



UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE

MESTRADO PROFISSIONAL EM DEFESA E SEGURANÇA CIVIL

LUCÉLIA GRANJA DE MELLO

**MAPEAMENTO DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS À OCORRÊNCIA DE
DESLIZAMENTOS NA BACIA DO RIO TAQUARI, PARATY-RJ.**

Niterói
2019

LUCÉLIA GRANJA DE MELLO

**MAPEAMENTO DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS À OCORRÊNCIA DE
DESLIZAMENTOS NA BACIA DO RIO TAQUARI, PARATY-RJ.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Defesa e Segurança Civil da Universidade Federal Fluminense, como parte dos requisitos para obtenção de grau de Mestre em Defesa e Segurança Civil. Área de concentração: Planejamento e Gestão de Eventos Críticos. Linha de Pesquisa: Ameaças de riscos e desastres.

Orientador:

Professor Reiner Olíbano Rosas, D.Sc.

Niterói
2019

LUCÉLIA GRANJA DE MELLO

**MAPEAMENTO DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS À OCORRÊNCIA DE
DESLIZAMENTOS NA BACIA DO RIO TAQUARI, PARATY-RJ.**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Defesa e Segurança Civil da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção de grau de Mestre em Defesa e Segurança Civil. Área de concentração: Planejamento e Gestão de Eventos Críticos.

Aprovado em / /

BANCA EXAMINADORA

D278m De mello, Lucélia Granja
Mapeamento das áreas suscetíveis à ocorrência de
deslizamentos na bacia do rio Taquari, Paraty - RJ. / Lucélia
Granja De mello ; Reiner Rosas, orientador. Niterói, 2019.
71 f. : il.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal Fluminense,
Niterói, 2019.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22409/PPGDSC.2019.m.07629733666>

1. Mapeamento. 2. Deslizamentos. 3. Geoprocessamento. 4.
Produção intelectual. I. Rosas, Reiner, orientador. II.
Universidade Federal Fluminense. Faculdade de Direito. III.
Título.

CDD -

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, que sempre esteve ao meu lado nos momentos mais difíceis. Obrigada por serem minha fonte de inspiração e motivação. Por sempre acreditarem em mim e, junto comigo, acreditar que somente a educação transforma!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida, coragem e fé. Sem Ele nada seria possível. Aos meus pais e à minha família por sempre me apoiarem em todas as decisões, por torcerem por mim e por estarem sempre comigo em todos os momentos.

Às minhas amigas Flávia, Hilana, Kellen e Renata, no qual tive o prazer de conhecer no Mestrado e compartilhar bons e divertidos momentos. Vocês fizeram com que essa caminhada fosse muito mais leve e agradável.

Gostaria de agradecer aos funcionários e professores da UFF e, em especial, àqueles do Mestrado em Defesa e Segurança Civil pela presteza, atenção e disponibilidade.

Agradeço ao meu orientador Professor Reiner Olíbano Rosas pela paciência, orientação, amizade e profissionalismo durante todo o mestrado.

Agradeço a Deus, mais uma vez, por me guiar nesta jornada.

“Nós somos
o que fazemos
repetidamente. A
excelência não é
um feito, e sim
um hábito. ”

Aristóteles

RESUMO

O presente estudo está vinculado a um projeto maior denominado "Elaboração de Proposta Metodológica para a Identificação e Classificação de Áreas Quanto ao Risco de Fluxos de Detritos". O objetivo geral do projeto é elaborar um mapa de riscos de deslizamentos da bacia do rio Taquari, município de Paraty, estado do Rio de Janeiro, fazendo o uso de técnicas de geoprocessamento para integrar os diversos fatores ambientais envolvidos neste tipo de ocorrência a partir da combinação de diversos tipos de mapas (geologia, vegetação, uso do solo, declividade, tipo de solo) aos quais serão atribuídos pesos, tanto para as variáveis mapeadas como para as classes identificadas em cada mapa, baseados no grau de importância de cada um. Tal método baseia-se na Análise Hierárquica de Processos (AHP). O recorte espacial da pesquisa corresponde ao município de Paraty, estado do Rio de Janeiro, onde o crescimento desordenado leva a ocupação das encostas e de áreas planas que podem ser atingidas por deslizamentos de terra/rocha. Como produto obteve-se um mapa indicando as diversas áreas com os graus de suscetibilidade a deslizamentos associados, indicando que 57% da área da bacia é de risco muito alto/alto, que combinados com informações sobre o uso do solo constitui-se em valioso instrumento de planejamento.

Palavras-Chave: Deslizamentos. Geoprocessamento. Risco de Desastres.

ABSTRACT

This study is linked to a larger project called "Preparation of Methodological Proposal for the Identification and Classification of Areas Regarding the Risk of Debris Flows". The overall objective of the project is to elaborate a landslide risk map of the Taquari river basin, municipality of Paraty, state of Rio de Janeiro, using geoprocessing techniques to integrate the various environmental factors involved in this type of occurrence. combination of various map types (geology, vegetation, land use, slope, soil type) to which weights will be assigned to both mapped variables and classes identified on each map, based on their degree of importance. Such method is based on Hierarchical Process Analysis (AHP). The spatial outline of the research corresponds to the municipality of Paraty, state of Rio de Janeiro, where disordered growth leads to the occupation of slopes and flat areas that may be affected by landslides / rock landslides. As a product we obtained a map indicating the various areas with the associated landslide susceptibility degrees, indicating that 57% of the basin area is very high / high risk, which combined with land use information is valuable planning instrument.

Keywords: Landslides. Geoprocessing. Risk of Disasters.

SUMÁRIO

1.0 – INTRODUÇÃO	16
1.1 – OBJETIVO	19
2.0 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 - A DINÂMICA DOS DESASTRES DE ORIGEM NATURAL	20
2.2 - A DINÂMICA DOS PROCESSOS DE MOVIMENTAÇÃO DE MASSA	23
2.3 - A ANÁLISE HIERÁRQUICA DE PROCESSOS – AHP	33
3.0- CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	34
3.1 - O MUNICÍPIO DE PARATY	34
3.2 - A BACIA DO RIO TAQUARI	36
3.2.1 - O Clima da Região	39
4.0 - METODOLOGIA	41
4.1 - DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAQUARI	41
4.2 - OBTENÇÃO DO MODELO DIGITAL DE TERRENO	42
4.3 - OBTENÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS	42
4.4 - MAPA DE SUSCETIBILIDADE	42
4.4.1 - Aplicação da Análise Hierárquica de Processos	42
4.5 – SUSCETIBILIDADE	46
5.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
5.1 - OS SOLOS	48
5.2 - GEOMORFOLOGIA	49
5.3 - DECLIVIDADE	51
5.4 - GEOLOGIA	52

