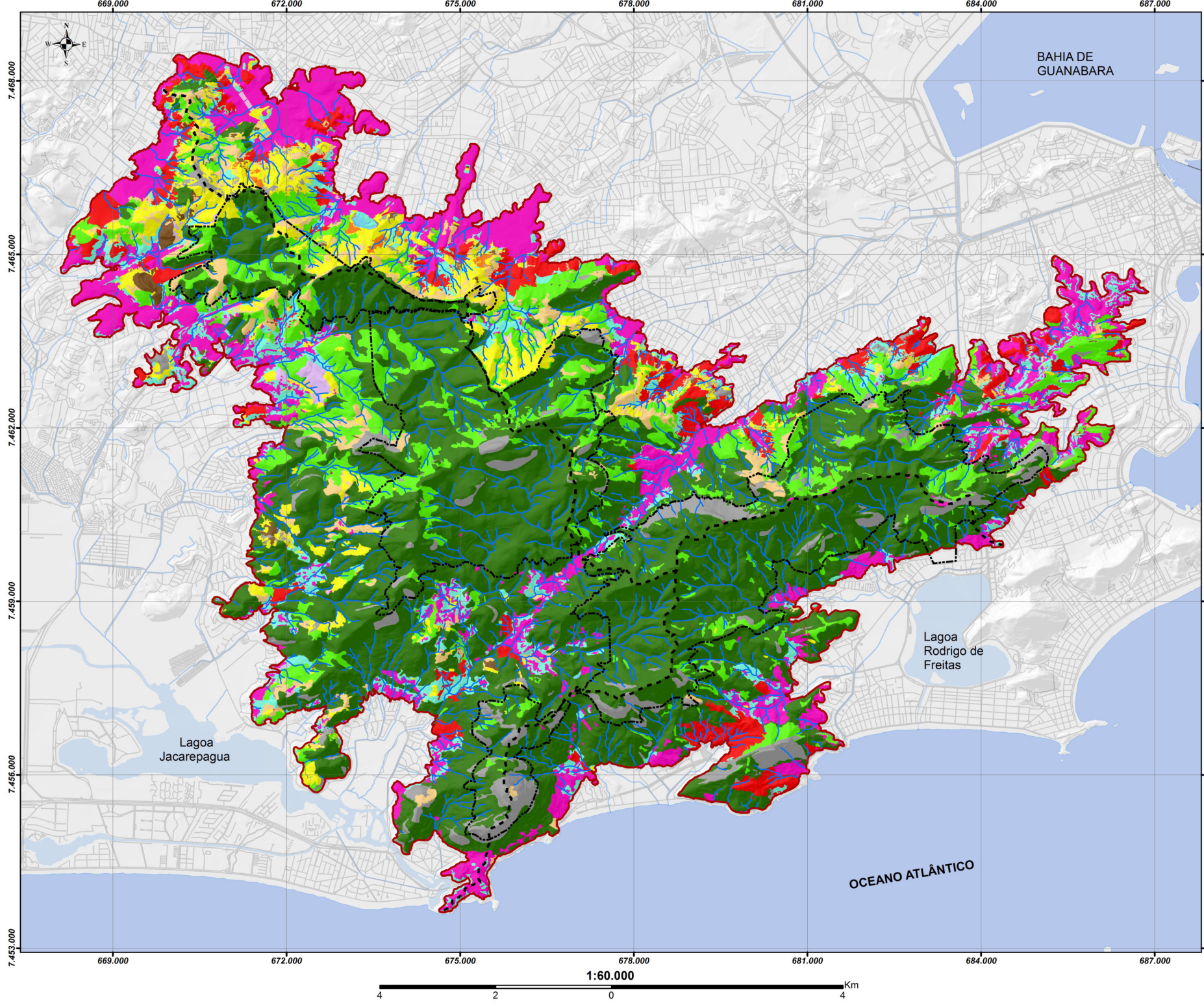


Figura 25: Diagrama das classes do mapeamento da Cobertura Vegetal e Uso do Solo do Maciço da Tijuca para o ano 2010, em percentagens.



Cobertura Vegetal e Uso do Solo 2010

- Legenda**
- Ruas
 - Hidrografia
 - Subsistema Hidrográfico
 - Cota 40m
 - Limite PNT
 - Afloramento rochoso
 - Floresta(médio-avançado)
 - Floresta(inicial)
 - Vegetação arbustiva
 - Gramíneas
 - Cultivo
 - Silvicultura
 - Áreas arborizadas
 - Vegetação fogo
 - Solo exposto
 - Corpo hidrico
 - Ocupação formal
 - Ocupação informal



Autor: Martinez, Maria Isabel (2014)

ESCALA: 1:10 000

Referência Espacial
Sistema Geodésico de Referência
UTM 23S - SIRGAS2000

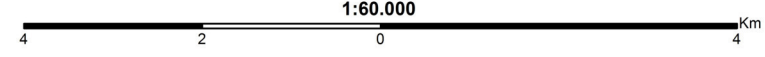


Tabela 5: Áreas resultantes do mapeamento em km² e percentagem do Maciço da Tijuca, 2010.

Classes	Área	
	km ²	%
Floresta em estágio médio ou avançado de sucessão	56.76	47.6
Floresta em estágio inicial de sucessão	15.08	12.7
Áreas arborizadas	7.07	5.9
Silvicultura	0.34	0.3
Vegetação arbustiva	4.61	3.9
Gramíneas	5.87	4.9
Vegetação fogo	0.20	0.2
Cultivo	0.06	0.1
Solo exposto	0.72	0.6
Corpo hídrico	0.07	0.1
Ocupação formal	16.70	14.0
Ocupação informal	6.18	5.2
Afloramento rochoso	5.55	4.7
Total	119.21	100.0

O segundo maior uso corresponde a classe Ocupação Formal, o qual se observa tanto no entorno do Maciço da Tijuca, assim como na área central, dividindo o maciço pela metade. Observa-se também que a ocupação formal apresenta padrões ordenados e geralmente se localizam nas áreas mais planas, ocupando 16.7 km² da área total correspondendo a 14% (conforme tabela 05). No entanto, a área que corresponde a classe de Ocupação informal possui uma cobertura de 5.2%, ocupando 6.18 km² da área total, o que corresponde a menos da metade da ocupação formal. Esta classe de ocupação também se localiza no entorno do maciço e nas estradas principais que cruzam o maciço e acompanham os fundos de vales. A área de ocupação informal caracteriza-se pela ocupação desordenada e se localiza geralmente em encostas com declividades acentuadas. Algumas áreas com aparência de recente estabelecimento foram classificadas conforme a classe de ocupação informal, sempre que a mesma se localizasse no entorno da área.

Segundo Bahia Schlee (2011) o surgimento da ocupação urbana, tanto das áreas formais quanto das informais, acontece através de um processo de nucleação, os quais são formados a partir de ruas e caminhos direcionados a área montanhosa, ocorrendo no sentido inverso ao caminho das águas e prolongando desta forma a malha urbana.

O terceiro uso predominante foi da classe Floresta em Estágio Inicial de Sucessão, que tem uma distribuição predominante nas áreas de encostas e no limite com as áreas urbanas formais e informais. Embora não seja uma classificação predominante em toda a área de estudo, é importante mencioná-la, pois representa o 12.7%, cobrindo uma área de 15.42 km². A classe de Áreas Arborizadas corresponde a áreas cuja vegetação se encontra associada às áreas urbanas sendo percebidas ao redor das áreas de ocupação formal e informal, representam 5.9% e cobre uma área de 7.0 km².

A classe de Gramíneas se mostra como manchas, localizadas entre áreas de transição da floresta inicial a feições urbanas e no entorno das áreas de ocupação formal e informal, representam o 4.9% da área e ocupa 5.87 km² da área total.

A classe correspondente ao Afloramento rochoso ou também conhecido como superfícies rochosas se concentram nas partes de altas encostas e topos, representando 4.7% e cobrindo uma área de 5.55 km².

A classe de Vegetação arbustiva, a qual compreende os estratos arbustivos são em geral áreas degradadas em processo de regeneração, representam 3.9% na área de estudo cobrindo uma área de 4.61 km². A classe de Solo exposto cobre 0.72 km², correspondendo a 0.6% da área total do maciço. Por outro lado, a área que corresponde a classe Vegetação Fogo correspondente às áreas de vegetação que sofreu ação antrópica e queimada, apresentando uma área de 0.2% e cobrindo uma área de 0.20 km².

Figueiró (2005) menciona no estudo, desenvolvido também no maciço da Tijuca, que 45% das ocorrências de incêndio acontecem em áreas de gramíneas e apenas o 16% em áreas de floresta, isto é, em áreas adjacentes de uso urbano, o que indicaria que esta interface urbana - floresta é uma área muito vulnerável.

A área de Cultivos corresponde a 0.06 km², com 0.05% da área total. A classe de Silvicultura apresentou uns dos menores percentuais do Maciço da Tijuca, concentrando-se predominantemente na parte noroeste da área de estudo, sendo apenas 0.34 km², que corresponde percentualmente a 0.3% da área total. Por fim, a classe de corpos hídricos corresponde o 0.07 km² que representa o 0.06% da área, nesta classe foi considerada somente as áreas feitas por ações antrópicas, não incluindo as drenagens naturais.

Em estudos realizados anteriormente na mesma área (GEOHECO,2000), onde foram comparados os mapas de 1972, 1984 e 1996, verificou-se que entre os períodos de 1972 e 1984 a taxa de devastação florestal no Maciço da Tijuca foi de 0.5 km²/ano, apresentando quase o dobro de devastação no período seguinte entre 1984 e 1996 (0.97 km²/ano). Enquanto que entre 1972 e 1996, observou-se a perda da floresta secundária tardia, atingindo uma área total de 18 km²/ano, sendo 21.3% e 39.4% respectivamente, enquanto que as áreas de floresta secundária inicial apresentaram um aumento de 170.6% (1972-

1996) Paralelamente, observou-se também que as áreas de gramíneas reduziram 0.6%, e as áreas correspondentes à baixa densidade e alta densidade cresceram 14.7% e 108.5%.

O Maciço da Tijuca tem aproximadamente 33.1% de sua área protegida pelo Parque Nacional da Tijuca, cercado por uma zona de amortecimento. No entanto, essa constatação não impede que haja problemas de conservação.

O Parque Nacional da Tijuca (PNT) possui quatro setores localizados dentro da área de estudo, cabe mencionar que o 0.5% do setor Serra carioca se encontra fora da área de estudo, ou seja, abaixo da cota 40 metros.

Considerando os quatro setores que conforma o PNT, observou-se que a floresta de estágio médio-avançado representa 73.6%, a floresta de estágio inicial 13.3%, a vegetação arbustiva 2.3% e gramíneas 2.1% (de acordo com figura 27). Estes resultados em conjunto evidenciam que a área protegida apresenta um alto grau de regeneração natural.

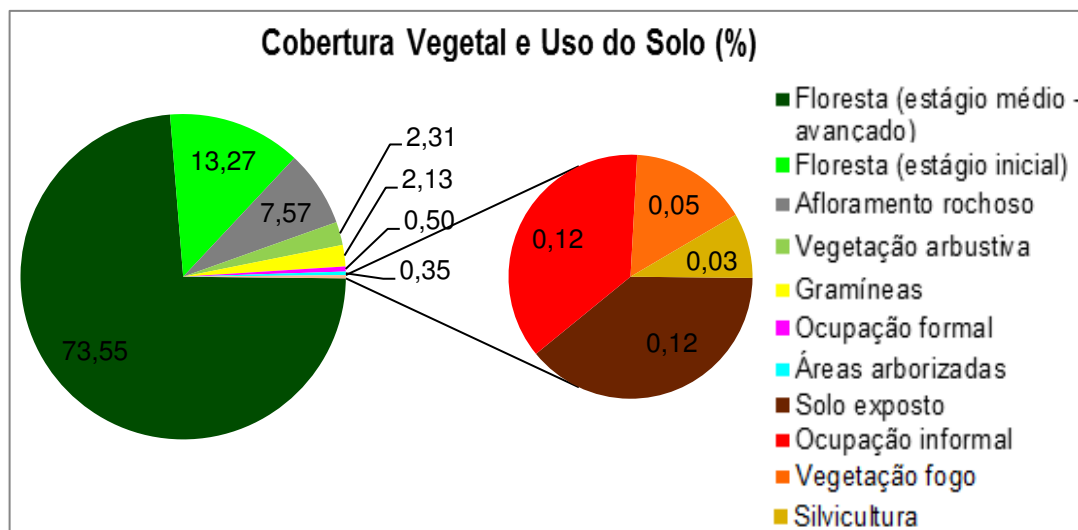


Figura 27: Diagrama das classes da Cobertura Vegetal e Uso do Solo do ano 2010, em percentagens, para a área correspondente ao Parque Nacional da Tijuca.

Pode-se destacar também que a ocupação formal (0.5%) e informal (0.1%) estão vinculados com outros tipos de usos, tais como as áreas arborizadas (0.4%), a vegetação fogo (0.05%), silvicultura (0.03%) e cultivo (0.05%), conforme demonstrado na figura 27.

Dos quatro setores que fazem parte do PNT observou-se que:

O setor Serra Carioca (17.22 km²) apresentou maior estado de conservação, tendo a maior quantidade de floresta de estágio médio-avançado, sendo 78.7%, floresta de estágio inicial (10.3%) e afloramento rochoso (8.8%). Neste setor também constatou a presença de ocupação formal (0.6%) e ocupação informal (0.03%).

O setor Corvança e Pretos Forros (4.96 km²) apresentou maior variedade de classes, sendo 59.3% de floresta de estágio médio-avançado, 19.8% floresta de estágio inicial, 10%

de gramíneas, 9.6% de vegetação arbustiva, sendo o único setor que possui as classes de vegetação fogo e silvicultura, observando-se os maiores problemas de conservação. Foi notado também a presença de ocupação informal sendo 0.2% do setor. O setor Floresta da Tijuca (14.8 km²) possui 78% do setor na classe de floresta de estágio médio-avançado, 15.4% na classe floresta de estágio inicial, 4.5% na classe afloramento rochoso e 1.1% na classe vegetação arbustiva. Neste setor, verificou-se a presença de 0.01% de ocupação informal e 0.1% de ocupação formal. O setor Pedra Bonita e Gávea (2.49 km²) apresentou menor variedade de classe, nos quais o 57.3% encontram-se na classe floresta de estágio médio-avançado, 35.4% na classe afloramento rochoso e 5.9% na classe floresta de estágio inicial. Cabe ressaltar que, este setor também apresentou 0.1% de ocupação formal.

De acordo com Bahia Schlee (2011), a área de borda nos eixos de penetração no parque produz muitos impactos devido à interface floresta-urbano, a presença de incêndios ocasionais na vegetação, a queda de vegetação nos eventos de chuva de grande intensidade, assim como, a modificação da drenagem natural.

Zaú (1994) e Freitas (2001) observaram que a área protegida pelo Parque Nacional da Tijuca, apresenta incêndios frequentes, o que origina áreas de gramíneas, onde domina o *capim-colonião* e outras gramíneas, assim como espécies lenhosas resistentes ao fogo. Segundo Coelho Netto (2005), estas áreas não constituem um estágio inicial de sucessão ecológica, devido às queimadas periódicas.

Segundo Fernandes *et al.* (2006) a substituição da cobertura vegetal original por feições urbanas contribui para a modificação do comportamento hidrológico, o que favorece ao aumento dos processos erosivos e, conseqüentemente, as descargas líquidas e sólidas atingirem a áreas circundantes de baixada em eventos pluviais

Observando mais detalhadamente a figura 28, de acordo com os setores que conformam a área de estudo, pode-se destacar:

O Setor 2 apresenta uma maior predominância de floresta em estágio médio-avançado, sendo 31.29 km². Já os setores 1 e 3 apresentam uma menor proporção sendo 11.96 km² e 13.51 km² respectivamente. Conforme Bahia Schlee (2007), no estudo desenvolvido para a bacia do rio Carioca, localizado no Maciço da Tijuca, Setor 1, foi observado que a cobertura vegetal entre 1972 e 1999 teve um progressivo avanço da malha urbana sobre a floresta como resposta a pressão urbana praticada tanto pelos assentamentos formais, quanto pelos informais. Do mesmo modo, a autora ressaltou que existem três fatores que poderiam estar relacionados com a desaceleração do processo de retração da floresta, sendo eles: movimentos sociais organizados para a conscientização ambiental com a participação de ações locais de reflorestamento no início dos anos 1990; promulgação de leis ambientais com a criação de áreas de proteção ambiental (1984); programas de reflorestamento municipal desde 1986.

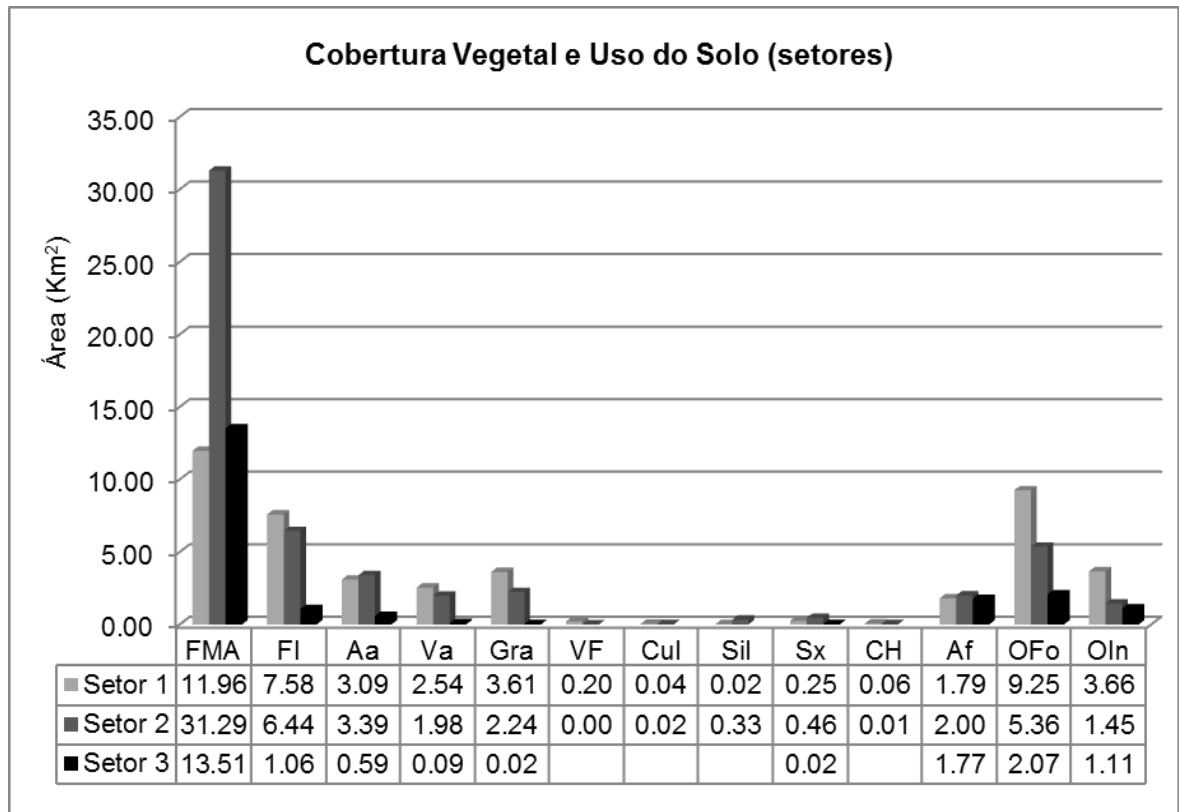


Figura 28: Histograma das classes da Cobertura Vegetal e Uso do Solo do ano 2010, segundo os setores de estudo. . Onde: FMA.: Floresta em estágio médio ou avançado de sucessão; FI.: Floresta em estágio inicial de sucessão; Aa.: Áreas arborizadas; Va.: Vegetação arbustiva; Gra.: Gramíneas; VF: Vegetação fogo; Cul.: Cultivo; Sil.:Silvicultura; Sx.: Solo exposto; CH.:Corpo Hídrico; Af.: Afloramento rochoso; OFo.: Ocupação formal; Oln.: Ocupação Informal.

A área de gramínea apresenta uma distribuição espacial maior nas encostas do Setor 1, com 3.61 km², seguido do Setor 2 com 2.24 km². Isto se certifica com os estudos de Oliveira *et al.* (1995) onde os autores mencionam que as encostas voltadas para o norte apresentam temperaturas mais elevadas, assim como, maior incidência de alta radiação solar. Este resultado indica alto risco de incêndios, na época de inverno, por ser uma época menos úmida. Accioly (2011) acrescenta que, nesta época do ano também a população solta balões na cidade e incendeiam algumas áreas do parque.