5.5 - ESTRUTURA GEOLÓGICA.....	55
5.6 - USO E COBERTURA DO SOLO.....	56
5.7 - HIPSOMETRIA.....	60
5.8 - HIDROGRAFIA.....	61
6.0 - MAPA DE SUSCETIBILIDADE.....	62
7.0 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo.....	17
Figura 2 - Classificação dos desastres quanto à intensidade.....	23
Figura 3 - Código Brasileiro de Desastres (COBRADE) - (risco geológico).....	24
Figura 4 - Classificação dos processos de movimento de massa.....	25
Figura 5 - Exemplo de escorregamento ocorrido no município de Nova Friburgo, 2011.....	26
Figura 6 - Escorregamento Planar (translacional).....	27
Figura 7 - Escorregamento Circular (rotacional).....	27
Figura 8 - Escorregamento em Cunha.....	28
Figura 9 - Queda de Blocos.....	28
Figura 10 - Tombamento.....	29
Figura 11 - Rolamento.....	29
Figura 12 - Desplacamento.....	30
Figura 13a - Fotografia da geomorfologia da área da bacia do rio Taquari.....	36
Figura 13b - Fotografia da área da bacia do rio Taquari.....	37
Figura 13c - Escarpa localizada na área da bacia do rio Taquari.....	37
Figura 14 - Total pluviométrico anual da bacia de drenagem contribuinte à baía da Ilha Grande.....	39
Figura 15- Média mensal e máxima de 24h para o município de Paraty.....	40
Figura 16- Exemplo de Estrutura Hierárquica da AHP.....	43
Figura 17 - Mapa de Solos da Bacia do Rio Taquari.....	48
Figura 18 - Mapa Geomorfológico da Bacia do Rio Taquari.....	50
Figura 19 - Mapa de Declividade da Bacia do Rio Taquari.....	51

Figura 20 - Perfil geológico-estrutural. Abreviaturas: TPS - Terreno Paraíba do Sul, TOC - Terreno Ocidental, TOR - Terreno Oriental, LTC - Limite Tectônico Central, EBPS - Empurrão Basal do Terreno Paraíba do Sul.....	52
Figura 21 - Mapa de Geologia da Bacia do Rio Taquari.....	54
Figura 22 - Mapa de Estrutura Geológica da Bacia do Rio Taquari.....	55
Figura 23 – Mapa de Influência de estrutura (densidade de falhas e fraturas) da Bacia do Rio Taquari.....	56
Figura 24 - Mapa de Uso e Cobertura do Solo.....	58
Figura 25 - Alterações na faixa de areia da praia do Taquari devido às variações das condições hidrodinâmicas e ao balanço de sedimentos próximo a foz do rio Taquari.....	59
Figura 26 - Mapa da Unidade de Conservação do Município de Paraty.....	59
Figura 27 - Mapa de Hipsometria.....	60
Figura 28 - Mapa de Hidrografia da bacia do rio Taquari.....	61
Figura 29 - Estrutura e componentes do modelo AHP de suscetibilidade a deslizamentos.....	62
Figura 30 - Mapa de Suscetibilidade.....	65

LISTA DE TABELA

Tabela 01 - Matriz de comparação paritária.....	43
Tabela 02 - Escala de Intensidade de Importância.....	44
Tabela 03 - Normalização relativa dos pesos.....	44
Tabela 04 - Cálculo do Autovetor.....	45
Tabela 05 - Índices de consistência aleatória.....	46
Tabela 06 - Graus de Suscetibilidade.....	47
Tabela 07 - Área e pesos dos diversos tipos de solo.....	49
Tabela 08 - Área e pesos dos tipos geomorfológicos encontrados no local.....	50
Tabela 09 - Áreas e pesos dos intervalos de declividade.....	51
Tabela 10 - Áreas e pesos da litologia.....	54
Tabela 11 - Área e pesos dos diversos tipos de uso e cobertura do solo.....	58
Tabela 12 - Escala de intensidade de importância na comparação par a par dos fatores condicionantes.....	63
Tabela 13 – Matriz de comparação.....	63
Tabela 14 - Pesos dos fatores condicionantes.....	64
Tabela 15 - Área das classes de suscetibilidade.....	66

LISTA DE SIGLAS

APA	Área de Proteção Ambiental
AHP	Análise Hierárquica de Processos
COBRADE	Codificação Brasileira de Desastres
CPRM	Companhia de pesquisa de Recursos Minerais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GeoInfo	Infraestrutura de dados Espaciais da EMBRAPA
GeoSGB	Sistema de Geociências do Serviço Geológico do Brasil
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
LAGEF	Laboratório de Geografia física
MDT	Modelo Digital de Terreno
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PNSB	Parque Nacional da Serra da Bocaina
QGis	Quantum Gis
SIG	Sistema de Informação Geográfica
TIN	<i>Triangular Irregular Network</i>
UFF	Universidade Federal Fluminense
UN-ISRD Desastres	Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de

1.0. INTRODUÇÃO

Associado a um projeto maior denominado "Elaboração de Proposta Metodológica para a Identificação e Classificação de Áreas Quanto ao Risco de Fluxos de Detritos", o estudo conta com os recursos disponíveis no Laboratório de Geografia Física (LAGEF-UFF) que possui os equipamentos e programas de computadores necessários para a realização da pesquisa, além das imagens de satélite e bases cartográficas.

Os diferentes tipos de deslizamento ou movimentos de massa refletem as condições ambientais locais, onde pode-se variar a natureza e a distribuição dos materiais, o tipo de uso, a declividade da vertente, a área de contribuição, a forma da encosta e a intensidade e distribuição das precipitações. Estes podem ser classificados de várias maneiras, pois envolvem uma grande variedade de materiais, processos e fatores condicionantes.

No Brasil, destaca-se a classificação proposta por Guidicini & Nieble (1984) que define os deslizamentos como: escoamentos (rastejos e corridas), escorregamentos (translacionais e rotacionais), subsidências e movimentos complexos. Outra classificação importante é a apresentada por Augusto Filho (1992) que classifica os movimentos de massa em quatro tipos: rastejo (*creep*), quedas de bloco (*rock fall*), fluxo ou corrida de detritos (*debris flow*) e deslizamento ou escorregamento (*landslide*).

A área da pesquisa é a bacia do rio Taquari, localizada no município de Paraty, estado do Rio de Janeiro (Figura 1), onde o crescimento desordenado leva a ocupação das encostas e de áreas planas que podem ser atingidas por fluxos de detritos, as quais, normalmente, não são mapeadas como áreas de risco.

O município de Paraty está localizado na região costeira no extremo sul do Estado do Rio de Janeiro. Teve um importante papel na história brasileira tendo sido palco de importantes ciclos de desenvolvimento econômico e abriga um dos mais importantes conjuntos arquitetônicos do país.

Paraty localiza-se no litoral sul do estado do Rio de Janeiro e dista aproximadamente 260 km da capital, Rio de Janeiro. Faz limite, a nordeste, com o município de Angra dos Reis e a sudoeste com o município de Ubatuba. As principais vias de acesso são feitas pelas BR's 494 e 101.