Já as encostas voltadas para o sul (Setor 3) apresenta uma menor proporção de gramínea (0.02 km²) pela menor insolação e maior umidade ambiental (COELHO NETTO, 2005). Correa (2004) ressalta que os incêndios nas áreas de gramíneas promovem a degeneração das florestas em estágios sucessionais mais avançados, pela propagação de efeitos de borda.

Com relação a Ocupação formal e informal pode-se verificar que o Setor 1 possui a maior quantidade de área sendo 12.91 km², o Setor 2 apresenta 6.81 km² e o Setor 3, 3.18 km². Coelho Netto (2005) menciona que a vertente norte do maciço (Setor 1) possui uma

ocupação mais antiga, assim como, um estado crítico de ocupação densa e desordenada, com grande proliferação de favelas. Constata-se também a presença das torres ou antenas de telecomunicação que têm contribuído com a devastação florestal.

Accioly (2011) verificou que as vertentes voltadas para o norte e oeste (Setor 1) apresentam menores declividades, facilitando a expansão da ocupação e que as vertentes voltadas para o sul e leste, Setor 3, apresentam encostas íngremes de difícil acesso, o que influenciaria a uma menor ocupação nas encostas, além de ter um aumento da especulação imobiliária pela proximidade ao mar, favorecendo a ocupação mais formal.

5.1.1. Análise temporal da Cobertura Vegetal e Uso do Solo no Maciço da Tijuca (2004 – 2010)

O mapa de uso do solo elaborado por Accioly (2011) foi feito com base nas ortofotos aéreas do ano 2004 e foram delimitadas mediante fotointerpretação. Estas apresentam doze classes distintas, como se observa na Figura 25.

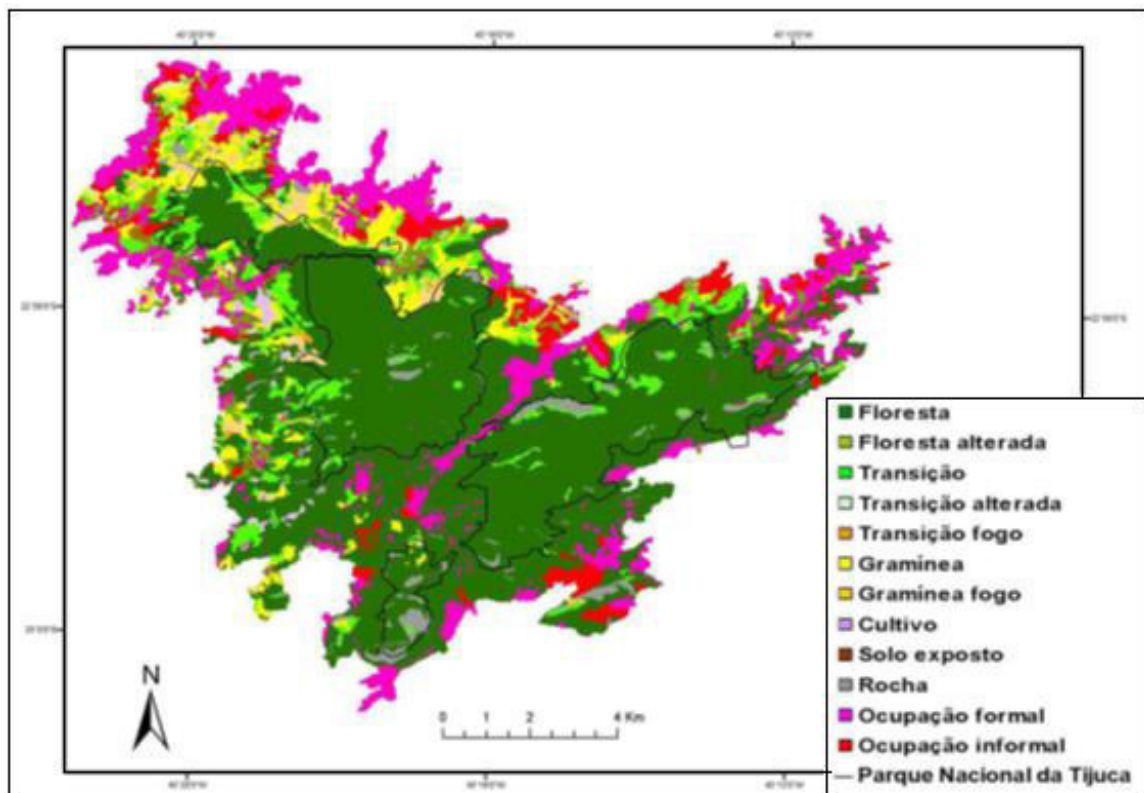


Figura 29: Mapa da classificação de uso e cobertura do Maciço da Tijuca para o 2004 (Accioly, 2011).

A partir da comparação do mapa 2004 com o mapa elaborado nesta pesquisa, verificou-se que o mapeamento elaborado para o ano 2010 apresenta maior detalhamento, apesar de ambos se encontrarem na mesma escala (1:10 000).

Para realizar a comparação dos mapas (2004 e 2010) foi necessário realizar alguns ajustes na classificação de cada mapa, para isto, foram observadas as bases (ortofotos e imagem de cada ano) e considerando as funções e características das classes, foram realizadas algumas agregações e reclassificações para os dois anos, como se observa na Tabela 6.

Tabela 6: Reclassificação utilizada para comparar as classes de cobertura vegetal e uso do solo entre os anos 2004 e 2010.

Classes ano 2004 (Accioly, 2011)	Classes ano 2010 (atual pesquisa)
Floresta	Floresta (médio - avançado)
Floresta alterada	Áreas arborizadas
Transição	Floresta (inicial)
Transição alterada	Vegetação arbustiva
Transição fogo + Gramínea fogo	Vegetação fogo
Gramínea	Gramínea
Cultivo	Silvicultura + cultivo
Solo exposto	Solo exposto
Rocha	Rocha
Ocupação formal	Ocupação formal
Ocupação informal	Ocupação informal

Embora os resultados não possam ser comparados quantitativamente com o mapa elaborado no presente estudo (devido à diferença metodológica), os mesmos foram discutidos brevemente. A Tabela 6 permite comparar os dados em quilômetros quadrados e percentagem dos resultados desta pesquisa com os dados anteriores obtidos por Accioly (2011).

A classificação de floresta de médio-avançado apresentou uma redução de área de 56.2% em 2004 para 47.6% em 2010, isto poderia ser explicado devido ao aumento da classe floresta em estágio inicial ou com o aumento da classe de afloramentos rochosos, os quais se localizam nos topos das encostas. Uma terceira hipótese também está relacionada à diferença metodológica dos mapeamentos.

A área classificada como gramínea também apresentou uma redução para este mapeamento, isto poderia ser explicado devido ao aumento da vegetação arbustiva e aumento da floresta de estágio inicial, indicando certo grau de regeneração natural (conforme verificado na tabela 7).

Tabela 7: Variação temporal da Cobertura Vegetal e Uso do Solo entre os anos 2004 e 2010.

Classes	Ano de Cobertura			
	2004		2010	
	km ²	%	km ²	%
Floresta (estágio médio - avançado)	67.07	56.2	56.76	47.6
Floresta (estágio inicial)	8.63	7.2	15.42	12.9
Áreas arborizadas	4.06	3.4	7.07	5.9
Vegetação arbustiva	0.77	0.6	4.61	3.9
Gramíneas	7.26	6.1	5.87	4.9
Vegetação fogo	2.18	1.8	0.20	0.2
Cultivo	0.65	0.5	0.06	0.1
Solo exposto	0.29	0.2	0.72	0.6
Ocupação formal	18.29	15.3	16.77	14.1
Ocupação informal	6.58	5.5	6.18	5.2
Afloramento rochoso	3.52	3.0	5.55	4.7

As áreas de ocupação formal e informal apresentaram uma redução, isto também pode estar relacionado com a diferença metodológica dos mapeamentos, assim como, o aumento na classificação das áreas arborizadas, as quais se localizam geralmente no entorno das ocupações urbanas. Com relação a classificação de vegetação fogo, a mesma apresentou uma redução, enquanto que o solo exposto apresentou um aumento significativo.

A Figura 30 exemplifica as diferenças entre os mapeamentos para os anos de 2004 e 2010. A delimitação de cor vermelha corresponde à classe de ocupação formal no mapeamento do ano 2004, já é a delimitação de cor azul corresponde à classe de Ocupação formal e a área de cor amarela corresponde a classe de Áreas arborizadas no mapeamento do ano 2010. Desta forma, entende-se que as diferenças no detalhamento do mapeamento para os dois anos podem influenciar a obtenção de resultados não similares.

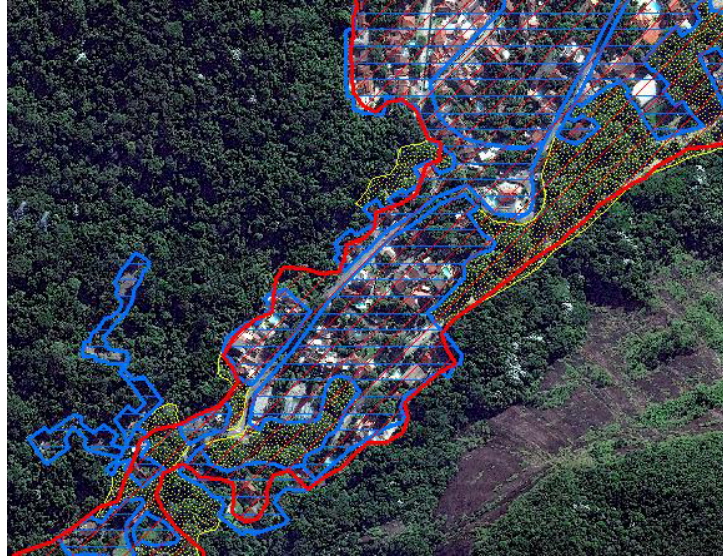
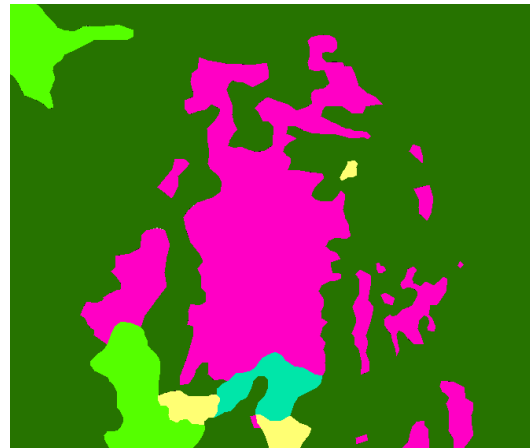


Figura 30: Imagem apresentando a delimitação da classificação dos anos 2004 e 2010.

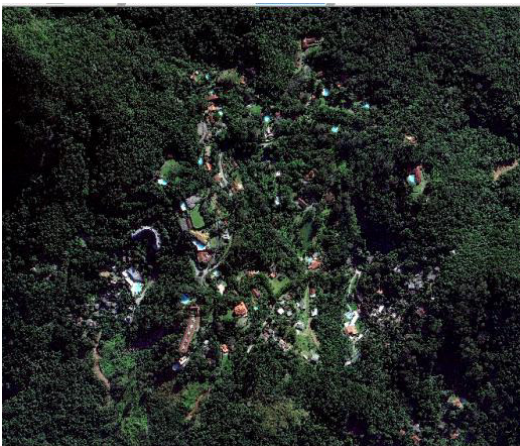
A.



B.



C.



D.

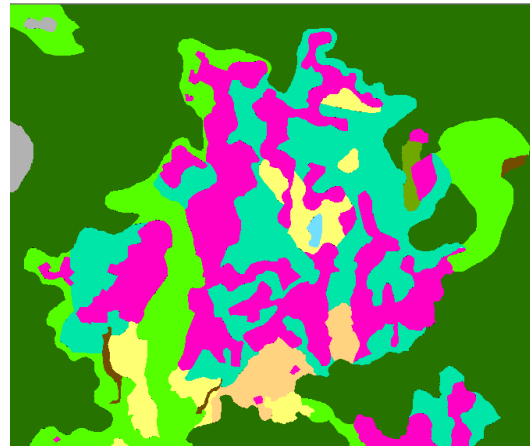


Figura 31: Imagens comparando os mapeamentos. (A) Ortofotos aéreas do ano 2004, (B) Mapeamento realizado no ano 2010, (C) Imagem de Satélite do ano 2010, World View-2. (D) Mapeamento realizado no ano 2013.

Como foi mencionado anteriormente a diferença nos mapeamentos se deve a diversos aspectos, tais como a resolução, qualidade da imagem e as diferenças de classificação no momento de realizar o mapeamento. Isto corrobora com o mencionado por Guzzetti *et al*, 2012 (figura 31).

5.2. Síntese Hidro-Geomorfológica

5.2.1. Características da Eficiência de Drenagem

Para realizar o cálculo do índice de eficiência de Drenagem (IED) foi necessária a delimitação de bacias de drenagem (como descrito na metodologia). A delimitação das bacias de segunda e primeira ordem utilizaram a base topográfica, a base hidrográfica e a ferramenta *Cathment Grid Delineation* (elaborada no programa *ArchHydro*) como orientadora para a delimitação das bacias, já que a mesma considera a direção do fluxo hídrico. Foi necessário utilizar as curvas de nível para evitar erros no procedimento. O resultado gerado pode ser considerado como coerente, pois delimita as bacias da forma mais semelhante à realidade. Vale ressaltar que, devido às correções realizadas na base hidrográfica e cartográfica conseguiu-se realizar uma análise menos subjetiva, pois geralmente as bases de boa qualidade são um fator limitante nas análises.

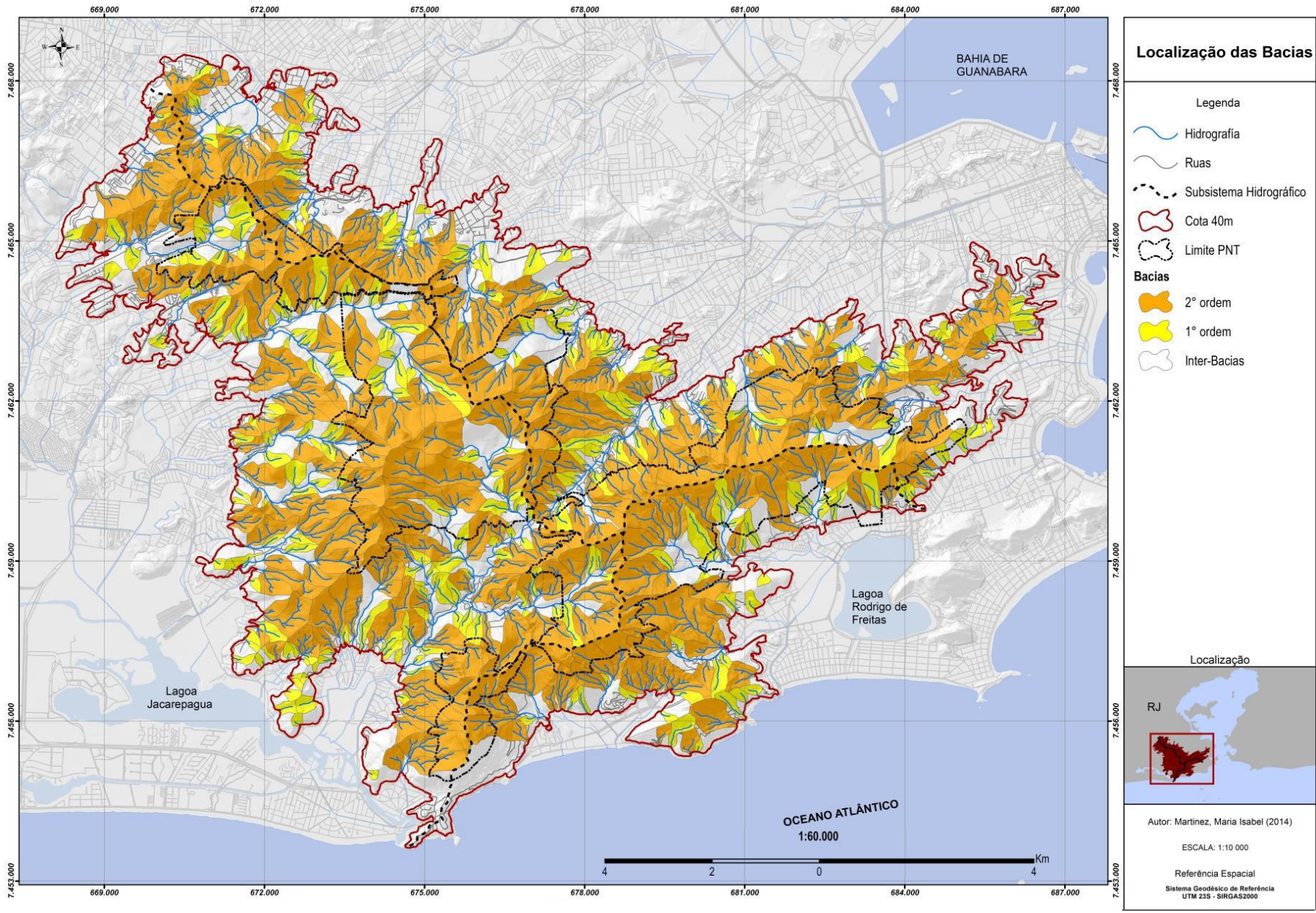
A Tabela 8 mostra o número de bacias de segunda e primeira ordem mapeada na área de estudo. Onde se observa que foram delimitados um total de 318 bacias de 2° ordem e 279 bacias de 1° ordem, sendo um total de 597 bacias. As bacias de segunda ordem ocupam 66.79 km² da área total, enquanto que as bacias de primeira ordem possuem 15.39 km². Não entanto as áreas catalogadas como de inter-bacias, ocuparam o 36.90 km² da área de estudo, estas áreas estão situadas entre as bacias de segunda e primeira ordem, e correspondem a ordens hierárquicas superiores.

Tabela 8: Numero de bacias mapeadas

	Nº Bacias	Área (km²)
2° ordem	318	66.79
1° ordem	279	15.39
Inter-bacias	-	36.90
Total	597	119.08

A Figura 32 apresenta o mapa da distribuição espacial das bacias de segunda e primeira ordem mapeadas na área de estudo.

Figura 32: Mapa das Bacias de Segunda e Primeira Ordem.



Deve-se considerar que as áreas das bacias de primeira ordem, correspondem somente aquelas bacias que estavam localizadas fora dos limites das de segunda ordem, isto é, devido às características morfológicas locais e pela escala espacial do estudo. Sendo que no presente estudo foram consideradas, além das bacias de segunda ordem, as de primeira ordem para poder abarcar toda a área e assim poder realizar um estudo mais detalhado.

Tabela 9: Valores de área das bacias

Área	
Máxima (km²)	1.302243
Média (km²)	0.139491
Mínima (km²)	0.004841
Soma (km²)	83.276353
Numero de Bacias	597

O mapa da Figura 33 apresenta a distribuição da área das bacias de segunda e primeira ordem. No que diz respeito ao tamanho das bacias, observa-se em termos gerais que a área de estudo apresenta 16 bacias maiores localizadas na área de contribuição das cabeceiras de drenagem, estando muitas destas perto de divisores elevados. Enquanto que, as bacias intermediárias e pequenas apresentam-se em geral ao longo dos canais principais, drenando para bacias de ordens maiores, assim como, para a parte externa da área de estudo. Estas bacias não apresentam uma distribuição ordenada na área, devido ao fato de ter sido considerado tanto as bacias de segunda, como também as de primeira ordem.

O resultado do Índice de Eficiência de Drenagem proporciona um valor que indica a capacidade do relevo da bacia em drenar as entradas de água, por isto, quanto maior for o Gradiente topográfico e a Densidade de drenagem, maior será o IED. Por meio deste índice se obtém a velocidade que os fluxos são exportados ou drenados em uma bacia hidrográfica. Vale ressaltar que, não é apenas este índice que define as condições de detonação dos deslizamentos. O mapa da figura 34 observa-se a distribuição das quatro classes do Índice de Eficiência de Drenagem na quais foram classificadas as bacias.

Figura 33: Mapa de Áreas das bacias.

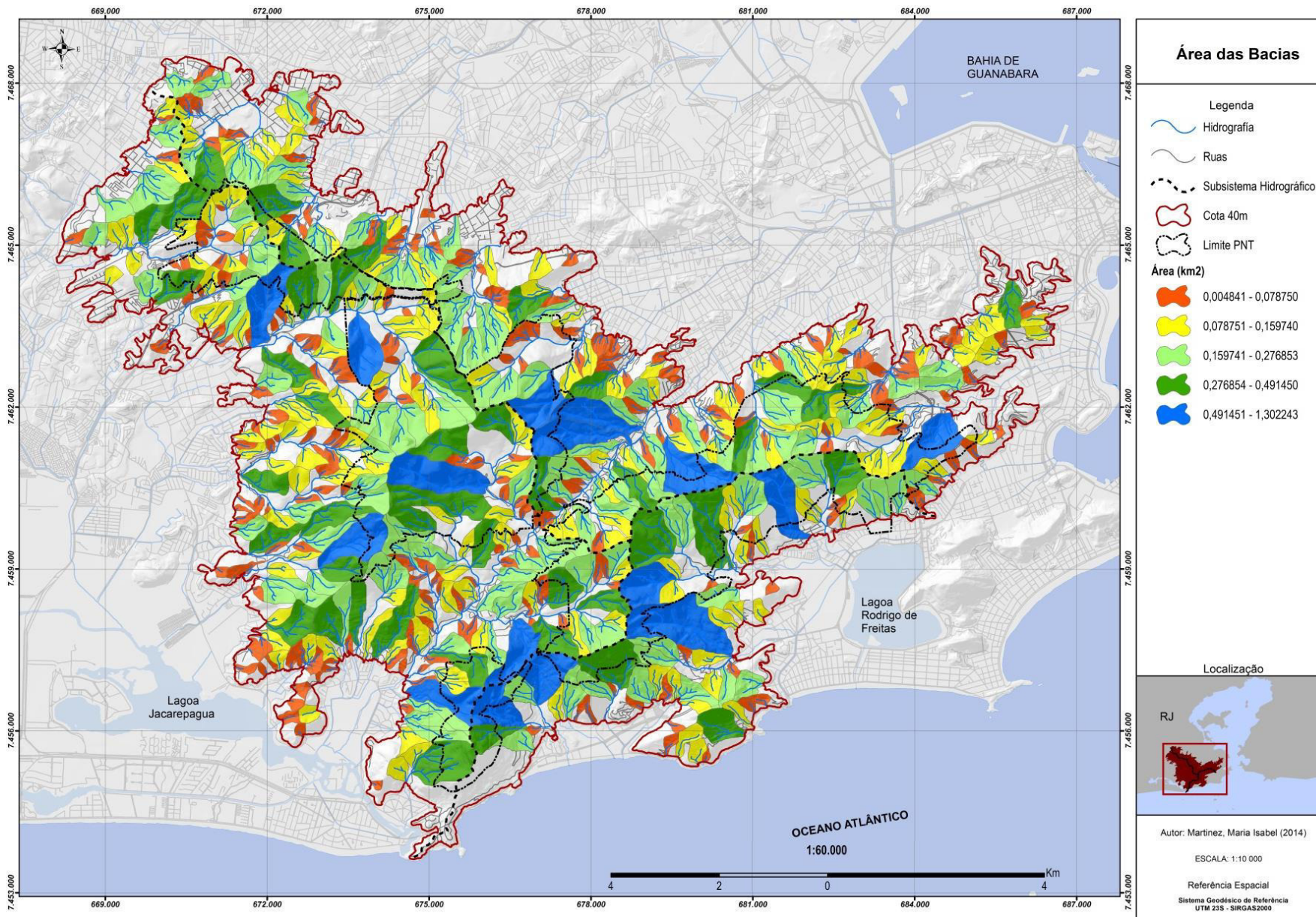
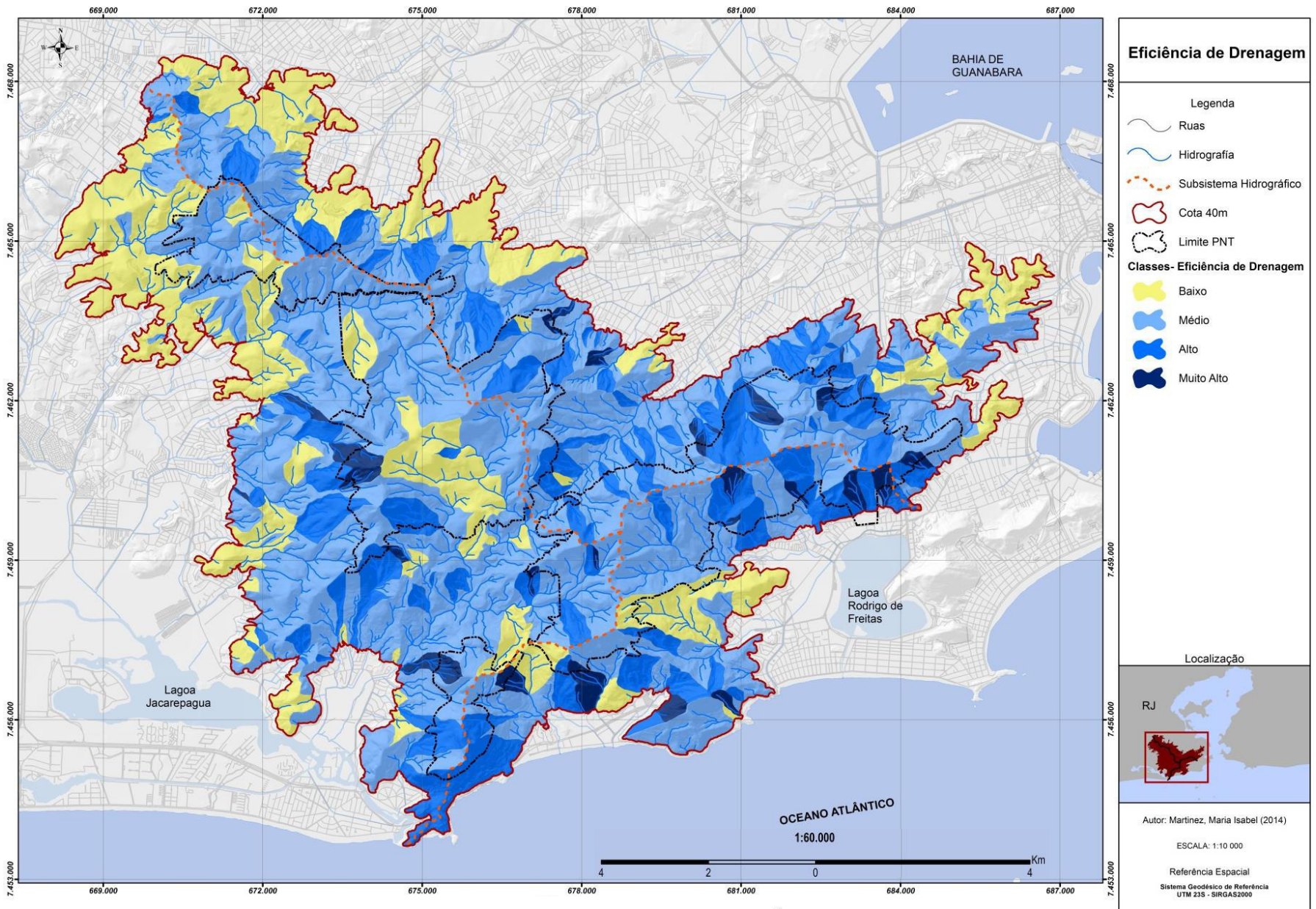


Figura 34: Mapa da Eficiência de Drenagem calculado para cada uma das bacias.



Conforme a figura 34 e o histograma da figura 35, que apresenta em porcentagem as áreas segundo as classes de IED, verificou-se uma preponderância significativa na classe de IED Médio que corresponde a 55.6% da área total. A segunda classe espacialmente mais representativa é a classe do IED Alto que ocupa 22.8% da área. As áreas com IED Baixo ocupam o 15.7% e apenas o IED Muito Alto o 5.9%.

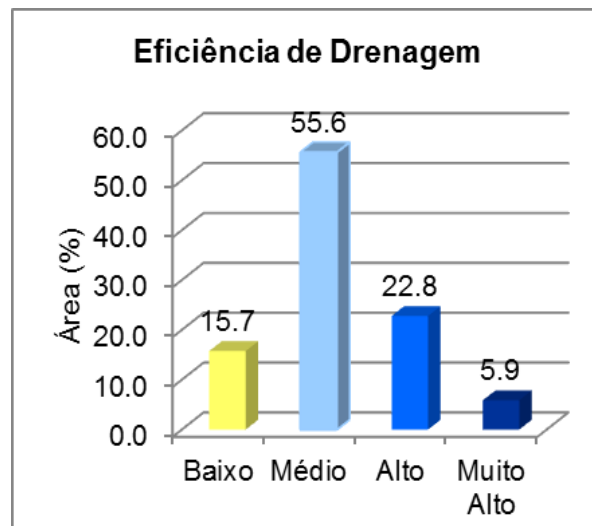


Figura 35: Histograma das classes da Eficiência de Drenagem de todas as bacias, em porcentagens.

Na Tabela 10 são apresentadas as bacias de primeira e segunda ordem conforme as classificações do IED, elaborado mediante o método do índice de eficiência de drenagem. Nesta tabela observou-se que as bacias catalogadas como de IED Baixo e Médio tiveram um aumento dentro das bacias de primeira e segunda ordem, enquanto que, as bacias com IED Alto e Muito Alto apresentaram diminuição nas bacias de primeira e segunda ordem.

Tabela 10: Comparação das bacias com IED.

IED	IED	
	Bacias	
	1ª ordem	2ª ordem
Baixo	58	36
Médio	147	185
Alto	57	79
Muito Alto	17	18
Total	279	318

5.2.2. Características do Posicionamento Topográfico

O mapa do Posicionamento Topográfico foi elaborado conforme descrito na metodologia (Figura 37). Nos sistemas das encostas, a área de Topos e Alta encosta são

classificadas de altamente instáveis, zonas de divergência de fluxos, onde podem acontecer diversos tipos de erosão. No caso da Média encosta predominam as áreas de erosão e transporte com alta instabilidade e é considerada também como zonas de transferência.

A Baixa encosta (rampas) se considera de instabilidade média a baixa, como área de transporte, enquanto que os fundos de vale e planícies são áreas consideradas de deposição onde ocorre sedimentação das partículas provindas de encostas acima. Assim mesmo, a baixa encosta e os fundos de vale também podem ser considerados como zonas de convergência de fluxos.

Segundo Accioly (2011) as áreas de Fundos de vale e Baixa encosta sugerem maior umidade onde os pacotes de solos tendem a ser mais espessos e estáveis sendo ricos em matéria orgânica, facilitando assim, o estabelecimento da regeneração da vegetação.

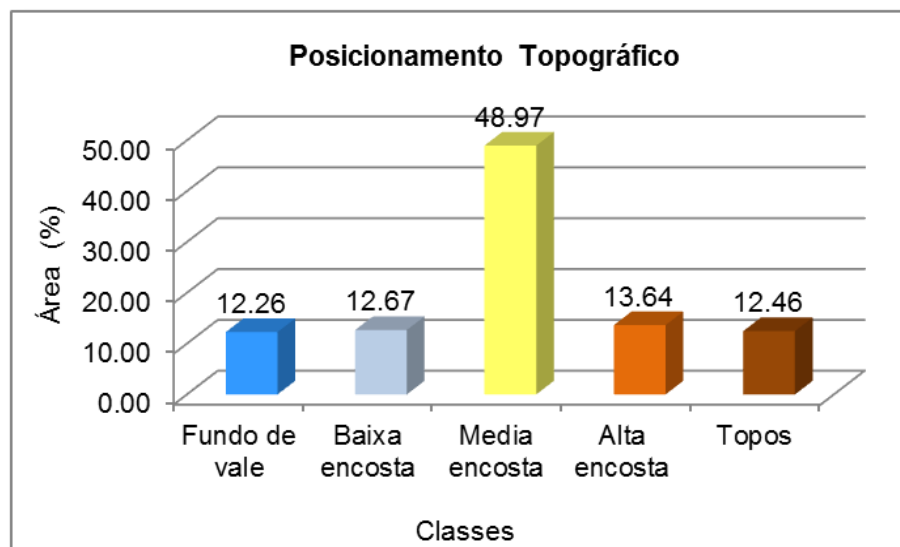
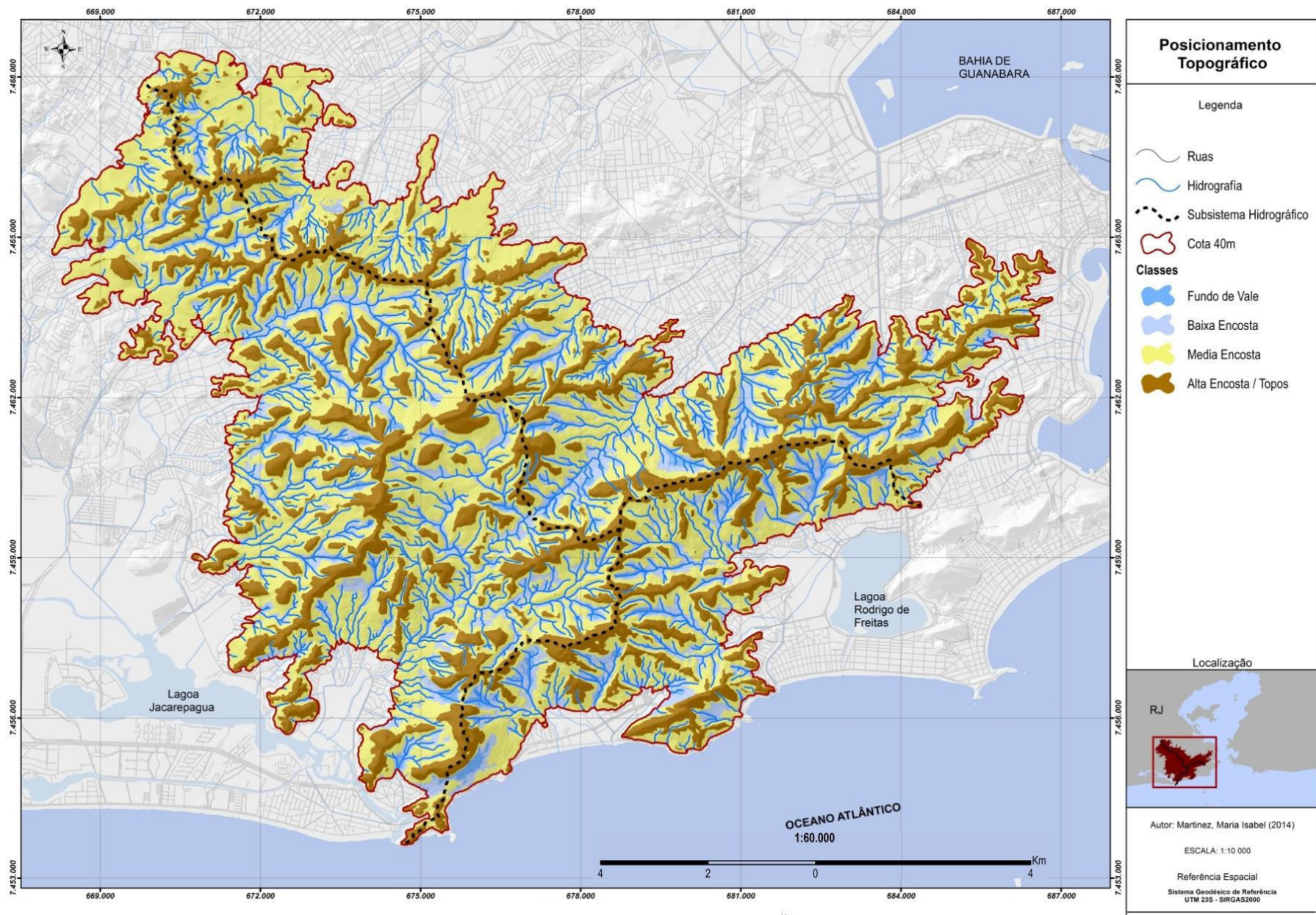


Figura 36. Histograma das classes do Posicionamento topográfico do Maciço da Tijuca, em percentagens.

A Figura 36 mostra a distribuição da área de estudo em porcentagem segundo a posição topográfica, onde pode ser notado que a maior parte da área (49%) apresenta-se na classe de Média encosta por se tratar de um relevo montanhoso. Esta classe apresenta um forte padrão de distribuição. A classe de Alta encosta corresponde o 13.6% do total da área, a classe de Topos o 12.5%, a classe de Baixa encosta 12.8%, restando apenas 12.3% para a classe de Fundo de vale. Devido à falta de continuidade nos divisores, foram agregadas as classes de Topo e a Alta encosta.

Figura 37: Mapa do Posicionamento Topográfico.



Para a análise dos três setores em que é dividida a área de estudo (figura 38), verificou-se que as classes mais relacionadas aos deslizamentos translacionais, no Setor 2, apresentam maior predomínio de Média encosta (26.84 km²) e na Alta encosta (14.19 km²), seguido do Setor 1 com 22.45 km², na Média encosta e 11.25 km² na Alta encosta, em contraste com o Setor 3 o qual apresentou 8.58 km² na Média encosta e 5.67 km² na Alta encosta. Além disso, nas áreas de deposição constata-se que o Setor 2 também apresenta um predomínio no fundo de vale (7.77 km²) e na baixa encosta (6.16 km²).

Neste caso, pode-se inferir que a área referente ao posicionamento está relacionada à área do setor.

Embora as proporções das classes sejam semelhantes para os três setores, constata-se que os raios utilizados para a definição das classes do posicionamento topográfico identificaram nitidamente os divisores das bacias que conformam a área de estudo.

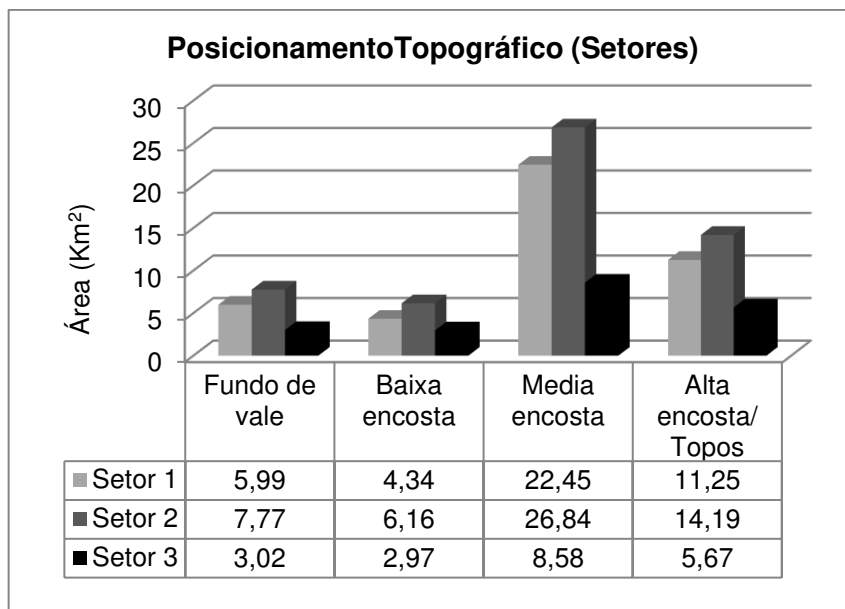


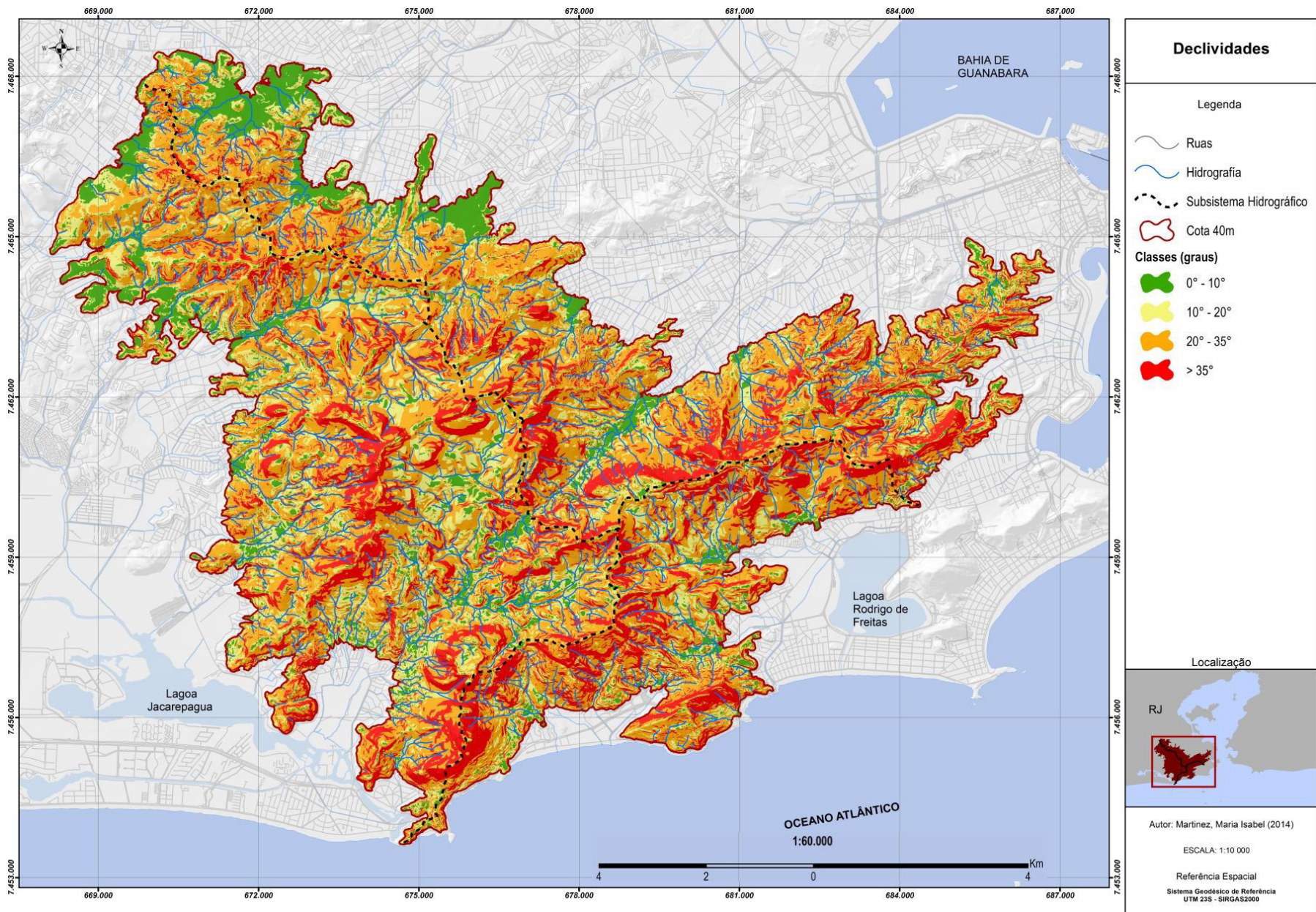
Figura 38: Histograma das classes do Posicionamento Topográfico do Maciço da Tijuca, segundo os setores de estudo em km².