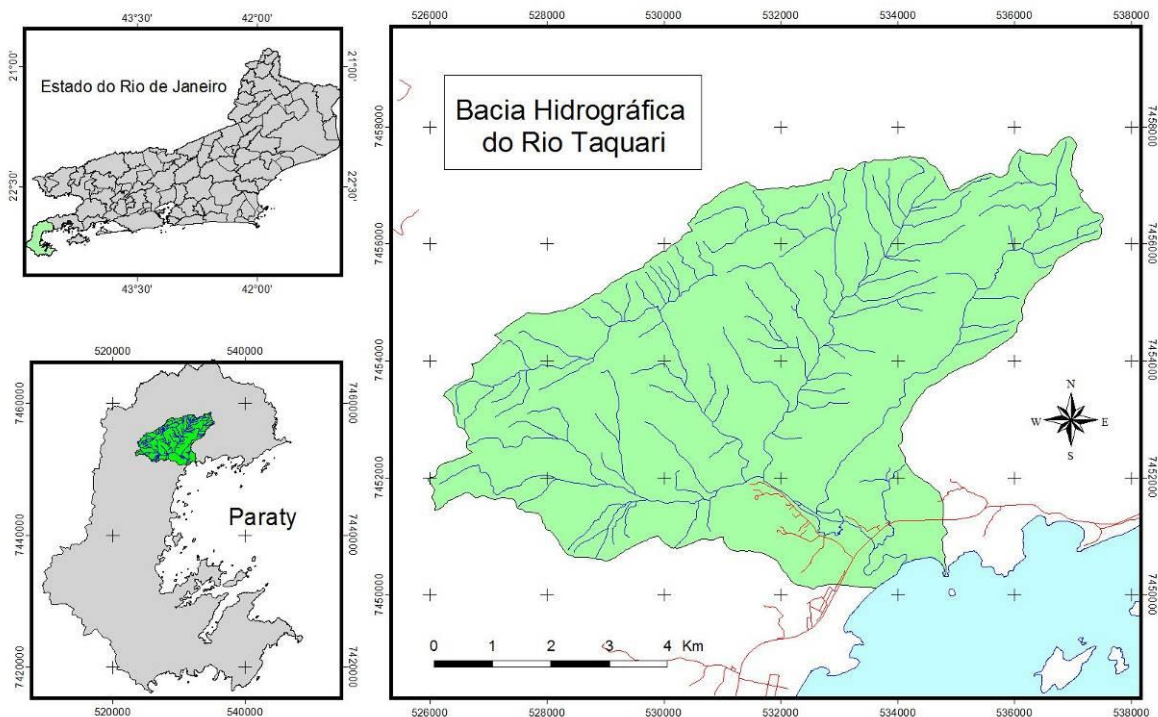


Figura 1 – Localização da área de estudo.

Segundo Tominaga (2009), quando os fenômenos naturais atingem regiões ou áreas habitadas pelo homem, causando-lhe danos, passam a ser chamados de desastres de origem natural. Estes desastres podem ser provocados por diversos fenômenos, tais como inundações, deslizamentos, tempestades, terremotos, em diversas intensidades. O presente trabalho tem como tema o mapeamento das áreas de risco de deslizamento na bacia do rio Taquari, Paraty.

O tema desastres de origem natural deve ser tratado em todos os setores da sociedade, pois podem causar mortes e danos irreparáveis. Atualmente grandes desastres vêm ocorrendo, causando estragos e mortes em vários locais do país.

Segundo o Anuário Brasileiro de Desastres Naturais (2013), organizado pelo Ministério da Integração Nacional, em relação aos movimentos de massa, a avaliação quantitativa totalizou no ano de 2013 mais de 6 mil desalojados e aproximadamente 233 mil pessoas afetadas, estando predominantemente localizados na região sudeste.

Dessa forma, sabe-se que a população pode agravar o risco de desastres de origem natural em determinada área quando, por exemplo, ocupam áreas de risco suscetíveis à movimentação de terra. Entretanto, há medidas que podem ser tomadas pela sociedade visando à mitigação e prevenção dos desastres, como por exemplo, a educação ambiental, que tem seu papel fundamental no auxílio ao desenvolvimento de novas práticas ambientais, visando à conscientização, mitigação e prevenção desses riscos.

O conceito de desastre natural é muito discutido, pois os agentes deflagradores, tais como chuvas intensas, inundações de planícies aluvionares e deslizamentos de terra sempre ocorreram devido às próprias características intrínsecas da natureza, portanto é da ordem natural que elas ocorrem.

Para Sayão e Nunes (2013), os efeitos das fortes chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro em 2011, que resultaram em milhares de mortos e desalojados não podem ser chamados de desastres naturais, pois não são desastres “naturais”, mas sim o resultado do descaso e leniência dos governantes e gestores públicos, omissos frente às ocupações inadequadas em encostas e nas margens dos rios.

As catástrofes ou desastres ganham sentido, se revelam, quando elas atingem os seus bens. Sendo assim, a designação de desastres sociais em vez de naturais fosse mais apropriada, já que um desastre natural sem vítimas, sem perdas materiais ou não materiais para a sociedade não pode ser considerado (BODSTEIN & BARROS, 2012).

Então, ao somarmos elementos como vulnerabilidade social e questões econômicas, vemos que certas escolhas ou modo de vida, ocasionam em exposição contínua dos perigos inerentes aos processos.

Encostas sempre deslizaram e planícies aluvionares quase sempre inundam. Logo, quando se ocupam essas áreas, tem-se um agravamento dos processos e consequente vulnerabilidade de todas as pessoas que habitam o local.

O trabalho foi realizado utilizando a Análise Hierárquica de Processos (AHP), que auxilia na tomada de decisões e é indicado para problemas que envolvem a priorização de soluções a partir de um conjunto de critérios. No momento em que essas hierarquias são definidas, os tomadores de decisão avaliam cada um desses critérios por meio de uma comparação par a par. É largamente utilizada para mapeamentos de escorregamentos, haja vista a facilidade de seu uso e confiabilidade no método.

1.1. OBJETIVOS

O objetivo geral do presente trabalho é elaborar um mapa de suscetibilidade à ocorrência de deslizamentos na bacia do rio Taquari, localizada no município de Paraty, estado do Rio de Janeiro.

Como objetivos específicos temos:

- Aplicar a Análise Hierárquica de Processos (AHP) como base para a definição dos pesos aplicados aos fatores condicionantes dos deslizamentos na bacia do rio Taquari;
- Integrar os parâmetros do meio físico para as técnicas de geoprocessamento.

2.0. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A DINÂMICA DOS DESASTRES DE ORIGEM NATURAL

Com o aumento populacional, as cidades foram crescendo sem planejamento e o desmatamento e a degradação alcançaram patamares elevados. Além disso, com o desenvolvimento das novas tecnologias, poluiu-se mais o meio ambiente, contribuindo para o aumento do efeito estufa, a contaminação de rios e geração de resíduos sólidos e outros componentes não biodegradáveis que causam danos irreversíveis à natureza.

Nas últimas décadas, as intensas mudanças tecnológicas e o crescimento industrial permitiram ao homem um progresso jamais visto, e com ele vieram danos inerentes a essa nova tecnologia.

O acelerado desenvolvimento tecnológico elevou o índice de consumo dos recursos naturais, aumentou-se a emissão de poluentes e a grande concentração demográfica nas grandes cidades fez surgir problemas graves, como crescimento habitacional em locais de risco, poluição de rios e alijamento de grande quantidade de resíduos em locais inapropriados. O agravamento e a intensificação dos danos e desastres ambientais têm provocado nos estudiosos a preocupação em se tratar cada vez mais do assunto na sociedade e a descobrir novas formas e práticas eficazes para a mitigação e diminuição dos danos causados ao ambiente.

É importante saber que cada um pode fazer sua parte e contribuir para um planeta mais harmonioso. “Um local onde todos os indivíduos se preocupem com a limpeza, descartando o lixo no recipiente correto para reutilização do mesmo.” (MEDEIROS ET AL., 2011).

Um pouco de cada um, virará muito; em se tratando de questões ambientais, contudo, deve ser um processo permanente e constante, devendo fazer parte da vida de cada ser. A ocupação das encostas através da execução de cortes de talude descaracteriza a morfologia natural da paisagem e geram áreas de instabilidade. Todo esse processo pode ter como resultante a ocorrência de desastres, como inundações e deslizamento de terra.

Daí a importância em tratar a questão ambiental em aspecto amplo, fazendo ligações e identificando as relações entre a teoria e a prática, visando ao entendimento e a consciência crítica de que a própria sociedade que causa danos, pode também revertê-los.

Ao longo das últimas décadas, os desastres de origem natural vêm causando danos econômicos, psicológicos e sociais em níveis alarmantes, causando danos e prejuízos imensuráveis.