5.2.3. Características das declividades nas encostas

Baseado na classificação mencionada na metodologia observou-se que a área de estudo apresenta-se localizada na sua maior parte entre as declividades situadas na classe de 20° - 35° graus sendo 47.2% da área total (figura 39).

A classe > 35° graus compreende 20.6% da área total e ressalta-se que nesta classe ocorrem geralmente os deslizamentos translacionais rasos, como descritos acima.

Figura 39: Mapa de Declividades.



Nos estudos realizados por Lacerda (1997) o ângulo de declividade crítica ou rompimento encontra-se entre 28° e 34° graus, dos quais durante os períodos de fluxo de tempestade crescente o lençol freático chega próximo à superfície de inclinação, desencadeando deslizamentos translacionais. Fernandes *et al.* (2001) também destacaram que o aumento da declividade entre 37° e 55.5° influencia o condicionamento dos deslizamentos. As formas da encosta exercem também grande controle na distribuição dos deslizamentos. De acordo com Avelar (1996) e Lacerda (1997), em torno dos 38° graus ocorre um elevado potencial de deslizamentos em áreas de linha reta ou convexa. Anos depois os mesmos autores (Lacerda e Avelar, 2003) argumentaram que os deslizamentos translacionais ocorrem preferentemente nas encostas convexo-retilíneas com declividades superiores a 35° graus, enquanto que os demais mecanismos de deslizamento (rastejo e fluxos detriticos) tendem a ocorrer nas encostas côncavas sobre declividades menores. Enquanto que as classes de declividades menores como as que estão entre 10° - 20° e < 10° apresentam as menores porcentagens, sendo 20.3% e 11.9% respectivamente.

Na Figura 40 apresenta-se a distribuição em porcentagem da área, relacionada à classificação das declividades para o maciço todo.

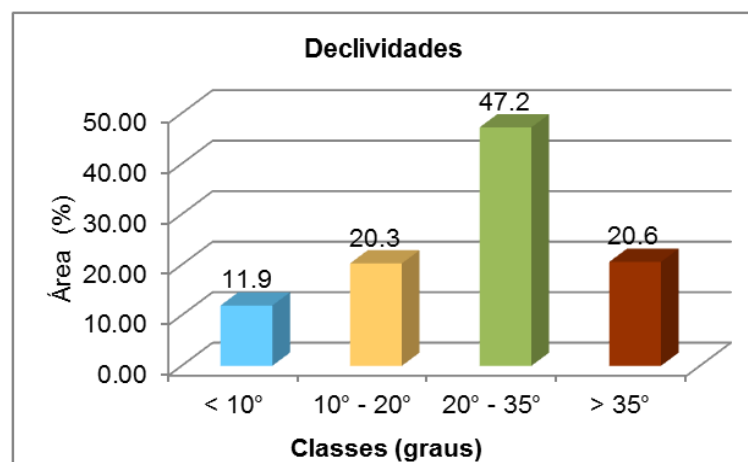


Figura 40: Histograma das classes de frequência segundo as Declividades das encostas do Maciço da Tijuca, em porcentagens.

De acordo com os resultados da Figura 41, constata-se que as encostas do Setor 2, foram mais prevalentes entre 10-20°, 20-35° e >35°, seguida pelos setores 1 e 3 respectivamente.

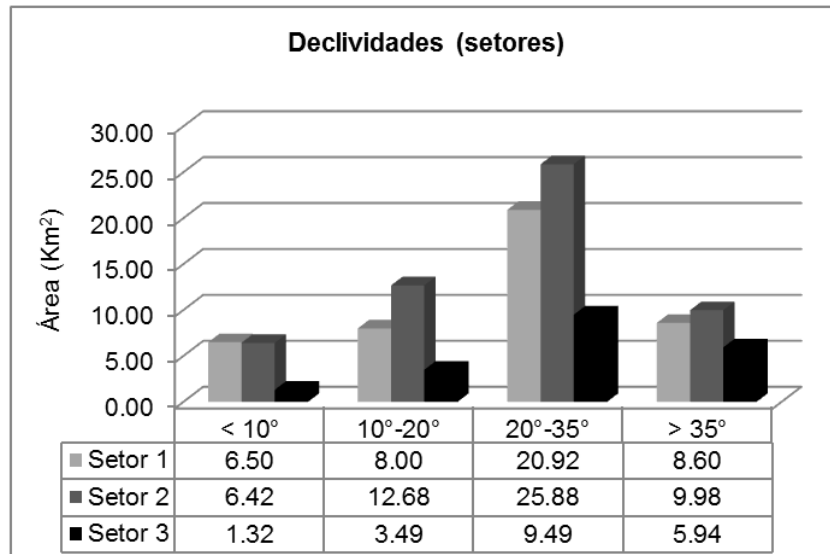


Figura 41: Histograma das classes de frequência conforme as declividades das encostas do Maciço da Tijuca, segundo os setores de estudo em km².

As áreas côncavas com declividades menores que 10° graus correspondem as áreas de fundos de vale e estão associadas às áreas de deposição. As áreas côncavas entre 10° e 20° graus, correspondem geralmente a remanescentes estáveis de depósitos de colúvios, ainda que, as áreas em torno de 17° graus possam apresentar geração de fluxos em solo, como observado na encosta do Soberbo (Avelar, 1996 e Lacerda, 1997).

Conforme Fernandes *et al.* (2001) em estudos desenvolvidos no Rio de Janeiro (nas bacias do Quitite e Papagaio), constatou-se que nos setores côncavos o potencial dos deslizamentos foi muito maior que nos setores convexos e retilíneas. Enquanto que, as áreas com menor declividade, indicadas como de baixa susceptibilidade, mostraram a presença de deslizamentos na forma de corridas de massa.

De acordo com Pereira (2014) em estudos desenvolvidos em Nova Friburgo (região serrana do Rio de Janeiro), onde a declividade média do terreno é de 32°, classificado como de fortemente ondulado, constatou-se que o parâmetro de estabilidade à rompimento é de 24°. Segundo a mesma autora, estes dados estão de acordo com os estudos realizados por Palma *et al.* (2013) *apud* Pereira (2014), realizados também em Nova Friburgo na bacia do Córrego Dantas, onde foi demonstrado que os deslizamentos ocorrem em gradientes maiores de 40°.

5.3. Síntese Litológica

A geologia apresenta informações específicas do tipo de rocha que é composto em determinadas áreas, nesse sentido, neste estudo a mesma serviu como um elemento de controle, onde a agrupação foi classificada em relação a potencialidade de destruição, como visto no capítulo de metodologia.

Na figura 42 e 43, observa-se que o Maciço da Tijuca apresenta uma predominância de Gnaiss Facoidal, que corresponde a 45.3% da área total, seguido da Biotita Gnaiss com 40%, Granito Favela com 7.8%, Leptinito com 6% e o Gabro com 1%.

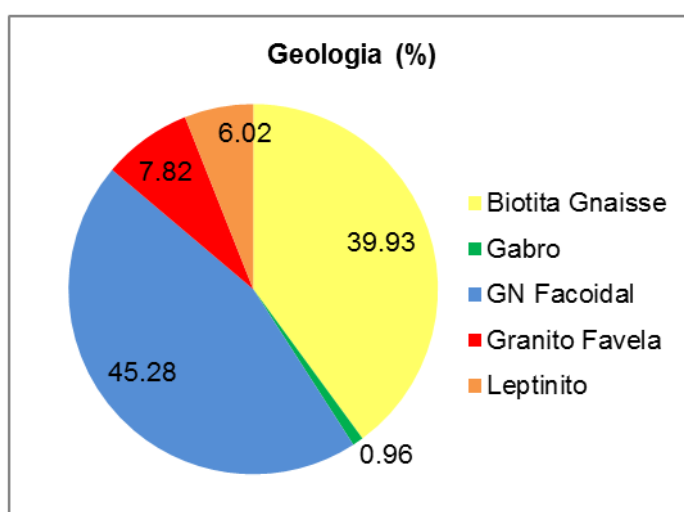


Figura 42: Diagrama de distribuição das classes Geológicas no Maciço da Tijuca.

Para o presente estudo, considerou-se importante conhecer especificamente a resistência da rocha frente a eventos extremos, para posteriormente poder eleger pesos.

Para classificar a vulnerabilidade das unidades geológicas foi consultado o especialista André de Souza Avelar, que possui experiência neste tipo de classificação.

As classes da vulnerabilidade das unidades geológicas foram divididas em: Baixo, Médio, Alto e Muito Alto. As classes de baixo incluem as que não produzem bloco, mais que ainda produzem colúvios. No caso das classes altas predominam a queda de blocos e geração de colúvios com blocos, pois tem um potencial de destruição muito alto.

O Gnaiss Facoidal apresenta uma maior resistência em relação às outras unidades, por isso, considerou-se como de Baixa vulnerabilidade. O Leptinito apresentou uma vulnerabilidade Média por apresentar mais quartzo e ser mais arenoso na sua composição.

O Gabro apresenta uma menor resistência por apresentar argila na sua composição e, desta forma, foi catalogado com vulnerabilidade Alta. A Biotita Gnaiss apresenta outras características que a fragilizam e a cataloga como de Muito Alta vulnerabilidade. O Granito

Favela é a unidade com menos resistência porque pode produzir blocos potencializando a destruição, considerada como de Muito Alta vulnerabilidade.

A Tabela 11 apresenta em síntese as informações das unidades geológicas apresentadas no capítulo 4. As observações sobre as unidades geológicas apresentam as informações mais relevantes de cada unidade geológica, enquanto que o diagnóstico apresenta a vulnerabilidade das unidades geológicas frente à ocorrência de deslizamentos.

Tabela 11: Definição do Diagnóstico de Vulnerabilidade e Observações das unidades geológicas

Unidades Geológicas	Superfície	
	km ²	%
Gnaisse Facoidal	53.98	45.3
Leptinito	7.18	6.0
Gabro	1.14	0.9
Biotita Gnaisse	47.61	39.9
Granito Favela	9.32	7.8

Na Figura 43, está representada a distribuição das unidades geológicas para cada setor. Constata-se que o Gnaisse Facoidal é predominante no Setor 2 com 28.42 km², já o Setor 1 representa 16.38 km² e o Setor 3: 9.18 km².

A unidade de Biotita Gnaisse apresenta uma extensão semelhante nos setores 1 e 2, sendo 19.46 km² e 19.13 km² respectivamente. O Granito Favela predomina no Setor 2 com 6.44 km².

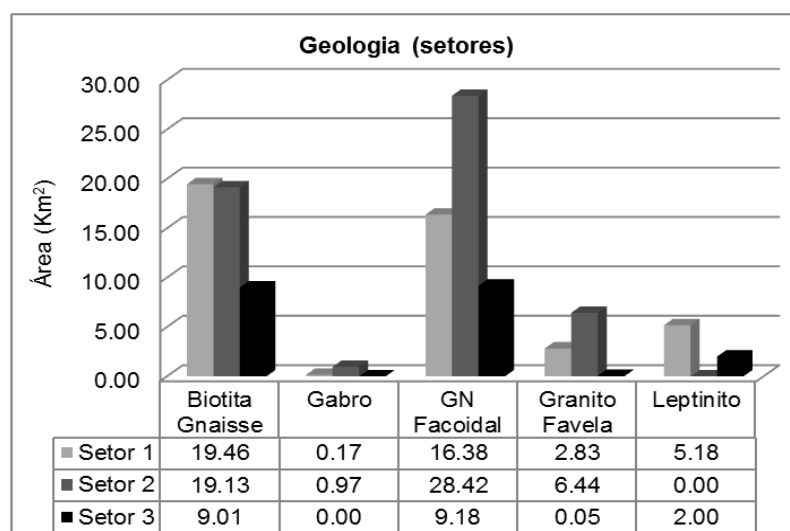


Figura 43: Histograma de distribuição das classes Geológica do Maciço da Tijuca, segundo os setores de estudo.

Nos setores 1 e 2 é observada a unidade Gabro, sendo 0.17 km² e 0.97 km² respectivamente. Enquanto que a unidade Leptinito encontra-se somente nos setores 1 e 3 com 5,18 km² e 2 km².

5.4. Susceptibilidade a Deslizamentos Translacionais Rasos

Nesta etapa foram atribuídos pesos para cada uma das variáveis, avaliando a área frente à ocorrência de deslizamentos translacionais, considerando que estes deslizamentos acontecem em estações chuvosas e de chuvas extremas, localizadas geralmente nas encostas altas e médias, com declividades críticas.

Antes de atribuir pesos para as variáveis das bases utilizadas, foi feito o agrupamento das mesmas, baseando-se na funcionalidade e similaridade das características, com a finalidade de reduzir o número de variáveis (verificar tabela 12).

Para julgar os pesos das variáveis geológicas o especialista André de Souza Avelar foi consultado.

Depois de se obter os valores correspondentes para cada variável, foi realizado o ingresso das informações para as tabelas de atributos de cada mapa no programa ArcGis, onde foi utilizada a metodologia de pesos. O uso do programa facilitou a união das bases.

Em seguida, já com os valores que compõem o mapa final, foi realizada a reclassificação em quatro classes, mediante o método do *Natural Breaks* (agrupação inerente à informação) no programa ArcGis. Deste modo, foi obtido os quatro intervalos de susceptibilidade classificados em Baixo, Médio, Alto e Muito Alto, como se observa na Tabela 13. Na Figura 44, observa-se o mapa que representa os diferentes graus de Susceptibilidade a deslizamentos translacionais rasos no Maciço da Tijuca.

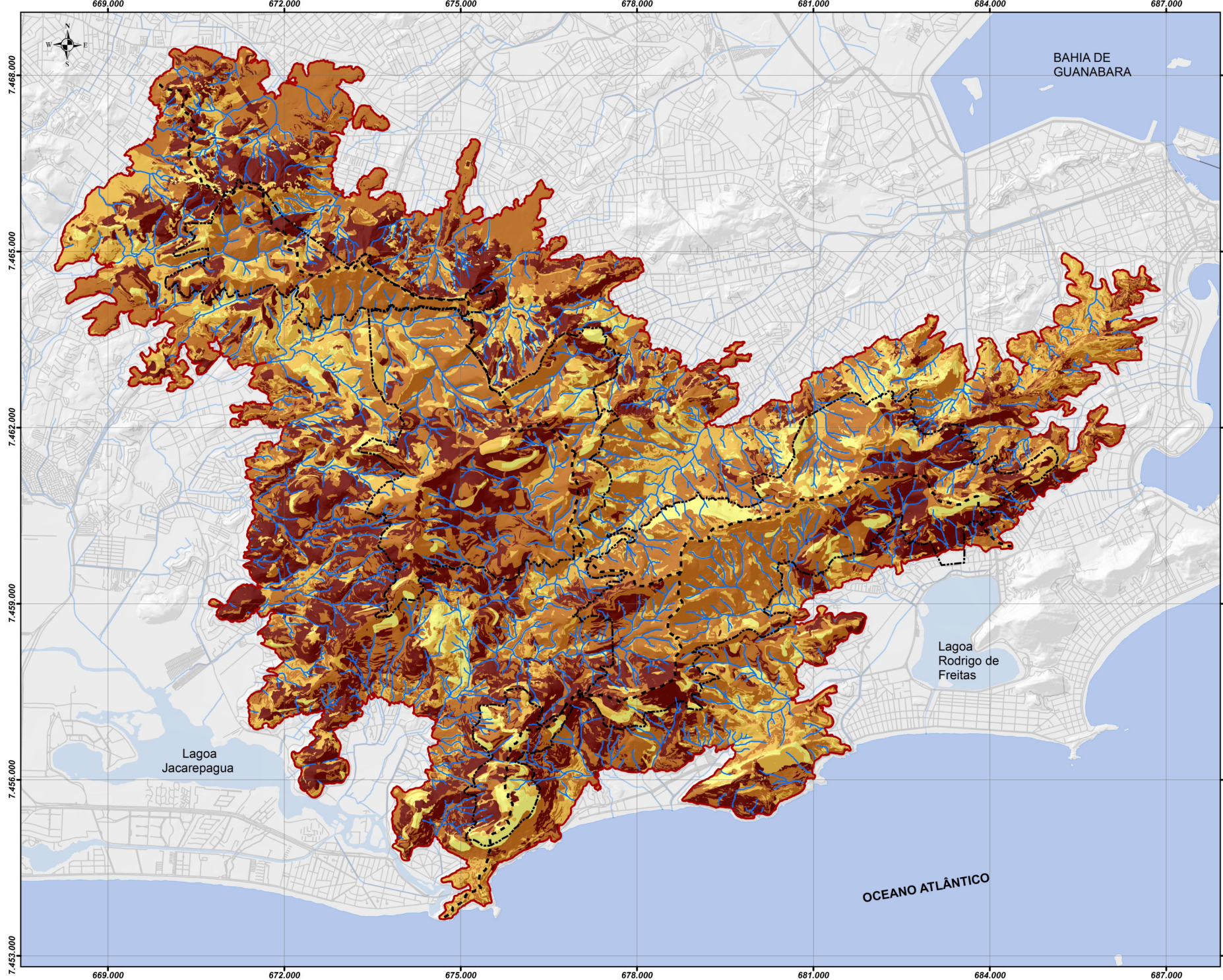
Os dados obtidos mediante a metodologia aplicada indicam que aproximadamente 70% das áreas do maciço se encontram entre as classes “Alta” e “Muito Alta” de susceptibilidade, seguida das áreas com susceptibilidade “Média” que correspondem a 23.6% e das áreas de Baixa susceptibilidade que representam apenas 6.4% (figura 45).

Tabela 12. Valor e ponderação para deslizamentos translacionais rasos.

Fator	Variável	Classe	Valor da Classe	Fator de ponderação (variável)	Fator ponderado
Cobertura Vegetal e Uso do Solo	-	Afloramento Rochoso	0.01	-	0.3
		Floresta Media-Avançada	0.09		
		Floresta Inicial	0.30		
		Gramínea	0.40		
		Ocupação	0.20		
Hidro-Geomorfológico	IED	Baixo	0.60	0.4	0.4
		Médio	0.30		
		Alto / Muito Alto	0.10		
	Declividade	<10	0.01	0.4	
		10 a 20	0.09		
		20 a 35	0.60		
		> 35	0.30		
	TPI	Fundo de Vale	0.05	0.2	
		Baixa encosta	0.05		
		Media Encosta	0.70		
Alta encosta / Topo		0.20			
Geologia	-	Biotita GN	0.25	-	0.3
		Gabro	0.25		
		GN Facoidal	0.05		
		Granito Favela	0.30		
		Leptinito	0.15		

Tabela 13. Classificação dos intervalos de susceptibilidade.

Classificação	
Baixo	0.013378 - 0.039956
Médio	0.040044 - 0.0546
Alto	0.055156 - 0.0696
Muito Alto	0.070156 - 0.097556



Susceptibilidade a Deslizamentos Translacionais Rasos

Legenda

- Ruas
- Hidrografia
- Subsistema Hidrográfico
- Cota 40m
- Limite PNT

Classes

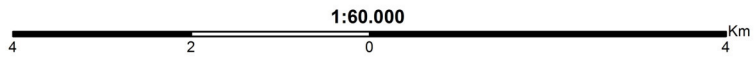
- Baixo
- Médio
- Alto
- Muito Alto



Autor: Martinez, Maria Isabel (2014)

ESCALA: 1:10 000

Referência Espacial
Sistema Geodésico de Referência
UTM 23S - SIRGAS2000



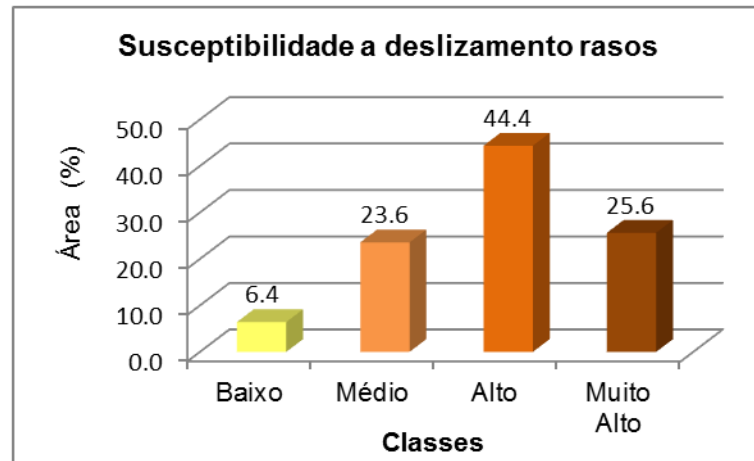


Figura 45: Histograma das classes de Susceptibilidade a Deslizamentos translacionais rasos.

A Figura 46 constata que os setores 1 e 2 apresentam maior susceptibilidade a ocorrência de deslizamentos, especialmente nas classes de Alta e Muito Alta susceptibilidade. Mesmo considerando que o Setor 3 possui uma área menor, este também apresentou alto grau de susceptibilidade.

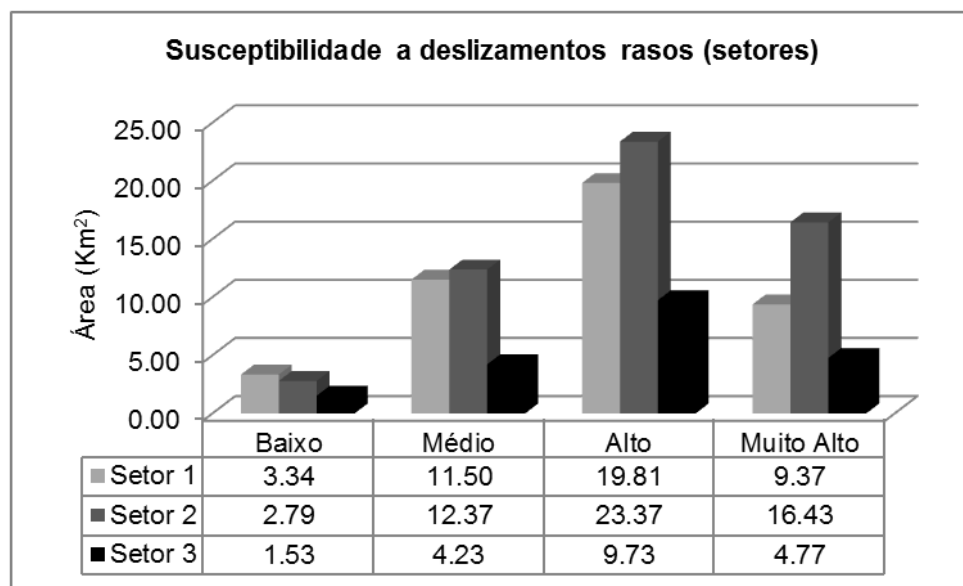


Figura 46: Histograma das classes de Susceptibilidade a Deslizamentos translacionais rasos do Maciço da Tijuca, segundo os setores de estudo.

Em todos os setores se observou que a área correspondente a Baixa susceptibilidade é pequena e isto demonstra que a área de estudo é uma área muito susceptível a ocorrência de deslizamentos translacionais rasos.

A seguir serão apresentados alguns estudos onde foram realizados mapas de susceptibilidade, utilizando metodologias adaptadas caso a caso, pela disponibilidade de

mapas bases, imagens aéreas, assim como, o acesso as áreas de ocorrência dos deslizamentos. Para estes estudos foram utilizadas diversas bases de dados, sendo as chuvas o fator principal deflagrador dos deslizamentos. Em todos os casos observou-se correlação positiva nos resultados.

Os estudos realizados na Serra do mar do estado de São Paulo, por Wolle (1985) apud Lacerda *et al.* (1997), identificaram que esta área da Serra do mar apresenta três movimentos, sendo os mais frequentes os deslizamentos translacionais, que ocorrem na parte intermediária da encosta, seguido dos depósitos coluviais - rastejo, próximos ao pé das encostas, e com menor frequência, porém com consequências catastróficas. Os mesmos autores mencionam que os deslizamentos dos depósitos de taludes-colúvio, os quais ocorrem próximos ao pé do talude, resultam da obstrução das linhas de drenagem por detritos de deslizamentos anteriores, impondo estabilidade bastante precária.

O estudo de Ahrendt e Zuquette (2001), realizado na cidade de Campos do Jordão (São Paulo), utilizou o reconhecimento das características geológicas e geotécnicas básicas da área e o mapeamento dos movimentos de massa gravitacionais. Constatou-se que nesta área acontecem os deslizamentos do tipo translacional com profundidades de ruptura de até 2 metros, que iniciam sua movimentação no topo da encosta e em declividades menores do que 15°. São terrenos aplainados pelas ruas, sendo que as chuvas constantes de baixa intensidade são o principal fator deflagrador destes deslizamentos.

Coe *et al.* (2004) conduziram um estudo na Guatemala, na área onde ocorreu o furacão Mitch em 1998, e utilizaram os parâmetros de elevação, declividade, curvatura e aspecto para o estudo da susceptibilidade a deslizamentos. Estes parâmetros foram baseados na relação da elevação com a acumulação d'água e os parâmetros topográficos. Para a elaboração do mapa foi utilizado a frequência da distribuição para cada parâmetro. O mapa resultante demonstrou que 80% do início dos deslizamentos aconteceram em áreas catalogadas como de susceptíveis, sendo que o total de deslizamentos ocorridos antes e depois do furacão aconteceu em 90% nas áreas susceptíveis. Destes deslizamentos, 96% iniciaram-se nas declividades entre 16° e 44°.

Dias e Zuquette em (2004) desenvolveram um estudo em Ouro Preto, (Brasil). Devido à ocorrência de deslizamentos associados aos efeitos da chuva, foi utilizado o método probabilístico de Árvore de eventos - quantitativos, onde a probabilidade dos atributos encontra-se relacionado à frequência. Foram consideradas a base geológica, vegetação, uso do solo, clima, hidrografia e topografia. Para determinar as condições de ocorrência dos deslizamentos foram utilizadas as classificações de Varnes (1978) e Hutchinson (1988), que consideram o tipo de material envolvido e a condição de estabilidade dos processos do solo que podem ocorrer deslizamentos translacionais-

planares. Foi considerado que as declividades na área estão entre os 24° e 36° e concluíram que a área encontrava-se numa zona potencialmente perigosa.

Os trabalhos acima citados demonstram a necessidade de utilizar outras bases de dados para poder avaliar melhor a metodologia e obter melhores resultados.

5.5. Estimativa Populacional

Nesta etapa, considerou-se uma estimativa da quantidade populacional que se localiza dentro da área de estudo, com a finalidade de conhecer a quantidade de pessoas que seriam afetadas em um determinado fenômeno. Para conhecer a quantidade populacional, foi utilizado o método da densidade demográfica - Método Dasimétrico, explicado no capítulo quatro. Utilizou-se também a camada do censo de subnormais do IBGE, como referência para poder obter a localização e os nomes das áreas de ocupação informal.

Depois de obter as informações dos dados censitários para toda a área de estudo, se realizou algumas correções de ajuste na nova camada mediante a ferramenta *Topology (gaps e overlaps)*, para evitar algum tipo de sobreposição ou cruzamento de polígonos e poder obter de maneira precisa a informação.

Uma etapa crucial no desenvolvimento do método Dasimétrico foi a divisão dos setores censitários, para que ficassem compatíveis com a classificação de ocupação formal e informal. No entanto, se fez necessário realizar este procedimento com muita cautela devido à quantidade de dados e para reduzir a quantidade de erros. Apesar destes inconvenientes, o procedimento mostrou-se válido, pois a informação gerada atendeu o objetivo desta etapa.

O resultado obtido com o cálculo da densidade demográfica apresenta a informação real das áreas habitadas, sendo que os setores censitários do IBGE não apresentam a informação em detalhe dos polígonos grandes nas áreas menos habitadas. Este órgão padroniza o tamanho dos setores com base a um número aproximado de 1.000 habitantes (DA SILVA, 2013).

A cidade do Rio de Janeiro, segundo o censo do IBGE 2010, apresenta uma população de 6.323.037 de habitantes. De acordo com o estudo feito por Bahia Schlee (2011) as áreas informais possuem uma população de 1.393.314 habitantes, correspondendo a 22%.

Segundo as informações obtidas do método Dasimétrico para o presente estudo, constatou-se que a área de estudo possui 409314 habitantes, sendo que 48.6% se

localizam na área classificada como de Ocupação formal, enquanto que 51.4% na área de Ocupação informal. Como se pode observar tanto na Tabela 14, bem como na Figura 47.

População total		
	Pessoas	(%)
O. Formal	198992	48.6
O. Informal	210322	51.4
Total	409314	100

Tabela 14: Quantidade populacional total dentro da área de estudo. (Fonte: presente estudo, modificado a partir do Censo IBGE 2010).

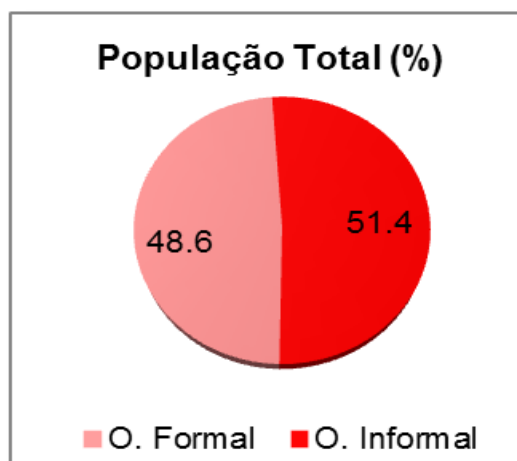
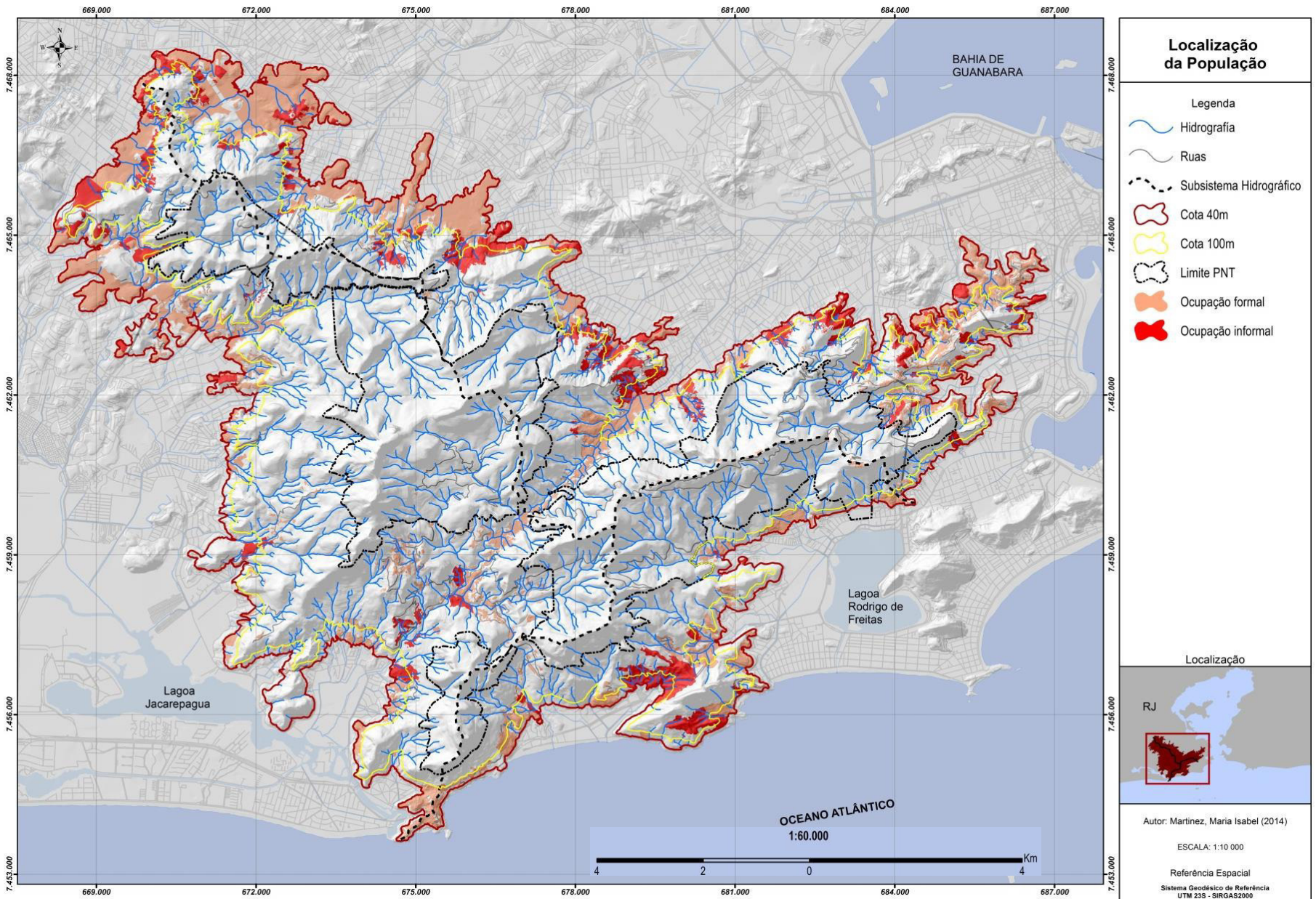


Figura 47: Diagrama segundo o tipo de ocupação populacional para a área de estudo em porcentagens

Na Figura 48, se observa a distribuição espacial das ocupações dentro da área de estudo, onde as áreas de cor rosa representam as Ocupações formais e as áreas de cor vermelha representam as Ocupações informais. A linha de cor amarela mostra a cota altimétrica de 100 metros, acima do nível do mar. Observa-se que os dois tipos de ocupação apresentam um padrão de coexistência, sendo que em muitos dos casos as áreas de ocupação informal (favelas) encontram-se localizadas ao lado da ocupação formal (classes sociais com maior poder aquisitivo). Observa-se também que a distribuição espacial da ocupação informal, apresenta-se de forma descontínua no entorno das vias de acesso (ruas e caminhos principais).

Figura 48: Mapa da localização da População Formal e Informal no Maciço da Tijuca.



Como evidenciado em estudos anteriores realizados no Maciço da Tijuca (GEOHECO, 2000), o desenvolvimento formal e a presença de loteamentos destinados a classes sociais médias e altas não inibem a expansão de favelas nas suas imediações.

De acordo com Bahia Schlee (2011), a ocupação urbana nas encostas da cidade se desenvolveu em manchas descontínuas e estrutura de forma tentacular, ao longo dos eixos principais situados nos fundos de vales, surgindo núcleos de ocupação inicialmente dispersos. E a valorização imobiliária da zona sul, ao longo da orla marítima, induziu a abertura de vias sobre o maciço, com a finalidade de facilitar a mobilidade.

Observando detalhadamente nos setores de estudo (Figura 49) constata-se que o Setor 1 apresenta maior quantidade de população entre todos os setores e possui o 64% da população total da área de estudo. Verifica-se ainda que, neste setor existe uma maior quantidade de população na Ocupação formal, o qual compreende 36.1%, em quanto que a Ocupação informal apresenta 27.9%.

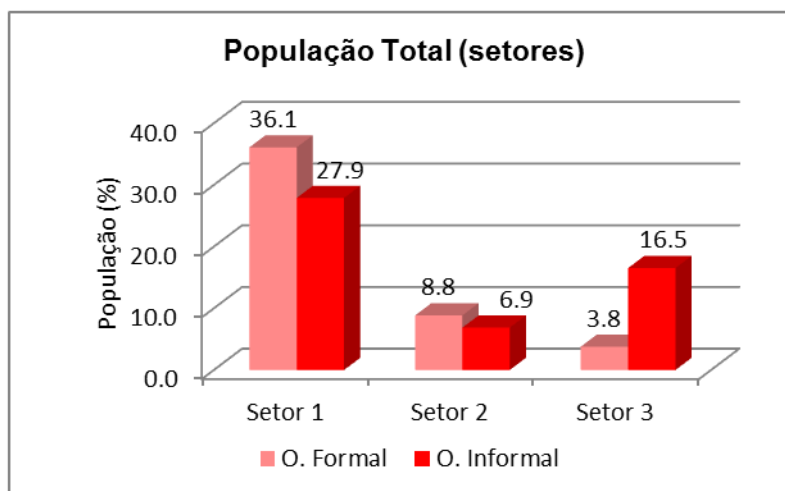


Figura 49: Histograma Populacional conforme o tipo de ocupação no Maciço da Tijuca, segundo os setores de estudo.

Por outro lado, também na Figura 49, observa-se que o Setor 3 possui 20.3% da população total da área de estudo. A população deste setor está concentrada na ocupação informal: 16.5% enquanto que a ocupação formal apresenta só o 3.8%, isto pode ser explicado, porque neste setor se localiza a favela da Rocinha, considerada como umas das maiores da cidade. No entanto o Setor 2 apresenta o 15.7% da população total da área de estudo, sendo o setor com menor quantidade populacional, cabe ressaltar que neste setor não existe tanta diferença nos tipos de ocupações como nos outros setores, sendo que a Ocupação formal apresenta 8.8% e a Ocupação informal 6.9%.

Considerando a extensão da classificação, em ocupação formal e informal, da cobertura vegetal e uso do solo do ano 2010 em km² e a quantidade populacional de cada ocupação foi possível observar que existem mais pessoas dividindo pequenas áreas de

terreno na ocupação informal, com densidade bruta de 34 habitantes por km²; enquanto que na ocupação formal observa-se uma menor quantidade de pessoas dividindo espaços três vezes maiores que a ocupação informal e apresentando uma densidade bruta de 12 habitantes por km² (Dados baseado no Censo IBGE 2010).

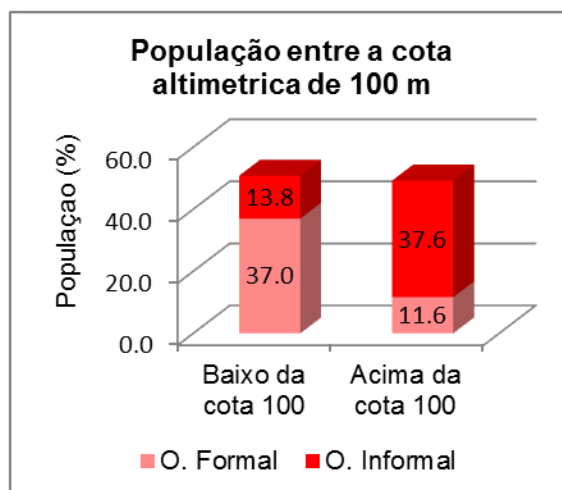


Figura 50: Histograma da população conforme o tipo de ocupação que mora Acima e Baixo da cota de 100 metros, no Maciço da Tijuca.