Há alguns países que conseguem se preparar para mitigar os efeitos dos desastres, como por exemplo, o Japão (MATA-LIMA, 2013).

Entretanto, ainda não há no Brasil a cultura da percepção de risco, bem como sua prevenção, mitigação e resposta aos danos, o que nos deixa vulneráveis e expostos a este tipo de problema tão recorrente, tampouco políticas públicas e adoção de medidas para a redução dos riscos e vulnerabilidade.

Segundo o Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UN-ISDR) (2009), desastre é considerado uma grave perturbação do funcionamento de uma comunidade ou sociedade envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais de grande extensão, cujos impactos excedem a capacidade da comunidade ou sociedade afetada de se recuperar com seus próprios recursos.

Os desastres de origem natural podem ter diversas causas, mas sem dúvida, a ação antrópica vem agravando a intensidade dos processos e deixando a sociedade vulnerável aos riscos e perigos de uma ação geológica ou climatológica, por exemplo. Somados a isso, nota-se um acelerado processo de habitação em áreas irregulares e impróprias, agravando o risco e aumentando as situações de perigo, principalmente nas grandes cidades.

Para Vargas (2002), o ser humano é uma ameaça ao ambiente. Logo, o ambiente é vulnerável às ações humanas. O contexto destaca que o homem é o principal agente modificador do ambiente e o maior criador de situações de risco, pois destrói o ambiente quando deveria protegê-lo, cria e intensifica situações de risco, colocando a população em situações de perigo e vulnerabilidade socioambiental.

Pode-se afirmar que a vulnerabilidade socioambiental é composta por vários fatores subjacentes de risco. Alguns desses fatores são: má distribuição de terras, má gestão do território e crescimento urbano, falta de infraestrutura, saneamento, pouco acesso à saúde, educação e emprego, desigualdade econômica e social, moradias em locais de risco, corrupção, má gestão de bacias hidrográficas e recursos minerais e degradação ambiental.

Portanto, uma sociedade que apresenta muitos desses fatores subjacentes de risco, provavelmente possui baixo nível de desenvolvimento e estão mais expostas aos riscos de desastres (ARRAES, 2013).

Os desastres de origem natural estão associados às características físicas do ambiente e condicionantes antrópicos, originados pela dinâmica interna ou externa da Terra. Podem ocorrer devido a abalos sísmicos, inundações, escorregamentos de terra, vulcanismos, entre outros. Classificam-se, segundo Alcântara-Ayala (2002), quanto à origem e intensidade.

Quanto à origem, os desastres podem ser classificados em naturais ou antropogênicos. Os desastres de origem natural ocorrem quando há desequilíbrio da natureza e não depende da ação do homem como, por exemplo, furacões, chuvas intensas, terremotos.

Em contrapartida, os desastres de origem antropogênica são resultantes de ações do homem, como rompimento de barragens, ocupação em áreas de risco, contaminação de rios.

Quanto à intensidade, os desastres classificam-se em quatro níveis, a saber: desastres de pequeno porte, de média intensidade, grande intensidade e de muito grande intensidade, a depender do prejuízo causado em relação a uma porcentagem do PIB municipal (Figura 2).

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

Figura 2 - Classificação dos desastres quanto à intensidade. Fonte: Modificado de Kobiwama et al. (2006).

Segundo Tominaga (2009), os desastres de origem natural mais comuns no país são os de movimentação de massa, que englobam deslizamentos, tombamentos e quedas de blocos de rochas e os relativos aos processos hidrológicos. Os movimentos de massa ocorrem principalmente na região Sudeste do país, devido à sua geomorfologia propícia e às condições meteorológicas favoráveis.

Os processos hidrológicos como os alagamentos e as inundações ocorrem principalmente nas regiões Sul e Sudeste, dado as características da urbanização, seja por construções em planícies de inundação ou pela falha do sistema de escoamento superficial das grandes cidades, que pode ser insuficiente ou inadequada.

2.2. A DINÂMICA DOS PROCESSOS DE MOVIMENTAÇÃO DE MASSA

Os movimentos de massa são movimentações de solo, rocha e /ou vegetação ao longo de uma encosta sob ação direta da gravidade. São processos que se desenvolvem com frequência principalmente nas grandes regiões montanhosas e serranas, principalmente nas regiões sul e sudeste do país.

O Código Brasileiro de Desastres (COBRADE) classifica os movimentos de massa como um subgrupo dos processos geológicos cujos desastres derivam de processos naturais (Figura 3).

CATEGORIA	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	COBRADE
NATURAL	1. GEOLÓGICO	1. Terremoto	1. Tremor de terra	0	1.1.1.1.0
			2. Tsunami	0	1.1.1.2.0
		2. Emissão vulcânica	0	0	1.1.2.0.0
			1. Quedas, Tombamentos e rolamentos	1. Blocos	1.1.3.1.1
		3. Movimento de massa		2. Lascas	1.1.3.1.2
				3. Matacões	1.1.3.1.3
				4. Lajes	1.1.3.1.4
			2. Deslizamentos	1. Deslizamentos de solo e ou rocha	1.1.3.2.1
			3. Corridas de Massa	1. Solo/Lama	1.1.3.3.1
				2. Rocha/Detrito	1.1.3.3.2
			4. Subsídências e colapsos	0	1.1.3.4.0
		4. Erosão	1. Erosão Costeira/Marinha	0	1.1.4.1.0
			2. Erosão de Margem Fluvial	0	1.1.4.2.0
			3. Erosão Continental	1. Laminar	1.1.4.3.1
				2. Ravinas	1.1.4.3.2
				3. Boçorocas	1.1.4.3.3

Figura 3: Código Brasileiro de Desastres (COBRADE) - parcial (risco geológico).

Para Tominaga (2009), consistem em importantes processos naturais que atuam na dinâmica das vertentes, fazendo parte da evolução geomorfológica natural das paisagens. Entretanto, a ocupação urbana indiscriminada, em locais inadequados e sem planejamento, vem favorecendo a ocorrência de acidentes associados aos processos de movimentação de massa, alguns deles catastróficos.

Guidicini & Nieble (1984), classificam as causas dos movimentos de massa em dois agentes preponderantes: os agentes predisponentes e os efetivos. Os agentes predisponentes correspondem às condições naturais dadas pelas características intrínsecas do material, onde não há interferência do homem, são eles: geologia, topografia e condições ambientais.

Os agentes efetivos correspondem ao conjunto de fatores desencadeantes dos processos de movimentação de massa, incluindo a ação antrópica, tais como: chuva intensa, erosão, desmatamento, queimadas, terremotos, etc. Logo, os principais fatores que levam aos movimentos de massa podem ser de natureza antrópica e/ou natural, contudo, sabe-se que a ação do homem tem acelerado cada vez mais a degradação do ambiente e possibilitando a



Figura 5: Exemplo de escorregamento ocorrido no município de Nova Friburgo, 2011.

Fonte: www.geologo.com.br

Os escorregamentos em solo dividem-se em três tipos, a saber: rotacional, planar e cunha. O tipo mais comum e frequente é o escorregamento planar, também chamado de translacional.

Neste tipo de escorregamento, há formação de rupturas planares rasas e mobilizam vários tipos de materiais (Figura 6).

Ocorrem durante ou logo após períodos de chuvas intensas, logo a ação da água é superficial e as rupturas ocorrem em um curto espaço de tempo. As corridas de massa também são importantes processos, pois, na maioria das vezes, ocasiona em desastre.