Segundo o Decreto 332 e o Artigo 163, instituídos a partir do ano 1970, ficou estabelecido a Zona Especial acima da curva de nível de 100 metros. O objetivo foi conservar as florestas, representando assim o limite legal da ocupação urbana nas encostas da cidade. Foram consideradas as declividades de 17°- 25° e de 25°- 45° graus, como de permanente preservação florestal, e > 45° graus identificando os terrenos íngremes, sendo em geral, afloramentos rochosos.

Conforme a figura 50 observa-se que a quantidade populacional que se localiza acima da cota de 100 metros corresponde ao 49,2% da população total da área de estudo, sendo que o 37.6% da população mora em área de ocupação informal é três vezes a mais da população que mora na área de ocupação formal, equivalendo esta última a 11.6%. Por outro lado, se observa uma situação oposta com a população que se encontra abaixo da cota de 100 metros (50.8%), sendo que o 13.8% representa a ocupação informal e o 37% a ocupação formal.

5.5.1. Estimativa de população em Áreas Susceptíveis a deslizamentos translacionais rasos (setores)

Considerando que os deslizamentos translacionais rasos que ocorrem na área de estudo são de curto alcance a jusante, foi determinada a quantidade populacional que se

encontra morando na área de estudo, segundo os níveis de susceptibilidades que podem ser afetadas, caso ocorra um deslizamento raso na área.

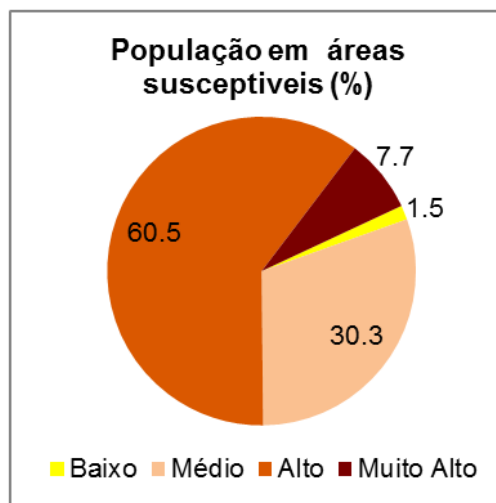


Figura 51: Diagrama da população classificada de acordo as áreas susceptíveis a Deslizamentos translacionais rasos no Maciço da Tijuca.

Foram cruzados o mapa de susceptibilidade ao de deslizamentos translacionais rasos, juntamente com o mapa de localização da população, a qual indica a quantidade de habitantes para os setores censitários do censo 2010. Isto permitiu conhecer o número de habitantes que habitam as áreas ocupadas, apresentando uma noção do risco para a área de estudo.

Na Figura 51, apresenta o total da população que mora dentro da área de estudo, para o qual se observa que 68.2% da população mora entre as classes de susceptibilidade “Alto” e “Muito Alto”, ou seja, mais da metade da população se localiza em áreas susceptíveis a deslizamento, enquanto que na classe de “Médio” susceptibilidade apresenta o 30.3% e só 1.5% da população se encontra na área de “Baixa” susceptibilidade. Nesse sentido, só o 31.8% da população total que se encontra dentro da área de estudo teria uma menor exposição a ocorrência de algum deslizamento raso na área caso acontecesse algum.

Para conhecer detalhadamente a ocupação que se encontra dentro dos níveis de susceptibilidades, houve uma seleção segundo o tipo de ocupação.

Considerando que a área de estudo apresenta mais de 50% da sua população, morando nas áreas de Ocupação informal, observa-se na figura 52 existem mais pessoas da Ocupação formal morando nas áreas consideradas como de susceptibilidade “Alto” e “Muito Alto”, sendo 35.1%, enquanto que a Ocupação informal apresenta o 33.1% do total.

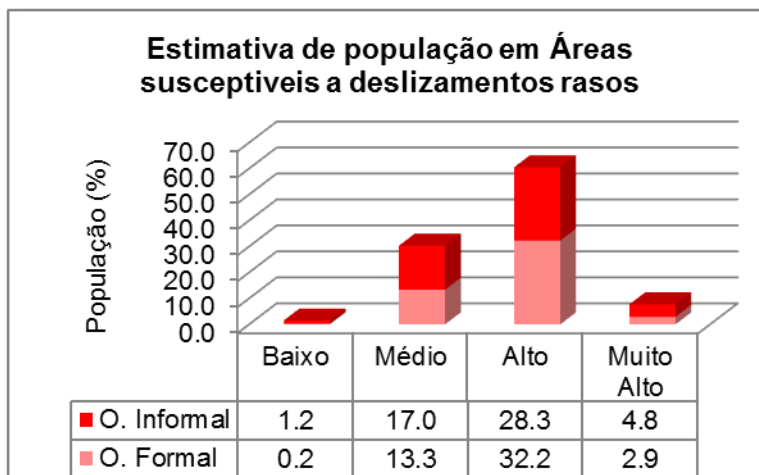


Figura 52: Histograma estimativo da população conforme o tipo de ocupação que mora em áreas susceptíveis a Deslizamentos translacionais rasos no Maciço da Tijuca.

Nas classes de susceptibilidade “Médio” e “Baixo” (Figura 52) verifica-se o padrão inverso, onde a população que ocupa as áreas de Ocupação informal (18.2%) é maior que a população da Ocupação formal: 13.5%.

Embora se reconheça que as diversas ações antrópicas danificam as encostas de forma diferente, tentou-se obter uma estimativa do risco para a área. Cabe ressaltar que, este estudo não considerou as obras de engenharia que se encontram na área por falta de informação.

De acordo com a Figura 53, no Setor 1 está a maior parte da população formal e informal morando em áreas de susceptibilidade “Alta” e “Muito Alta” (27.6% formal e 21.4% informal). Assim mesmo, verifica-se que na classe de susceptibilidade “Médio” apresenta 6% na ocupação informal e 8.3% na ocupação formal. Já no caso da “Baixa” susceptibilidade não se diferencia, sendo 0.2% tanto para a ocupação formal como a informal.

Para o Setor 2, constata-se que a ocupação formal em “Alta” e “Muito Alta” susceptibilidade corresponde a 5.3% e a Ocupação informal 3.7%. Entretanto, tem-se semelhante porcentagem no caso da susceptibilidade “Média” sendo 3% para a Ocupação informal e 3.4% para a formal. No Setor 3, ressalta-se que dentro da susceptibilidade “Alta” e “Muito Alta”, a Ocupação informal aparece com maior porcentagem (7.7%) que a formal (2.1%), semelhante a classe de “Média” susceptibilidade sendo 7.9% na área informal e 1.6% na formal. Mais dados com relação à população podem ser revisados no Anexo.

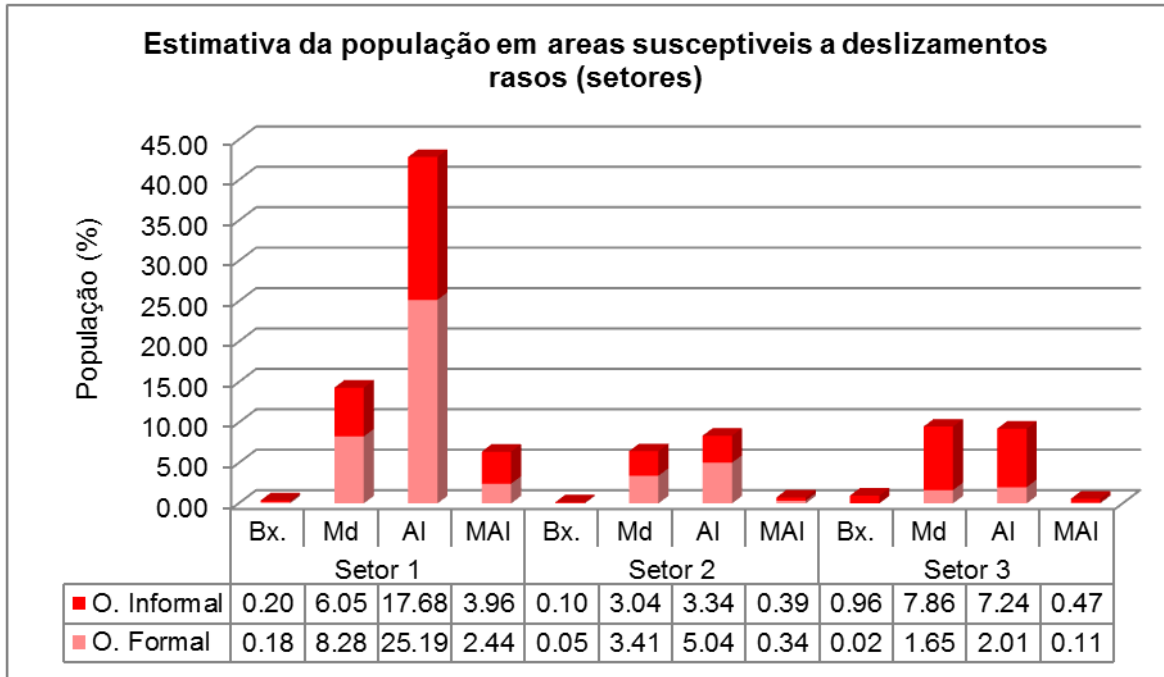


Figura 53: Histograma estimativo da população conforme o tipo de ocupação que mora em áreas susceptíveis a Deslizamentos translacionais rasos no Maciço da Tijuca, segundo os setores de estudo. Onde: Bx: Baixo; Md: Médio; AI: Alto e MAI: Muito Alto.

5.6. Validação e Comparação

Nesta etapa foi escolhido realizar a validação do Mapa de Susceptibilidade a Deslizamentos Rasos, elaborado nesta pesquisa, com o Mapa de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa elaborado no GEOHECO (2000). Adotou-se como referência a área mais atingida pelo evento extremo de fevereiro de 1996 (ver mais no capítulo três), correspondente a vertente oeste do Maciço da Tijuca.

Para a validação foi selecionada a camada de deslizamentos de 1996, pois as cicatrizes permitem realizar uma efetiva validação do modelo. Da camada deslizamentos de 1996, foram identificadas as cabeças ou início das cicatrizes, os quais são as áreas afetadas pelos deslizamentos que se localizam nas porções superiores e médias das encostas. Considerando que estas áreas são do tipo translacional raso, e as partes seguintes corresponderiam às zonas de transporte-passagem e arraste de corridas de fluxos, pelas grandes proporções e pela trajetória associada à drenagem.

Os dados obtidos pela correlação do mapa de susceptibilidade a deslizamentos translacionais rasos e a localização das cabeças de cicatrizes permitiram analisar a distribuição de cada classe de susceptibilidade, relacionada ao deslizamento.

Calculou-se a razão entre a área de cada classe afetada pelo deslizamento e o total da área das cabeças de cicatrizes, definindo-se assim a distribuição para cada classe de susceptibilidade.

Depois de serem selecionadas as áreas de início dos deslizamentos, estas foram cruzadas com a base do mapa do ano 2000 (GEOHECO) e 2010 (atual pesquisa), para cada caso foi gerado um histograma contendo a distribuição dos deslizamentos para cada classe.

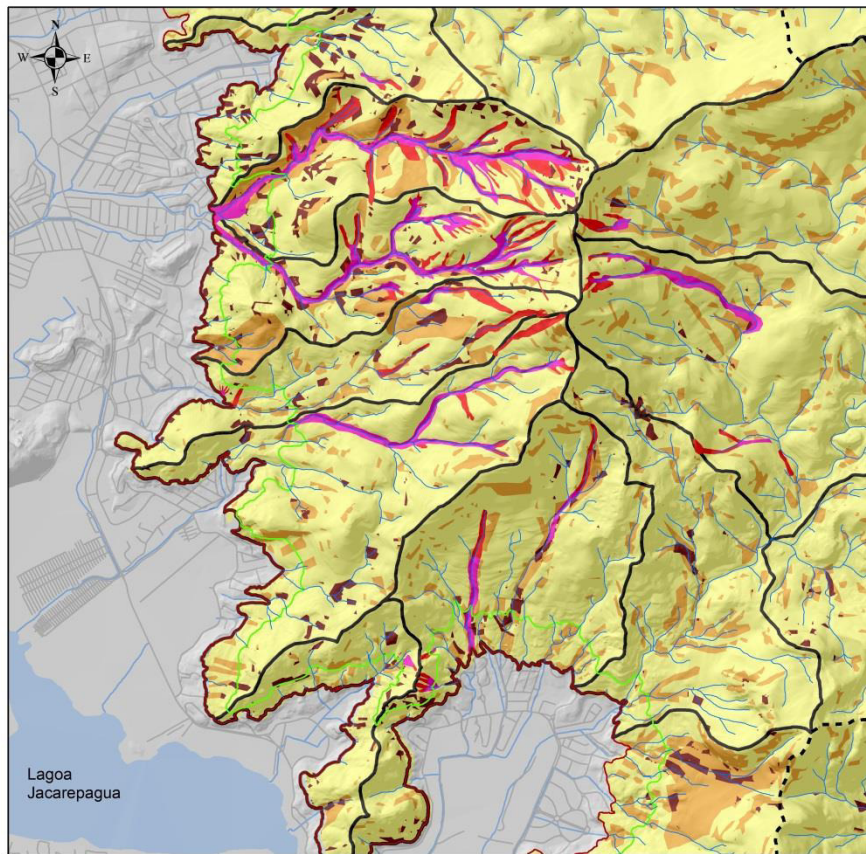
5.6.1. Comparação com Mapa de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa Do ano 2000.

O mapa de susceptibilidade realizado pelo laboratório do GEOHECO no ano 2000 apresenta áreas sujeitas a deslizamentos (translacionais ou rotacionais), fluxos, rastejo e queda de rochas. Estes são gerados pela conjunção de fatores geológicos, geotécnicos, hidro-geomorfológicos, vegetacionais e antrópicos (GEOHECO,2000). O próprio foi realizado pela superposição a ponderação de valores, onde foram definidas áreas com maior ou menor susceptibilidade aos deslizamentos.

O resultado obtido do cruzamento do início das cicatrizes, com o mapa elaborado no ano 2000 apresentou a distribuição verificada na Figura 55.

Observa-se também que a maior percentagem do início das cicatrizes aconteceu na classe de “Baixa” susceptibilidade com 75.3% seguido da classe de “Média” susceptibilidade com 19% e só o 5.6% do início das cicatrizes aconteceram na classe de “Alta” susceptibilidade, como se observa na Figura 55.

Este resultado poderia estar relacionado com a metodologia utilizada na época em que foi realizado o estudo, sendo que o início das cicatrizes deveria estar representado como susceptibilidade Alta. Para explicar a maior porcentagem na classe de baixa susceptibilidade.



Legenda

- Hidrografia
- Ruas
- - - Subsistema Hidrográfico
- Cota 40m
- Cota 100m
- Deslizamentos 1996
- Cabeça de deslizamento
- Sub-bacias
- Classes-2000**
- Baixa
- Média
- Alta



Autor: Martinez, Maria Isabel (2014)

ESCALA: 1:10 000

Referência Espacial
Sistema Geodésico de Referência
UTM 23S - SIRGAS 2000

Figura 54: Mapa de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa- 2000.
(GEOHECO, 2000)

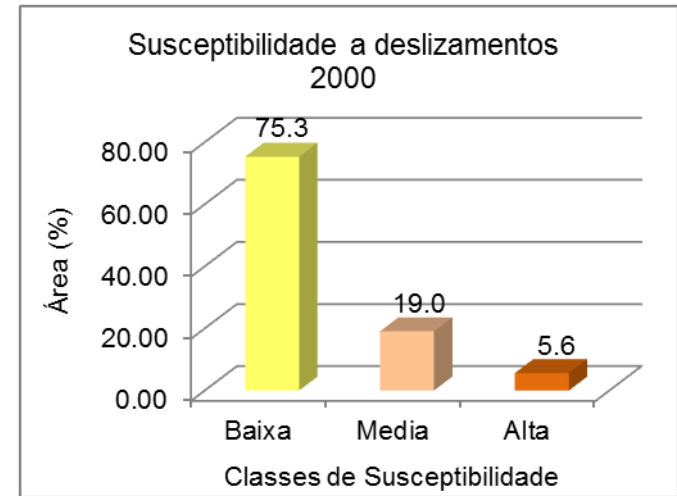


Figura 55: Histograma das classes de susceptibilidade para o ano 2000.

5.6.2. Comparação com mapa de Susceptibilidade a Deslizamentos translacionais rasos do ano 2010

O Mapa a Susceptibilidade a deslizamentos translacionais rasos, elaborado na presente pesquisa, foi cruzado com o início das cicatrizes e apresentou a distribuição verificada na figura 56.

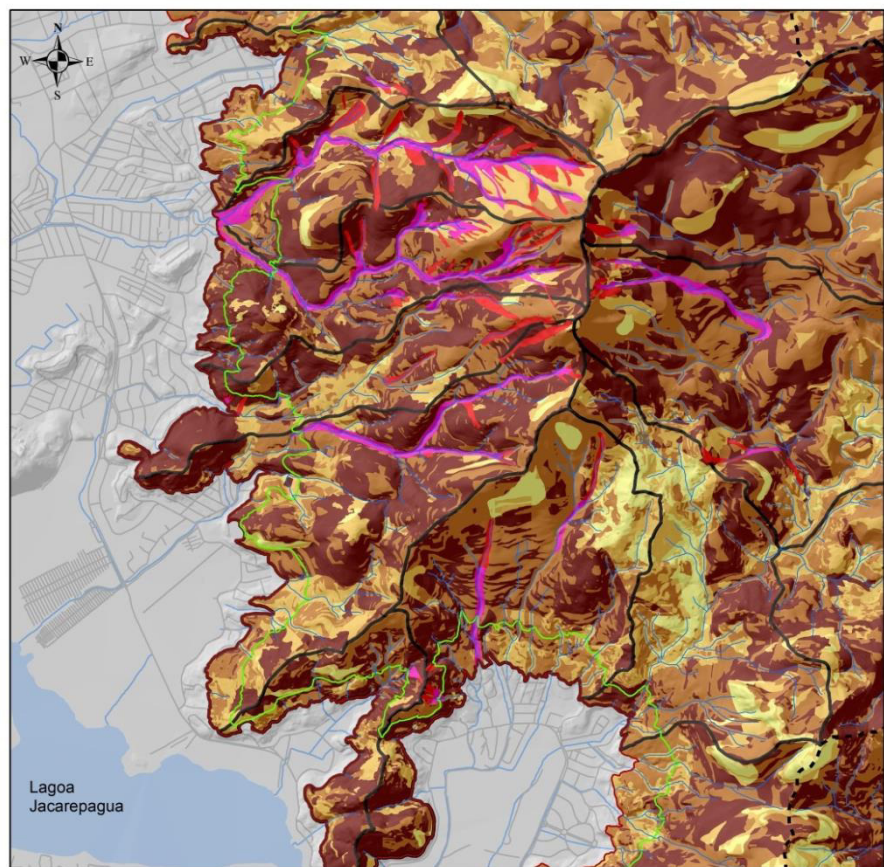
Na figura 57, nota-se que o início dos deslizamentos ocorreu em maior percentagem na classe de “Alta” susceptibilidade com 40.4%, seguido da classe de “Muito Alta” susceptibilidade 33.3%, no entanto, também observou o início dos deslizamentos também na classe de “Média” susceptibilidade com 23.3% e “Baixa” susceptibilidade 2,9%.

Outros estudos foram realizados no Maciço da Tijuca, aplicando o modelo SHALSTAB, realizados por Gomes (2006). Estes estudos foram feitos para compreender a frequência e a susceptibilidade da área frente à ocorrência de deslizamentos e foi utilizado nas bacias do rio Quitite e Papagaio. O autor menciona que estas áreas estão compostas por encostas íngremes, com valores superiores a 50 graus nas encostas mais elevadas. O modelo previu dois cenários, onde para ambos os casos os escorregamentos ocorreram 97% em áreas consideradas instáveis.

De modo geral, o mapa de susceptibilidade para o ano 2010 apresenta uma maior correlação com o início dos deslizamentos em relação ao mapa do ano 2000. Isto mostra que o mapa realizado nesta pesquisa apresenta uma validação positiva.

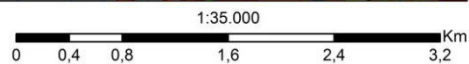
Nesse sentido, a metodologia adotada na presente pesquisa, no que diz respeito aos deslizamentos translacionais rasos mostrou-se eficaz.