São formas rápidas de escoamento geradas a partir de grande aporte de materiais que ao atingirem drenagens formam uma massa de elevada viscosidade. Estão associados a solos pouco espessos. São bem comuns na Região Serrana do Rio de Janeiro.

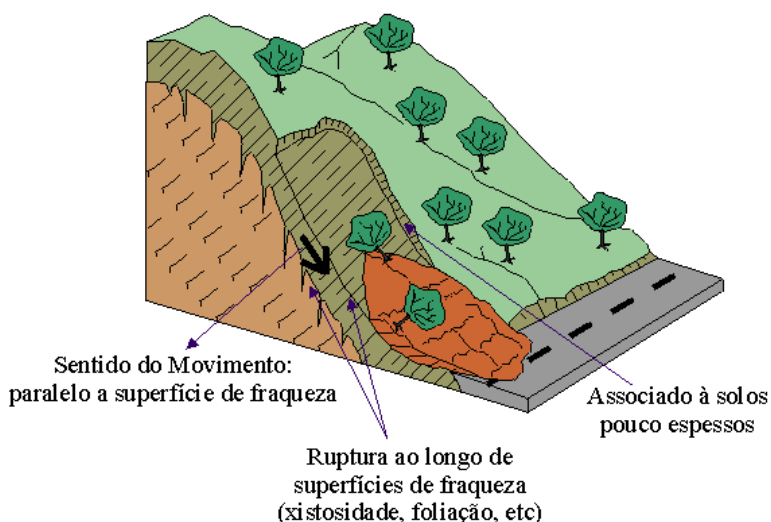


Figura 6 – Escorregamento Planar (translacional).
Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09b.html>.

Os escorregamentos circulares ou rotacionais (Figura 7) caracterizam-se por serem movimentos rotacionais segundo um eixo imaginário, ao longo de uma superfície encurvada (forma de colher). É o tipo de deslizamento mais comum em taludes artificiais e solos de aterro, principalmente ao longo de rodovias.

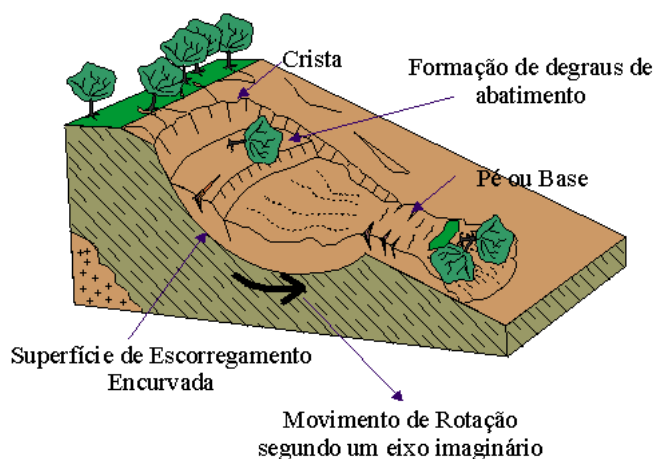


Figura 7 – Escorregamento Circular (rotacional).
Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09b.html>.

Os escorregamentos em cunha (Figura 8) caracterizam-se por apresentar dois planos de descontinuidades na direção de sua linha de intersecção, formando um bloco em forma de cunha. Geralmente, este tipo de escorregamento

apresenta-se em taludes com diversas famílias de descontinuidades, orientação e espaçamento.

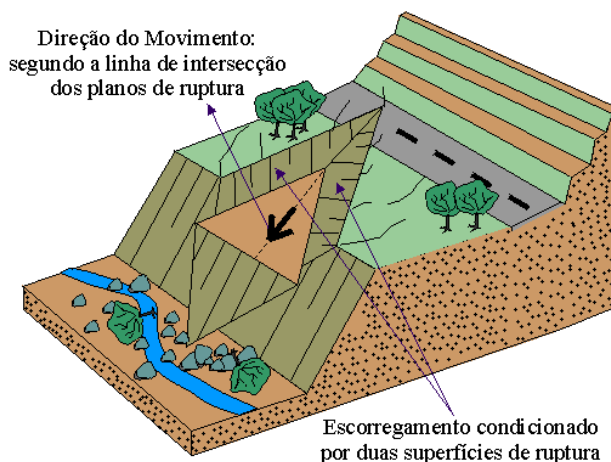


Figura 8 – Escorregamento em Cunha.

Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09b.html>

Além dos movimentos em solo descritos acima, podemos classificar os movimentos de rochas em: queda, tombamento, deslocamento ou rolamento. Segundo Highland e Brobowsky (2008), a queda inicia-se quando há separação da rocha de um talude íngreme, onde a massa desprendida pode se quebrar no impacto ou iniciar um rolamento até a parte mais baixa (Figura 9).

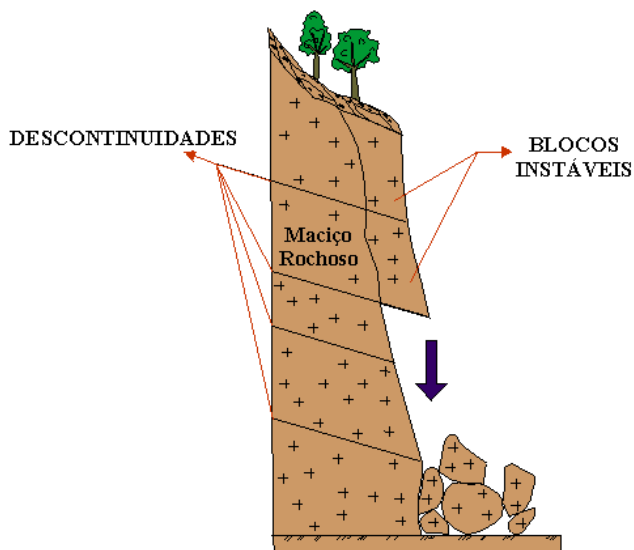


Figura 9 – Queda de Blocos.

Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09b.html>

Highland e Brobowsky (2008) referem-se ao tombamento como sendo uma rotação frontal de massa rochosa para fora do talude, sendo desencadeada muitas vezes por erosão, infiltração, escavação e vibração (Figura 10).

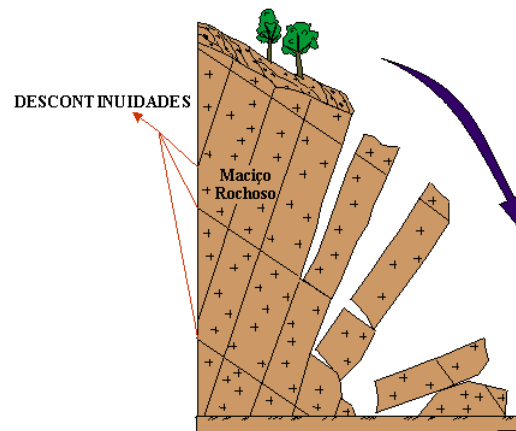


Figura 10 – Tombamento.

Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09b.html>

O rolamento de blocos é o movimento ao longo das vertentes, causado pelo descalçamento dos blocos (Figura 11).