Reconhece-se que a base cartográfica adotada na presente pesquisa foi limitada em comparação com a base cartográfica do mapa de susceptibilidade do ano 2000. Nesse sentido devem ser consideradas para pesquisas futuras integrações mais abrangentes.



Legenda

- Hidrografia
- Ruas
- - - Subsistema Hidrográfico
- Cota 40m
- Cota 100m
- Deslizamentos 1996
- Cabeça de deslizamento
- Sub-bacias
- Classes**
- Baixa
- Média
- Alta
- Muito Alta



Autor: Martinez, Maria Isabel (2014)

ESCALA: 1:10 000

Referência Espacial
Sistema Geodesico de Referência
UTM 23S - SIRGAS 2000

Figura 56: Mapa de Susceptibilidade a Deslizamentos translacionais rasos na área de avaliação.

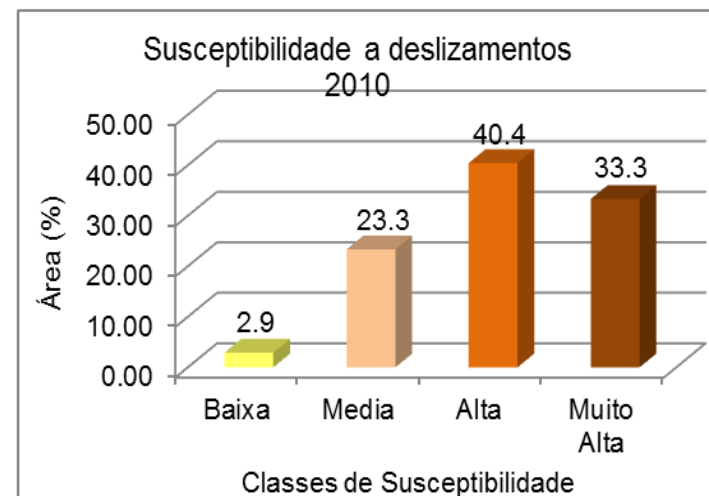


Figura 57: Distribuição percentual de áreas, conforme as classes de susceptibilidade para o ano 2010, na área de avaliação.

CAPITULO 6: CONCLUSÕES

Ao realizar a rede de drenagem pelo modelo gerado pelo procedimento automatizado do ArcHydro baseada na base antiga, constatou-se um aspecto negativo, pois foram criados eixos lineares em áreas nas quais não deveria ter e foi necessário realizar ajustes manuais. Considero ainda, que a ferramenta apresenta certos erros esperados de processos automáticos, sendo sempre necessário realizar revisões.

Outro aspecto negativo no período de delimitação da cobertura vegetal e do uso do solo foi o sombreamento em algumas encostas e a inclinação da imagem o que prejudicou na análise interpretativa e na delimitação. Estes fatores foram resolvidos considerando a topografia e imagens de anos anteriores. Assim mesmo, não foram realizados trabalhos de campo para verificar a classificação da cobertura vegetal e do uso do solo, devido à disponibilidade de tempo a abrangência da área e pelo período em que foi tirada a imagem, considerando que as classes mapeadas poderiam ter mudado para a atualidade. Todavia, é considerado importante a realização da verificação para trabalhos futuros, mediante outras metodologias que validem o mapeamento feito.

O método utilizado para delimitar o posicionamento topográfico apresentou um alto nível de correspondência com as bases cartográficas. As classes correspondentes aos fundos de vales precisaram ser corrigidas com um buffer de 15 metros na base hidrográfica para delimitar melhor esta área. Considero necessário testar para trabalhos futuros novos raios de análise para identificar melhor as áreas relacionadas aos fundos de vale.

É importante também considerar para a continuidade da pesquisa, o desenvolvimento de alguns pontos realizados nesta dissertação como:

- incluir na metodologia aplicada para esta pesquisa outros fatores que influenciam diretamente na ocorrência dos deslizamentos, como a base geotécnica.
- abarcar bases que considerem paliativos para a área, as que influenciariam diretamente na classificação da susceptibilidade da área de estudo.

Para estudos futuros, se faz necessário considerar estudos sobre a Função da Escarpa Rochosa, buscando compreender e entender se o aumento das águas sub-superficiais influi na drenagem das bacias que possuem paredões rochosos, uma questão que ficou em dúvida.

Na elaboração da densidade populacional, mediante o método Dasimétrico, foram consideradas apenas as áreas habitadas (ocupação formal e informal) combinado com os dados do censo de 2010, este método se mostrou bastante satisfatório, brindando assim um mapa que representa de maneira mais realista a distribuição espacial da população dentro da área de estudo.

Através da relação entre os indicadores estudados foi constatado que as áreas com classes de “Alta” e “Muito Alta” susceptibilidade encontram-se influenciadas principalmente pela posição topográfica das encostas, a qual intensifica diretamente a ação dos deslizamentos nos eventos extremos de chuva. Portanto, se acredita que a discussão e os resultados apresentados na presente dissertação, tendo como base o desenvolvimento de uma metodologia integrada dos processos hidro geomorfológicos envolvidos nas zonas de montanha, possam contribuir positivamente na criação de mapas e na futura integração com medidas de risco para solucionar a problemática destas áreas.

O resultado encontrado indicou que a metodologia utilizada é adequada para obter a susceptibilidade a deslizamentos translacionais rasos, assim como na identificação de áreas classificadas como susceptíveis. Reconhece-se que a base de dados utilizada foi restrita, e será necessário o uso de outras bases no futuro para aperfeiçoar a metodologia utilizada.

Os resultados obtidos na dissertação apontam, que tanto as ocupações informais como as ocupações formais são susceptíveis a ocorrências de deslizamentos, pelo que teriam que ser consideradas da mesma forma no momento de realizar algum tipo de ordenamento. Ressaltando-se principalmente os prejuízos elevados que poderiam acontecer se algum outro evento extremo ocorrer nestas áreas.

Ainda que esta metodologia não considerasse as características de precipitação da área, constata-se a necessidade do uso das mesmas para pesquisas futuras com a finalidade de aprimorar o trabalho.

Embora, também este trabalho não tenha utilizado a base geotécnica e o tipo e espessura do solo por apresentar deficiência nas bases, é importante o uso das mesmas para estudos futuros, bem como para o aprimoramento da mesma na classificação dos deslizamentos. Será tomado em consideração no desdobramento da pesquisa.

Considera-se importante para pesquisas futuras, encontrar metodologias que avaliem de maneira mais precisa os riscos nas áreas catalogadas como de susceptibilidade “Alta” e “Muito Alta” nas ocupações urbanas. Segundo os resultados desta pesquisa, as ocupações formal (maiores em área) e informal (maiores em população), encontram-se localizadas em áreas de susceptibilidade e tem que se pensar em ambas visando a diminuição de danos relacionados aos deslizamentos.

Vale ressaltar, como é de conhecimento, que muitas obras de engenharia (contenções, drenagem, entre outros) foram introduzidas visando à estabilidade de encosta, especialmente em áreas de comunidades (ocupações informais), reduzindo a susceptibilidade das áreas. Para o presente estudo, não se está levando em consideração estas obras por falta de acesso aos dados, porém considera-se que as mesmas são necessárias e serão utilizadas em estudos futuros para avaliar de forma adequada a susceptibilidade das áreas.

Na avaliação realizada sobre o Índice de Eficiência de Drenagem demonstrou-se uma leitura diferente utilizando a Função Escarpa Rochosa, em relação com a que não utiliza a função, embora este trabalho seja utilizando pela primeira vez tentou-se obter resultados que mostre a funcionalidade das bacias que possuem paredões rochosos, para assim apurar o entendimento da dinâmica hidrológica e erosiva da análise geo-hidroecológica do Maciço da Tijuca.

Cabe ressaltar que a Função Escarpa Rochosa ainda encontra-se nos primeiros testes, pelo que ainda deve ser testada em outras áreas, para desta forma melhorar e afinar a função.

O mapa de cobertura vegetal e usos do solo do ano 2010 apresentou que a classe de floresta em estágio médio avançado apresenta uma predominância na área de estudo com 47.6%, não entanto se tenha como segunda classe a ocupação formal a qual vem dominando as áreas de encostas e entornos do maciço, assim como, pelas estradas que propiciam a ocupação sobre a floresta.

A imagem de Satélite do ano 2010 mostrou grau detalhamento na visualização das feições a classificar, pelo que o mapeamento realizado neste estudo se mostrou adequada aos objetivos propostos, resultando uma interpretação condizente a realidade pelo detalhe no mapeamento.

Através do mapeamento da cobertura vegetal e uso do solo realizado no Maciço da Tijuca, pode-se verificar que a área ainda concentra uma diversidade de funções florestais e urbanas, alcançando grau complexidade. Foram identificados 13 tipos de usos, onde se constata que o predomínio das florestas de estágio médio – avançado e inicial. As áreas de maior densidade florestal estão inseridas nos limites do PNT, apesar da forte pressão urbana circundante.

Neste trabalho, o uso do SIG nas análises de ambientes floresta/urbano representou uma ferramenta extremamente valiosa e útil, pois permitiu reduzir a subjetividade e obter resultados gerados.

Finalmente, considero importante dar continuidade e aprofundar o estudo da função escarpa rochosa buscando compreender o aumento da recarga das encostas em eventos extremos.

Em suma, observou-se que a floresta tropical ainda se preserva razoavelmente nas porções superiores do Maciço da Tijuca e que no entorno ao PNT há uma forte pressão exercida pelo crescimento urbano que continua a avançar sobre as encostas do maciço.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, M. A. *A Cidade, A Montanha e A Floresta*. In: Abreu, M.A. (Coord.) *Natureza e Sociedade no Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Biblioteca Carioca, p.54-103, 1992.
- ACCIOLY DIAS, M. *Influencia da Topografia na Dinâmica de Bordas Floresta - Gramínea em um relevo montanhoso- Maciço da Tijuca /RJ*. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 117 p, 2011.
- AHRENDT, A.; ZUQUETTE, L.V. *Mapeamento e análise de Movimentos de Massa Gravitacionais ocorrido na cidade de Campo de Jordão- SP*. In: COBRAE III, pp. 185-192, 2001.
- AMARAL, R.; GUTJAHR, M. *Desastres Naturais*. Serie de Educação Ambiental 8, São Paulo, Governo do Estado de São Paulo, Instituto Geológico/ Secretaria do Meio Ambiente. 2. ed., 100 p, 2012.
- ARAUJO, I.S. *Modelo Chuva-Vazão relacionado às Interações de uso Urbano e Cobertura Florestal na bacia do rio Cachoeira - Maciço da Tijuca / RJ*. Dissertação Mestrado, UFRJ/COPP/ Programa de Engenharia Civil, 193 p. 2013.
- ARONOFF, S. *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. Ottawa, Canada: WDC Publications. 294 p, 1989.
- AVELAR, A.S., *Investigação histórica e geotécnica do movimento de massa do Soberbo*, Dissertação (Mestrado) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 122 p, 1996.
- AVELAR, A.S., FERNANDES, M.C., LACERDA, W.A. & COELHO NETTO, A.L., *Análise de Suscetibilidade a movimentos de massa no maciço da Tijuca (RJ) utilizando SIG*, 3ª Conf. Bras Estab. De Taludes, III COBRAE, Rio de Janeiro, v.1, p. 133-140, 2001.
- AVELAR, A.S., COELHO NETTO, A.L. Neivad'orsi, *Monitoramento dos problemas de encosta na Cidade do Rio de Janeiro frente as mudanças climáticas em curso e futuras*. In: Megacidades, Vulnerabilidades e Mudanças Climáticas: Região Metropolitana do Rio de Janeiro, cap.4, p.311-328, 2011. Disponível em: <<http://www.poli.ufrj.br/noticias/arquivos/completo.pdf>>
- AUGUSTO FILHO, O. *Caracterização Geológico-Geotécnica voltada a Estabilização de Encostas: Uma Proposta Metodológica*, Conf. Brasileira Sobre Estabilidade de Encostas, 1ra COBRAE, Rio de Janeiro, ABMS / ABGE, vol. 2, p 721-733, 1992.
- AUGUSTO FILHO, O. *Mass movements identification, modeling, analysis and mapping: some experiences in the South of Brazil, São Paulo state*. In *Landslides: Evaluation and stabilization*. Lacerda, W.A. et al.(org.) Vol.1, p.57-68 2004.

- BAHIA SCHLEE, M. *Landscape change along the Carioca River, Rio de Janeiro, Brazil*. Tese de Mestrado- Pennsylvania State University, 212 p, 2002.
- BAHIA SCHLEE, M. *Mapeamento Ambiental e Paisagístico de Bacias Hidrográficas Urbanas: Estudo de Caso do Rio Carioca*. In: Rios e Paisagens urbanas em cidades brasileiras. Rio de Janeiro, Viana& Mosley: PROURB, Antunes Costa (Org.), pp. 33-55. 2006.
- BAHIA SCHLEE, M. *A fronteira entre a floresta e a Malha urbana: Diretrizes Sistêmicas para repensar a sua ocupação*. In: I Encontro IALE-BR, pp.58-60, 2007.
- BARROS, M.A. *Geotecnologías como contribuição ao estudo do Agroecossistema cafeeiro de Minas Gerais em nível municipal*. Dissertação (Mestrado)- Instituto de Pesquisas Espaciais, São Jose dos Campos, p.157, 2006.
- BIELECKA, E. *A Dasymetric Population Dnsity Map of Poland*. In: International Cartographic Conference 22. Anais Coruna, Espana, 2005.
- BGS – British Geological Survey. Imagem dos tipos de deslizamentos de Varnes. Disponível em:
<https://www.bgs.ac.uk/research/engineeringGeology/images/landslip_types_large.jp>
- BURROUGH, P.A.; MCDONNELL, R.A. *Introduction to Geographic Information Systems, Spatial Databases, and Map Design* In: Principles of geographical information systems. New York: Oxford University Press. Parte I. p.3- 22. 1998.
- CALDERON RODRIGUEZ, J.; OCHOA PACHAS, J. *Diccionario de Ecología y del medio Ambiente*. Lima. Universidad Inca Garcilaso de la Vega. 443 p, 2004.
- CAMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V. *Introdução à ciência da geoinformação*. São José dos Campos: INPE, (2da edição on-line), 2001. Disponível em:
<<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>> Acesso em: 5 maio 2013.
- CASTRO, C.M.; PEIXOTO, M.N.O.; RIO, G.A.P. *Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas*. In: Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v.28 - 2, p. 11-30, 2005.
- CERON, A.O. & DINIZ, J.A.F. *O Uso de Fotografias aéreas na identificação das formas de utilização agrícola da terra*. In: Revista Brasileira de Geografia, v.2, nº28, p. 161-173, 1966.
- CHUVIECO, E. *Fundamentos de Teledeteccion Espacial*. Madrid: Rialp, 453 p. 1990
- COE, J.A. GODT, J.W.; Baum,R.L.; BUCKNAM,R.C.&MICHAEL,J.A. *Landslide susceptibility from topography in Guatemala*. In: Landslides, Evaluation & Stabilization. , Lacerda W.et al.(Editor),vol.1 pp. 69-78, 2004.

- COELHO NETTO, A.L. *O Processo erosivo nas encostas do Maciço da Tijuca-RJ*. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 112 p, 1979.
- COELHO NETTO, A.L. *O Geossistema da Floresta da Tijuca*. In: *Natureza e Sociedade no Rio de Janeiro*, Abreu, M. A. (Coord.), Secretaria Municipal de Cultura / DGDI-Biblioteca Carioca, v. 21, p.104-142, 1992.
- COELHO NETTO, A.L. *Hidrologia de encostas na Interface om a Geomorfologia*. In: *Geomorfologia: uma Revisão de Conceitos e Bases*, Guerra, A.J.T.& Cunha, S.B. (Org.), cap. 3, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.93-148. 1994.
- COELHO NETTO, A. L. *Produção de sedimentos em bacias fluviais florestadas do maciço da Tijuca, RJ: respostas aos eventos extremos de fevereiro de 1996*. In: *Anais do II Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos*, RJ, p.199-209, 1996.
- COELHO NETTO, A.L. *A Interface Florestal-Urbana e os desastres naturais relacionados à Água no Maciço da Tijuca: desafios ao planejamento urbano numa perspectiva sócio-ambiental*. *Revista do Departamento de Geografia*, v.16.p. 46-60, 2005.
- COELHO NETTO, A.L. *A Geoecologia e a arquitetura da paisagem do Rio de Janeiro no século XXI: da degradação a reabilitação funcional da cidade e da floresta Atlântica remanescente*. In: *Águas Urbanas: uma contribuição para a regeneração ambiental como campo disciplinar integrado*. Coleção Pro Arg. FAU_UFRJ. p.75-92, 2007a.
- COELHO NETTO, A.L. *Ecosistema de Encostas*. Texto elaborado para o Instituto Pereira Passos, para subsidiar os debates do Seminário de Reação: Rio, próximo 100 anos. 2007b. Disponível em: <http://portalgeo.rio.rj.gov.br/protocolo/pcontrole/documentos/encostas_analuiza_1.Pdf>.
- COELHO NETTO, A.L.; AVELAR, A.S.; FERNANDES, M.C.; LACERDA, W.A. *Landslide susceptibility in a mountainous geocosystem, Tijuca Massif, Rio de Janeiro: The role of morphometric subdivision of the terrain*. In: *Geomorphology*, v.87 p.120-131, 2007c.
- COELHO NETTO, A.L.; AVELAR, A.S. *O Uso da terra e a dinâmica hidrológica; comportamento hidrológico e erosivo de bacias de drenagem*. In: *Vulnerabilidade Ambiental*. Dos Santos R.F. (Coord.), Brasília: MMA, p.60-73, 2007d.
- COELHO NETTO, A.L.; AVELAR, A.S.; D'ORSI R., *Domínio do ecossistema da floresta atlântica de encosta*. In: *Rio o Aquecimento Global e a Cidade, próximos 100 anos*, Gusmão, P.P. et al (Org.), Rio de Janeiro: Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos, IPP/SMU, p. 147-163, 2008.
- COELHO NETTO, A.L.; AVELAR, A.S.; MULULO SATO A.; ACCIOLY DIAS.M.; BAHIA SCHLEE M.; NEGREIROS A.B. *Vulnerabilidade em Geoecossistemas montanhosos e Desastres causados por deslizamentos na Interface Floresta-Urbana: Controles Geológicos Geomorfológicos e Geoecológicos*. In *Desastres Naturais – Suscetibilidade*

e Riscos – Mitigação e Prevenção – Gestão e Ações Emergenciais. COPPE/UFRJ – Rio de Janeiro, Lacerda W.A., *et al.*(Org.) Cap.5, p.63-80, 2012.

COPPETEC-SEA/RJ. Relatório Final do *Mapeamento (Escala 1:5000) de Áreas de Riscos, Frente aos Deslizamentos de encostas no Município de Angra Dos Reis, RJ*, Fundação COPPETEC, Laboratório de Geo-Hidroecologia, Secretaria de estado do Ambiente – Governo do Estado do Rio de Janeiro. 2012.

COSTA, N. M. C. *Geomorfologia estrutural dos maciços litorâneos do Rio de Janeiro*. Tese de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia/ IGEO-UFRJ, 108 p, 1986.

COSTA, N. M. C.; DA SILVA, J. X. *Geoprocessamento Aplicado a criação de planos de manejo: O caso do Parque Estadual da Pedra Branca-RJ*. In: Geoprocessamento e análise ambiental. Jorge Xavier da Silva; Ricardo Tavares Zaidan. (Org.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. Cap. 2, p. 67-114, 2004.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blucher, 188p, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. *Modelagem de Sistemas Ambientais*. São Paulo: Edgard Blucher, 236p, 2002.

COUTINHO, B. H. *Vulnerabilidade Geo-Hidroecológica em Diferentes Escalas na Paisagem: Subsídios à Conservação e Segurança Ambiental*. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 523 p, 2011.

CRUDEN D.M. *A simple definition of a landslide*. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, nº43, p. 27-29, 1991.

CRUDEN D.M.; VARNES D.J. *Landslide types and processes*. In *Landslides: Investigation and mitigation*. P.36-75. 1996. Disponível em: <[http://www.bau.hsr.ch/\(S\(rtk2vx45ujfze451tjkm bip\)\)/GetFile.aspx?File=Articles%2FCruden_and_Varnes_1996.pdf&AspxAutoDetectCookieSupport=1](http://www.bau.hsr.ch/(S(rtk2vx45ujfze451tjkm bip))/GetFile.aspx?File=Articles%2FCruden_and_Varnes_1996.pdf&AspxAutoDetectCookieSupport=1)>

DA SILVA, A.P.;MORATO,R.G.;KAWAKUBO,F.S. *Mapeamento da Distribuição espacial da população utilizando o método Dasimétrico: Exemplo de caso no Sudeste do Brasil*. In: Revista Brasileira de Geografia, vol.6 n.1,pp.37-48, 2013. Disponível em:< > Acesso: 21-05-2014.