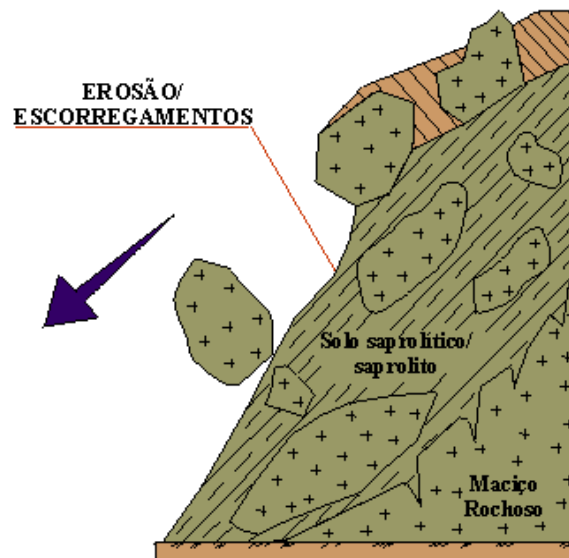


Figura 11 – Rolamento. (Fonte:

<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09b.html>)

Por fim, o deslocamento corresponde ao desprendimento de placas rochosas ao longo de estruturas geológicas em encostas íngremes (Figura 12).

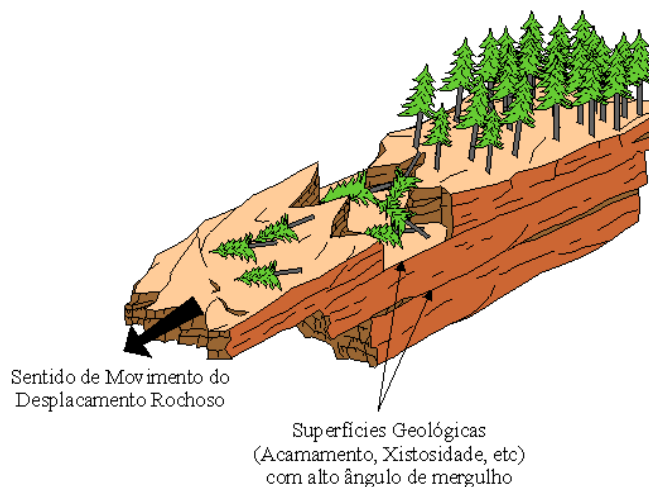


Figura 12 – Deslocamento.

Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09b.html>

Os fatores condicionantes dos escorregamentos correspondem aos elementos do meio físico e biótico, porém a pluviosidade é, sem dúvida, a mais importante delas.

Segundo Tominaga (2009), no grande acidente ocorrido em Petrópolis (RJ) em 1988 que resultou em 171 mortes, verificou-se que mais de 90% dos escorregamentos foram induzidos pela ocupação desordenada das encostas do município.

No início de 2011, na região serrana do Rio de Janeiro, fortes chuvas ocasionaram o maior desastre meteorológico ocorrido no Brasil. No município de Nova Friburgo (RJ), foram mais 4.500 desalojados, 429 óbitos e um prejuízo de mais de 700 milhões de reais, segundo o Jornal do Brasil.

Nota-se, dessa forma, a importância de se disseminar a cultura de prevenção e mitigação de redução de risco de desastres, usando a educação ambiental como uma ferramenta de auxílio e prevenção, rápida e de baixo custo, podendo abarcar diversas localidades e pessoas:

A Educação Ambiental, ao sensibilizar os indivíduos para modificar atitudes e valores, na busca de novos hábitos de entendimento da natureza complexa do ambiente, torna-se importante fator na prevenção de desastres de origem natural. A população deve ter consciência de que a disposição inadequada de lixo e entulho causa problemas no sistema de drenagem e na vazão dos rios, causando alagamentos, enchentes e inundações. Em casos de chuva forte por muitos dias ou horas seguidas, a população deve ficar alerta ao nível da água dos rios, acompanhando boletins meteorológicos e noticiários de sua região (SILVA & NISHIJIMA, 2011, p. 04).

Após os desastres ocorridos na região serrana do Rio de Janeiro em 2011, o estado do Rio de Janeiro vem somando forças para construir cidades mais resilientes e preparadas para a prevenção e resposta.

Segundo o relatório elaborado pelo Banco Mundial (2012) - Avaliação de Perdas e Danos: Deslizamentos e Inundações ocorridas na Região Serrana do Rio de Janeiro, os eventos de 11 e 12 de janeiro de 2011 no estado do Rio de Janeiro configuraram o pior desastre na história brasileira.

Chuvas intensas em sete municípios causaram a morte de mais de 900 pessoas e afetaram mais de 300.000 pessoas.

Grande parte dos impactos foi causado devido a deslizamentos de terra por conta do grande volume de chuva na região. A catástrofe é a maior tragédia de origem natural desde 1967 no Brasil e os deslizamentos são um dos dez maiores do mundo, segundo a ONU.

Dentre os municípios afetados Areal, Bom Jardim, Nova Friburgo, São José do Vale do Rio Preto, Sumidouro, Petrópolis e Teresópolis decretaram estado de calamidade pública.

De acordo com as estimativas do Banco Mundial (2012), as perdas e danos causados pelo desastre somam mais de 4,7 bilhões de reais. Dentre esses custos, aproximadamente 3,15 bilhões correspondem ao setor público e 1,62 milhão é de propriedade privada. O setor mais impactado foi o social, com custo estimado em 2,69 bilhões de reais. Em seguida, o setor de infraestrutura foi impactado em 1 bilhão, os setores produtivos tiveram um impacto de mais de 896 milhões de reais, enquanto os impactos ambientais foram estimados em quase 72 milhões de reais.

O setor de habitação teve perdas de quase 2 bilhões de reais, em função dos custos das obras de contenção de encostas, orçadas em aproximadamente 1,3 bilhão de reais.

O setor de transportes teve custos da ordem de 620 milhões, água e saneamento com custos de reparos e construções da ordem de 410 milhões e, por fim, o setor produtivo do comércio teve custos estimados em 469 milhões de reais.

Segundo dados do Banco Mundial (2012), o número de mortos em desastres nos anos de 1991-2010 no Estado do Rio de Janeiro foi de 1.783 pessoas e somente no desastre de 2011, o número de óbitos foi de 905 pessoas. Em relação aos desabrigados, nos anos de 1991- 2010 no Estado do Rio de Janeiro o número foi de 74. 790 desabrigados.

Somente no desastre de 2011, o número de desabrigados foi 16. 458. As cidades de Nova Friburgo, Sumidouro e São José do Vale do Rio Preto foram as que mais tiveram a população afetada pelo desastre. Em relação à população desabrigada, o município de Areal foi o que mais sofreu no desastre. Porém, os municípios com o maior número de mortos foram Nova Friburgo, Teresópolis e Petrópolis, respectivamente.

No ano de 2016, lançou-se no Estado do Rio de Janeiro o Mapa de Ameaças Múltiplas do Estado do Rio de Janeiro, cujo trabalho foi feito pelo Coronel do Corpo de Bombeiros Paulo Renato Vaz, vinculado à Secretaria de Defesa Civil, com a participação de 92 municípios do estado.

O levantamento das ameaças naturais foi realizado entre 2012 a 2014 e o trabalho foi aprovado por um júri internacional.

Foram identificadas 276 ameaças tecnológicas e 460 ameaças naturais, dentre as quais os processos de inundação e deslizamentos foram os maiores causadores de desastres no estado do Rio de Janeiro, respectivamente.

2.3. A ANÁLISE HIERÁRQUICA DE PROCESSOS - AHP

A Análise Hierárquica de Processos (AHP) é uma metodologia de tomada de decisão baseada em uma estrutura hierárquica, onde no topo da hierarquia temos o objetivo global e nos níveis inferiores estão os critérios (ou atributos) utilizados na abordagem. Os critérios, dependendo da necessidade, poderão ser subdivididos em subcritérios e assim sucessivamente. No último nível da estrutura temos as alternativas.

Para Saaty (1991), a Análise Hierárquica de Processos (AHP) se baseia na decomposição e síntese das relações entre os critérios, para que se chegue a uma priorização dos indicadores e, por fim, a uma resposta de medição de mediação única de desempenho. Permite analisar problemas complexos considerando fatores qualitativos e quantitativos.

O problema é decomposto em fatores e os elementos selecionados são organizados em uma hierarquia, além disso, a tomada de decisão se baseia na construção de níveis hierárquicos. Ademais, a metodologia norteia-se no princípio de que, para a tomada de decisão, a experiência e o conhecimento das pessoas é pelo menos tão valioso quanto os dados utilizados.

O método pode ser utilizado para hierarquizar a importância dos fatores ou variáveis utilizadas na elaboração de mapas de suscetibilidade à ocorrência de deslizamentos. Quando se adotam pesos relativos para cada mapa de acordo com a importância da ocorrência do fenômeno estudado, deve-se realizar uma análise de sensibilidade, ou seja, da coerência dos julgamentos realizados pelos especialistas.

Para Faria & Filho (2013), a incorporação do método AHP nos mapeamentos de escorregamentos permite diminuir a subjetividade desses mapeamentos e melhora o grau de confiabilidade do diagnóstico de risco, tornando a análise de perigo mais objetiva e consistente.

3.0. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1. O MUNICÍPIO DE PARATY

Desde a primeira metade do século XVI, os colonos do núcleo de São Vicente estavam em busca de abrir um caminho que ligasse São Paulo e Rio de Janeiro com Minas Gerais. No ano de 1857, uma expedição utilizando-se de caminho por terra e mar, encontrou em Paraty, um meio para alcançar a região de Minas. Favorecida por um litoral de águas tranquilas e fartura de água potável, a população indígena, vindoura das tribos guaianases era numerosa na região de Paraty.

Um século mais tarde, numerosos colonos habitavam as margens desse caminho e, arregimentados pelo capitão-mor João Pimenta de Carvalho, muitos se fixaram num local denominado São Roque, posteriormente Vila Velha. O contato com indígenas foi importante no conhecimento de trilhas por eles abertas entre o litoral e o planalto, destacando-se a que atingia Guaratinguetá, por meio da localidade de Cunha.

Dessa forma, achou-se por bem transferir o povoado para local mais próprio, estabelecendo-se às margens do rio Perequê-Açu um pequeno núcleo, em terras doadas por D. Maria Jácome de Mello, onde foi erguida uma capela em homenagem a Nossa Senhora dos Remédios, que deu origem à atual Paraty que, na língua tupi, significa "peixe de rio" ou "viveiro de peixes".

O povoado foi emancipado pela carta régia de 28 de fevereiro de 1667, assinada pelo rei Afonso VI, com o nome de Nossa Senhora dos Remédios de Paraty. Com o devido declínio da produção açucareira, ocorria uma intensa corrida pelo ouro e pedras preciosas e o desbravamento das matas pelos bandeirantes.

Devido à localização estratégica entre a Corte e as Minas Gerais e as trilhas dos guaianases, Paraty passou a ser vista como ponto estratégico para o escoamento da produção mineira.

A rota do ouro no interior das Minas Gerais, no final do século XVII, transformou a vila de Paraty na porta de entrada para os que buscavam enriquecer.

Após a queda da produção do ouro, a cidade entra em declínio e volta-se, no final do século XVIII, para a produção de aguardente, chegando a possuir mais de 200 engenhos e alambiques.

No início do século XIX, com a ascensão cafeeira, o café passou a ser produzido em grande escala por todo o estado do Rio de Janeiro e também em Paraty, onde a sua localização foi crucial e a maior parte de toda a produção do Vale do Paraíba passava pela cidade até chegar ao Rio de Janeiro.

Entretanto, com a construção da Estrada de Ferro Pedro II (Caminho Novo), em 1864, o escoamento da produção começa a ser passada por ela, levando a cidade de Paraty a um processo de decadência. O chamado “Caminho Novo”, caminho alternativo entre o Rio de Janeiro e as minas (passando pela Serra dos Órgãos), construído em melhores topografias, encurtando o caminho. Porém, em condições precárias e com constantes assaltos, devido a ela ser muito estreita e vazia. Devido à Lei Provincial nº 302, de 12 de março de 1844, a vila é elevada à categoria de cidade com o nome de Paraty.

Para Carvalho (2010), “Paraty entrou no século XX com sua economia estagnada e a cidade isolada, e foi graças a isso que ocorreu a sua preservação arquitetônica e cultural, levando à obtenção em 1948 de Patrimônio Estadual”.

No ano de 1958, a cidade foi tombada pelo IPHAN e, em 1966, foi convertida em Monumento Nacional. A cidade de Paraty começou a se reerguer no ano de 1970 com a construção da rodovia BR-101 (Rio - Santos) e com o crescimento do turismo na região, devido aos seus atrativos arquitetônicos e naturais, como igrejas, monumentos, trilhas, ilhas e praias, locais estes preservados pelo tempo.

Paraty pertence à Região da Costa Verde, que também abrange os municípios de Angra dos Reis e Mangaratiba. O município tem uma área total de 925,1 quilômetros quadrados, correspondentes a 44% da área da Região da Costa Verde. Os limites municipais, no sentido horário, são: São Paulo, Angra dos Reis e Oceano Atlântico.

A rodovia Rio-Santos, BR-101, atravessa todo o território de Paraty no sentido norte-sul, enquanto a rodovia estadual RJ-165 o faz de leste a oeste,

alcançando a localidade de Cunha, no Estado de São Paulo, em trecho não pavimentado.

Em 2010, de acordo com o IBGE, Paraty tinha uma população de 37.533 habitantes, correspondente a 15,4% do contingente da Região da Costa Verde, com uma proporção de 102,1 homens para cada 100 mulheres. A densidade demográfica era de 40,5 habitantes por km², contra 115,7 habitantes por km² de sua região. A taxa de urbanização correspondia a 73% da população. Em comparação com a década anterior, a população do município aumentou 27%, o 19º maior crescimento no estado.

3.2. A BACIA DO RIO TAQUARI

A bacia hidrográfica do rio Taquari apresenta uma grande diversidade de características físicas e ambientais. Encontra-se predominantemente florestada, no entanto, apesar de preservada, alguns condicionantes estão degradando o local. Esta condição reflete-se diretamente no processo de ocupação e nos problemas associados à falta de planejamento.

Taquari é um núcleo urbano localizado a cerca de 20 km ao norte da sede do município e de acordo como o Censo do IBGE do ano de 2010 apresentava uma população de 654 residentes e 287 flutuantes, perfazendo um total de 941 habitantes (Figuras 13a, 13b e 13c).



Figura 13a – Fotografia da geomorfologia da área da bacia do rio Taquari.



Figura 13b – Fotografia da área da bacia do rio Taquari.