DIAS, E.C.; ZUQUETTE, L.V. *Methodology adoptec for probabilistic assessment of landslides in Ouro Preto, Brasil*. In: Landslides, Evaluation & Stabilization. , Lacerda W.*et al.*(Editor),vol.1 pp.287-291, 2004.

DRUMMOND, J.A. *Devastação e preservação ambiental: os parques nacionais do estado do Rio de Janeiro – Niterói*, UDEFF, Coleção Antropologia e ciência Política, v.2; 306 p, 1997.

- DUTENKEFER, E. *Representações do Espaço Geográfico: Mapas Dasimétricos, Anamorfoses e Modelização Gráfica*. In: Simpósio Internacional Caminhos Atuais da Cartografia na Geografia: O mapa como forma de expressão das geografias, Reinaldo Machado (Org.). São Paulo: FFLCH/USP, p. 374-411,2010. Disponível em: <http://www.ess.inpe.br/courses/lib/exe/fetch.php?media=cst-310-popea:aulas:cst310_aula_13_dasimetrico.ppt>
- FALCON, A. *Espacios verdes para una ciudad sostenible: Planificación, proyecto, mantenimiento y gestión*. Barcelona: Gustavo Gil; 175 p, 2007.
- FELL, R; CROMINAS, J; BONNARD, C; CASCINI, L. LEROI, E. SAVAGE, W.Z.; *Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk aoning for land use planning*. In: Engineering Geology, v. 102, p. 85-98. 2008.
- FERNANDES, M.C. *Geoecologia do Maciço da Tijuca-RJ: Uma Abordagem Geo-Hidroecológica*. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 141p, 1998.
- FERNANDES, M.C.; LAGUENS, J.V.M.; COELHO NETTO, A.L. *O Processo de Ocupação por favelas e sua relação com os eventos de deslizamentos no Maciço da Tijuca/ RJ*. In: Anuário do Instituto de Geociências-UFRJ v. 22. p.45-59, 1999.
- FERNANDES, N.F.; GUIMARÃES, R.F.; GOMES, R.A. VIEIRA, B.C.; *et al. Condicionantes Geomorfológicos dos deslizamentos nas Encostas Avaliação de Metodologias e Aplicação de modelo de Previsão de Áreas Susceptíveis*. In: Ver. Bra. Geomorfologia, vol.2, n.1,pp.51-71,2001.
- FERNANDES, M.C.; AVELAR, A.S.; COELHO NETTO, A.L. *Domínios Geo-Hidroecológicos do Maciço da Tijuca, RJ: Subsídios ao entendimento dos Processos Hidrológicos e Erosivos*. In Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v. 29 – 2, p. 122-148, 2006.
- FITZ, P.R. *Cartografia Básica*. São Paulo: Oficina de Textos, 143 p, 2008.
- FLORENZANO, T.G. *Iniciação em Sensoriamento Remoto*, 3. Ed., Ampliado e Atualizado, São Paulo: Oficina de Textos, 129 p. 2011.
- FORMAN, R.T.T. & GODRON, M. *Patches and Structural Components for a Landscape Ecology*. Bioscience, Washington, EUA, v. 31, p.733-740, 1981.
- FORMAN, R.T.T. & GODRON, M *Landscape Ecology*. John Wiley & sons, New York. 1986.
- FRANCISCO, C.N. *O Uso de Sistemas Geográficos de Informação (SGI) na Elaboração de Planos Diretores de Unidades de Conservação - Uma Aplicação no Parque Nacional da Tijuca, RJ*. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes. São Paulo, 226 p. 1995.

- FRANCISCO, C.N. GUIMARAES, L.M.; SILVA L.P. VIEIRA LP. L. *Estúdio Dirigido em SIG*. Universidade Federal Fluminense. Disponível em: <www.professores.uff.br/cristiane/Estudodirigido/SIG.htm#IntrodSIG>. Acesso:28-11-2012.
- GUIDICINI, G. & IWASA, O.Y. *Tentative Correlation Between Rainfall and Landslides in Humid Tropical Environment*. In: Bull. Eng. Geol. Env. vol.16, pp13-20, 1977.
- GIRÃO, O.; CORRÊA, A.C. B.; GUERRA, A.J.T. *Encostas Urbanas como Unidades de Gestão e Planejamento, a Partir do Estudo de Áreas a Sudoeste da Cidade do Recife – PE*. In: *Revista de Geografia*. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 24, nº 3, set/dez. p. 242-267, 2007.
- GEOHECO. *Diagnostico/Prognostico sobre a Qualidade Ambiental do Geoecossistema do Maciço da Tijuca: subsídios à regulamentação da APARU do alto da Boa Vista*. Relatório Técnico – Vol. 1, 2,3 e 4; Fundação COPPETEC - Laboratório de Geo-Hidroecologia - Secretaria Municipal do Meio Ambiente, Prefeitura do Rio de Janeiro. 2000.
- GLOBALGeo. Imagens de Satélite- WorldView-2 – Informação. Disponível em: <<http://www.globalgeo.com.br/satelite/worldview-2/>>.
- GOMES, R.A.T. *Modelagem de previsão de movimentos de massa a partir da combinação de modelos de escorregamentos e corridas de massa*. Dissertação (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, p. 180,2006.
- GUIDICINI, G., NIEBLE, C. M. *Estabilidade de taludes naturais e de escavação*. São Paulo. Edgard Blücher; Ed. da Universidade de São Paulo. 194p, 1984.
- GUIMARÃES, R.F.; JUNIOR, OAC; GOMES, R.A.T.; FERNANDES, N.F. *Movimentos de Massa*. In: *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. Teresa Gallotti Florenzano, (Coord.), São Paulo: Oficina de Textos, p.159-184. 2008.
- GUIMARÃES, R.F. *Utilização de um modelo de Previsão de áreas Susceptíveis a Escorregamentos Rasos com controle Topográfico: Adequação e Calibração em duas Bacias de Drenagem*. Dissertação (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, p.150, 2000.
- GUERRA, A. T. *Dicionário geológico-geomorfológico* – 8.ed, Rio de Janeiro: IBGE, 446p.1993.
- HEILBROM, M. *et al. Litoestratigrafia, evolução tectono- metamórfica e magmatismo no pre-Cambriano do setor sudeste do município do Rio de Janeiro*. In: III Simpósio de Geologia do Sudeste, Rio de Janeiro. p. 174-179, 1993.

- HIGHLAND, L.& BOBROWSKY, P.T. *The Landslide Handbook: A Guide to Understanding Landslides*. US Geological Survey Reston, VA,USA, p. 2008. Disponível em: <<http://pubs.usgs.gov/circ/1325/>>
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm>
- IMA – INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE. *Vulnerabilidade Ambiental*. Brasília: MMA. 192 p, 2007.
- ITB – INSTITUTO TERRA BRASIL. *Trilhas do Parque Nacional de Tijuca: Rio de Janeiro-Brasil*. Rio de Janeiro: ITB. 200p, 2006.
- IPP – INSTITUTO PEREIRA PASSOS. *Base digitalizada do Município do Rio de Janeiro: escala1: 10.000*. Rio de Janeiro, 1999.
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS. *Ocupação de Encostas*. Publicações de IPT. N°1831. p.231. 1991
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Capacitação em mapeamento e gerenciamento de risco*. Ministério das Cidades, material de treinamento - 2004. Disponível em: <<http://www.defesacivil.mg.gov.br/conteudo/arquivos/manuais/Mapeamento/mapeamento-grafica.pdf>>.
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS. *Mapeamento de Riscos em Encostas e margem de rios*. Carvalho C. et al (Org.) Brasília: Ministério das Cidades, 176 p., 2007.
- JENNESS J. *Topographic Position Index (TPI) v.1.2*. 2006. Disponível em: <http://www.jennessent.com/downloads/TPI_Documentation_online.pdf>
- KOBIYAMA, M. *et al. Prevenção de desastres naturais: Conceitos básicos*. Curitiba: Organic Trading, 109 p., 2006. Disponível em: <<http://www.labhidro.ufsc.br/livros.html>>.
- LANGFORD, M.; HIGGS, G; RADCLIFFE, J.; WHITE, S. *Urban population distribution models and service accessibility estimation*. In: Computer, Environment and Urban Systems, v.32,p.66-80, 2008.
- LACERDA, W.A. *Stability of natural slope along the tropical coast of Brazil*. In: Almeida, M.S. (Org.) Symp. On Recent Developments in Soil and Pavement Mechanics, COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro, Balkema, Rotterdam, p.17-40, 1997.
- LACERDA, W.A., AVELAR, A. S., *Flume tests on sand subjected to seepage with the influence of hidden barriers*. Workshop on Occurrences and Mechanisms of flows in Natural Slope and Earthfill, Sorrento, Italy, vol.1, p136-144, 2003.

- MAGALHAES, L. M.S. *Florestas Urbanas Funções e estrutura*. In: Águas Urbanas: uma contribuição para a regeneração ambiental como campo disciplinar integrado. Coleção PROARG. p.123-133, 2007.
- MANSILLA BACA, J.F. *Dinâmica da Paisagem: Métodos analíticos, modelos de classificação e simulação prognostica, sob a ótica geoecológica*. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Geografia, Programa de Pós-graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 184 p, 2002.
- MEIS, M.R.M; MIRANDA, L.G.H.; FERNANDES, N.F. *Desnivelamento de altitude como parâmetro para a compartimentação do relevo: bacia do Médio Vale do rio Paraíba do Sul*. Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Geologia. Salvador 4: 1489-1509, 1982.
- MENEZES P.M.L. & FERNANDES M.C. *Roteiro de cartografia*. São Paulo: Oficina de Textos, 288 p, 2013.
- NAVA, D.B.; SILVA JR, G.C.; FERREIRA, A.M.M. *Levantamento Geotécnico-Ambiental da Vertente Sul dos Morros do Corcovado e Sumaré, Serra da Carioca*, Município do Rio de Janeiro. In: II Simpósio de Geologia do Sudeste. São Paulo: SBG, p.263-271, 1991.
- NEGREIROS, A.B. *Recuperação de Floresta Atlântica e Resultante Hidro-Erosiva em Clareiras de Deslizamentos nas Encostas Íngremes do Maciço da Tijuca, RJ*. Dissertação (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 163p, 2011.
- NORWAK, D.; DWYER, J.; CHIDS G. *Los Benefícios y costos del enverdecimiento urbano. Áreas verdes urbanas en Latinoamérica y el Caribe*. In: Banco Interamericano de Desarrollo. Cap. 2, 1997. p.17-38. Disponível em: <<http://sustainableforestbusiness.org/spanish/tools/09/files/docs/002.pdf>>.
- OLIVEIRA, R.R., ZAÚ, A.S., LIMA, D.F., SILVA, M.B.R.,VIANNA,M.C.,SODRE, D.O. &SAMPAIO, P.D. *Significado Ecológico da Orientação de encostas no Maciço da Tijuca*, Rio de Janeiro. In: Oecologia Brasiliensis. vol.1, Estrutura, Funcionamento e Manejo de Ecossistemas Brasileiros, p.523-541.1995. Disponível em: <<http://www.oecologiaaustralis.org/ojs/index.php/oa/article/download/5/302>>.
- OLIVEIRA, R.R; AVELAR, A. S.; OLIVEIRA, C. A.; ROCHA LEÃO. O. M; FREITAS, M. M.; COELHO NETTO, A. L. *Degradação da floresta e desabamentos ocorridos em fevereiro de 1996 no maciço da Tijuca, RJ*, In: Anais de Resumos do XLVII congresso nacional de Botânica, Nova Friburgo. 1996
- OLIVEIRA, R. *As marcas do homem na Floresta: Historia ambiental de um trecho de mata atlântica*. Rio de Janeiro: PUC-Rio. 232p, 2005.
- PNT - PARQUE NACIONAL DA TIJUCA.
Disponível em: <http://www.parquedatijuca.com.br>

- PMPNT – *Plano de Manejo do Parque Nacional da Tijuca*. Ministério do Meio Ambiente, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www.parquedatijuca.com.br/manejo.php>>.
- PIRES, F.R.M. & HEILBRON, M.L. *Estruturação e estratigrafia dos gnaisses do Rio de Janeiro, RJ*. In: Anais do I Simpósio Regional de Geologia do Sudeste, Boletim de Resumos, p.149-150, 1989.
- POLIVANOV, H; BARROSO, E.V. *Geotécnica Urbana*, In: Geomorfologia urbana. Antônio Teixeira Guerra, organizador, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, Cap.5, p.147-187, 2011.
- PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T. H. *Para Entender a Terra*. Porto Alegre. Trad. Rualdo Menegat (Org.). Ed. Bookman. 656p. 2006.
- RIO DE JANEIRO (Cidade). Decreto nº 322, de 3 de março de 1998. Lex: Regulamento de Zoneamento do Município do Rio de Janeiro. Capítulo I. Disponível em: <<http://www.leismunicipais.com.br/a/rj/r/rio-de-janeiro/decreto/1976/32/322/decreto-n-322-1976-aprova-o-regulamento-de-zoneamento-do-municipio-do-rio-de-janeiro-2013-06-06.html>> Acesso em: 29 abr. 2014.
- ROCHA, Y.T. *Vegetação Urbana, caracterização e planejamento*. In: Águas Urbanas: uma contribuição para a regeneração ambiental como campo disciplinar integrado. Coleção PROARG. p.113-121, 2007.
- RYFF, L.A. *A história pouco conhecida do major Archer, um herói nacional*. Posts com a tag floresta nacional da tijuca, 11 de janeiro de 2012. Disponível em: <<http://colunistas.ig.com.br/rio/tag/floresta-nacional-da-tijuca/>>. Acesso em: 23 abril de 2012.
- S2iD – Sistema Integrado de Informações sobre Desastres. *Capacitação dos gestores de Defesa Civil para uso do Sistema integrado de Informação sobre Desastres*. Florianópolis. CAD. UFSC, 112 p, 2012.
- SANTOS A.R. *Enchentes e deslizamentos: causas e soluções: áreas de risco no Brasil* – São Paulo: Pini. 136 p, 2012.
- SALVADOR PALOMINO, P.J. *La Planificación Verde en las Ciudades*. 1ed. España: Gustavo Gili. 326p, 2003.
- SILVA, A.P.; MORATO, R.G. KAWAKUBO, F.S. Mapeamento da distribuição Espacial da População Utilizando o Método Dasimétrico: Exemplo de caso no sudeste do Brasil. In: Revista Brasileira de Geografia Física, v 6 Nº1 p. 37-48, 2013.
- SORENSEN, M.; BARZETTI, V.; KEIPI, K.; *et al.* *Manejo de las áreas verdes urbanas. Documento de buenas prácticas*. Washington; División de Medio Ambiente. Departamento de Desarrollo Sostenible. Banco Interamericano de Desarrollo, 1998. Disponível em: <<http://www.iadb.org/intal/intalcdi/pe/2010/07148es.pdf>>.

- STRAHLER, A.N. *Dinamic basis of geomorphology*. Geological Society American Bulletin v.63, p.923-938, 1952.
- SUBIRÓS, J.V.; LINDE, D.V.; PASCUAL, A.L.; *et al.* *Conceptos e métodos fundamentais em ecologia da paisagem*. Uma interpretação desde a geografia. Universitat de Girona. In: Documentos Anais da Geografia N° 48. p. 151-166, 2006.
- TURNER, M.; GARDNER, R.; O'NEILL, R. *Landscape ecology in theory and practice: pattern and process*. New York, Spring. 401 p, 2001.
- VEDOVELLO, R.; MACEDO, E.S. *Deslizamento de encostas*. In: Vulnerabilidade Ambiental. Dos Santos R.F. (Coord.), Brasília: MMA, p.76-93, 2007.
- VIERA, A.C. *Lazer e Cultura na Floresta da Tijuca: Historia Arte, Religião, Fauna, Flora e literatura*. São Paulo: MAKRON Books. 74 p, 2001.
- VEIGA, T.; DA SILVA, J. X. *Geoprocessamento como ferramenta para tomada de decisão a nível municipal: identificação de áreas com potencial para atividades turísticas em Macaé-RJ. Geoprocessamento e análise ambiental: Aplicações.*; In: Jorge Xavier da Silva; Ricardo Tavares Zaidan (Org.), 1ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, v. 1, p. 179-215, 2004.
- XAVIER DA SILVA, J. *Geomorfologia, análise ambiental e geoprocessamento*. In: Revista de Geomorfologia, Rio de Janeiro, ano 1, v. 1 p. 48-58, 2000.
- ZAÚ, A.S. - *Variação da cobertura vegetal e efeitos na hidrologia superficial: maciço da tijuca*, R.J. Dissertação de Mestrado, IGEO/UFRJ, Rio de Janeiro, 101 p., 1994.

ANEXOS

Tabela 15: Cobertura vegetal e uso do solo com agregação de classes.

Cobertura Vegetal e Uso do Solo	Área total		Área de estudo com as classes agregadas		
	Área (km ²)	(%)	Cobertura Vegetal e Uso do Solo	Área total	
				Área (km ²)	(%)
Floresta em estágio médio ou avançado de sucessão	56.76	47.61	Floresta (estágio médio - avançado)	56.76	47.61
Floresta em estágio inicial de sucessão	15.08	12.65	Floresta (estágio inicial)	22.49	18.86
Áreas arborizadas	7.07	5.93			
Silvicultura	0.34	0.29			
Vegetação arbustiva	4.61	3.87	Gramíneas	11.47	9.62
Gramíneas	5.87	4.93			
Vegetação fogo	0.20	0.17			
Cultivo	0.06	0.05			
Solo exposto	0.72	0.61	Ocupação	22.96	19.25
Corpo hídrico	0.07	0.06			
Ocupação formal	16.70	14.01			
Ocupação informal	6.18	5.18	Afloramento rochoso	5.55	4.66
Afloramento rochoso	5.55	4.66			
Total	119.22	100		119.22	100

Tabela 16: Distribuição das classes de Cobertura vegetal e uso do solo para cada setor.

Cobertura Vegetal e Uso do Solo	Setor 1		Setor 2		Setor 3	
	Área (km ²)	(%)	Área (km ²)	(%)	Área (km ²)	(%)
Floresta (estágio médio - avançado)	11.96	27.16	31.29	56.93	13.51	66.77
Floresta (estágio inicial)	7.58	17.21	6.44	11.72	1.06	5.23
Áreas arborizadas	3.09	7.01	3.39	6.16	0.59	2.93
Vegetação arbustiva	2.54	5.76	1.98	3.60	0.09	0.46
Gramíneas	3.61	8.20	2.24	4.07	0.02	0.12
Vegetação fogo	0.20	0.45	0.00	0.00	-	-
Cultivo	0.04	0.09	0.02	0.04	-	-
Solo exposto	0.25	0.56	0.46	0.84	0.02	0.09
Ocupação formal	9.25	21.06	5.36	9.74	2.07	10.23
Ocupação informal	3.66	8.31	1.45	2.64	1.11	5.46
Afloramento rochoso	1.79	4.06	2.00	3.64	1.77	8.72
Corpo hídrico	0.06	0.14	0.01	0.03	-	-
Silvicultura	0.015	0.03	0.33	0.60	-	-
Total	44.03		54.96		20.24	

Tabela17: Estimativa populacional em áreas susceptíveis a deslizamentos translacionais rasos em relação a ocupação formal e informal por setores de estudo.

	Classe Susceptibilidade	O. Formal		O. Informal		Pessoas Totais	(%)
		Pessoas	(%)	Pessoas	(%)		
Setor 1	Baixo	740	0.5	801	0.7	1540	0.6
	Médio	33947	22.9	24806	21.7	58753	22.4
	Alto	103285	69.8	72499	63.4	175784	67.0
	Muito Alto	10013	6.8	16255	14.2	26268	10.0
	Sub-total-1	147985		114361		262345	
Setor 2	Baixo	214	0.6	399	1.4	613	1.0
	Médio	14000	38.6	12467	44.3	26467	41.1
	Alto	20667	57.0	13708	48.7	34375	53.3
	Muito Alto	1389	3.8	1600	5.7	2989	4.6
	Sub-total-2	36270		28174		64444	
Setor 3	Baixo	62	0.4	3922	5.8	3984	4.8
	Médio	6752	43.5	32244	47.6	38996	46.8
	Alto	8260	53.2	29684	43.8	37944	45.6
	Muito Alto	453	2.9	1913	2.8	2367	2.8
	Sub-total-3	15527		67764		83291	
	Total	199782		210299		410081	