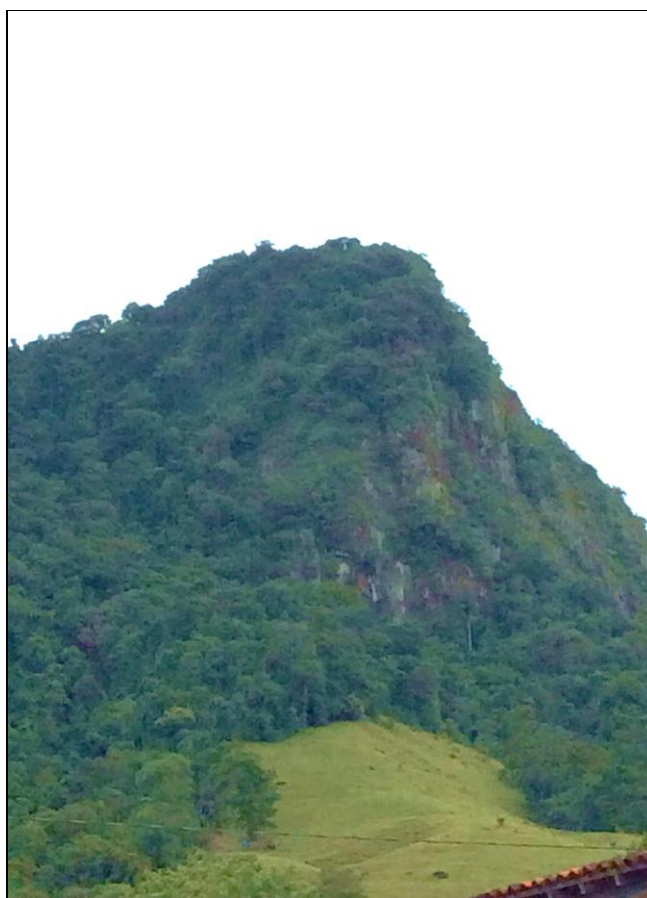


Figura 13c – Escarpa localizada na área da bacia do rio Taquari.

A comunidade do Taquari localiza-se na Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Serra da Bocaina (PNSB) e teve sua formação na fazenda Taquari. De acordo com Gomes (2002), a Fazenda Taquari pertencia à empresa Agroindustrial Mikael S.A. e, posteriormente, sofreu uma desapropriação parcial por parte do INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária). Possuía um total de 1.197,6 hectares e por conta do Decreto de Desapropriação teve sua área reduzida em 958,74 ha.

Para Moreira e Gavéria (2002), a comunidade do Taquari emergiu após a década de 1980, recebendo o nome da antiga Fazenda, Taquari, que foi abandonada após a Abolição da Escravatura. Antes desse período, habitavam lá inúmeros agricultores, lavradores e pequenos proprietários.

Entretanto, anos mais tarde, com o aparecimento de inúmeros “proprietários”, deu-se início a um conflito que só terminou com a intervenção governamental do INCRA, que deu origem ao assentamento Taquari.

Segundo Gomes (2002), no recadastramento feito pelo INCRA em 2001, foram encontrados no Taquari cerca de 60% dos assentados da década de 80 ou seus descendentes. Além disso, constatou-se que um grande número de casas edificadas está servindo como casas de veraneio, e a maior parte dos ocupantes residem em Volta Redonda, Barra Mansa e Baixada Santista (SP).

O cadastro do INCRA, em 2001, apontava para a existência de 270 famílias. Hoje, sabe-se que este número é muito maior. A comunidade conta com escola, igrejas, inúmeras pousadas, comércio local e transporte público até o centro de Paraty. Com a criação do Parque Nacional da Serra da Bocaina (PNSB), pensa-se na preservação do ecossistema do Parque, opondo-se à exploração agropecuária existente na região, redefinindo a territorialização da área e dispondo as condições das possibilidades da Comunidade de Taquari.

Cerca de 30% dos moradores de Taquari se dedicam à produção agrícola (INCRA, 2001). As principais culturas são milho, feijão, arroz, mandioca, criação de porcos, galinhas e gados. A produção agrícola é utilizada para subsistência da família e o excedente é comercializado nas ruas de Paraty.

3.2.1. O Clima da Região

A região apresenta clima quente e úmido com temperatura anual variando de 18°C a 31°C e raramente é inferior a 15°C ou superior a 35°C.

Segundo Francisco (2004) a topografia e a orientação do litoral são os principais fatores que influenciam a distribuição irregular das chuvas na região da Baía da Ilha Grande.

Os locais que apresentam maior pluviosidade estão situados a barlavento do litoral, pois as frentes frias, quando chegam à região, sofrem levantamento forçado, provocando assim chuvas orográficas, onde os índices anuais de chuvas podem atingir 2.300 mm (Figura 14).

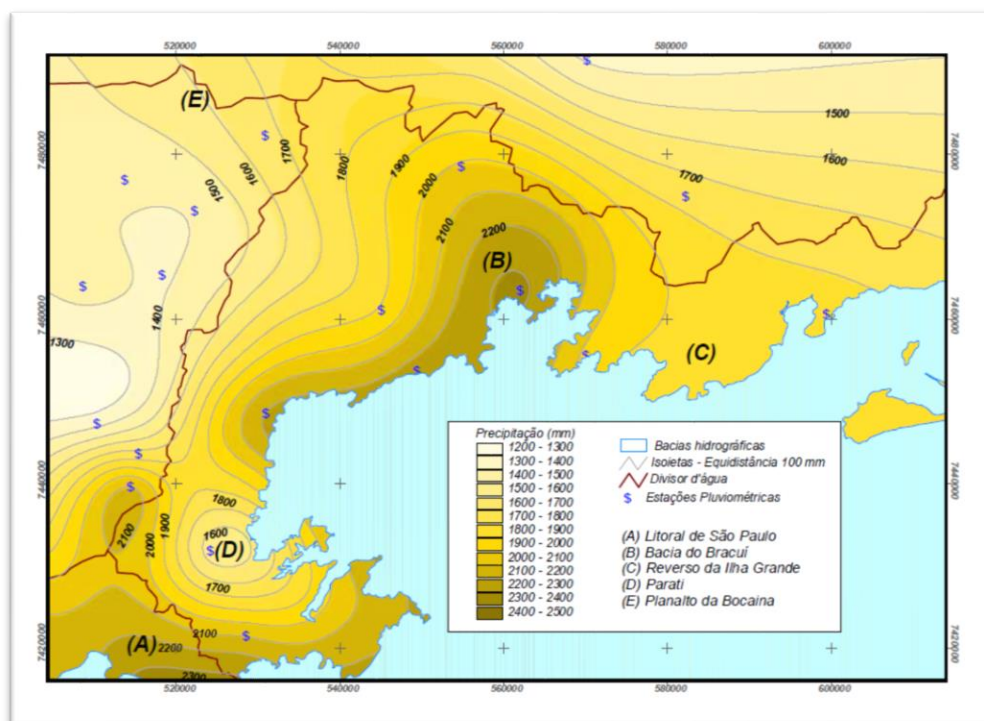


Figura 14 - Total pluviométrico anual da bacia de drenagem contribuinte à baía da Ilha Grande.

Fonte: Francisco, 2004.

Oliveira e Galvani (2017) analisaram uma série temporal de 21 anos (1982-2002), operada pela CPRM. Os dados foram trabalhados por meio de 2 abordagens estatísticas.

A primeira foi feita a partir do cálculo das medidas de tendência central, e a segunda abordagem estatística consistiu em elaborar gráficos do tipo *Box Plot*.

Segundo os autores, o posto de Paraty/RJ foi o que apresentou uma maior quantidade de ocorrências de valores máximos em 24h que superaram a média mensal esperada.

Respectivamente, para o mês de fevereiro, houve um incremento de 16,6%; para o mês de abril, 27,2%; para o mês de junho, onde precipitou 116,5% a mais que a média esperada para mês. Para o mês de julho, houve um aumento de 138,9%; para o mês de agosto, precipitou 12,1% a mais que a média; e, por fim, para o mês de outubro houve um aumento de 63,1% das chuvas esperadas para o mês (Figura 15).

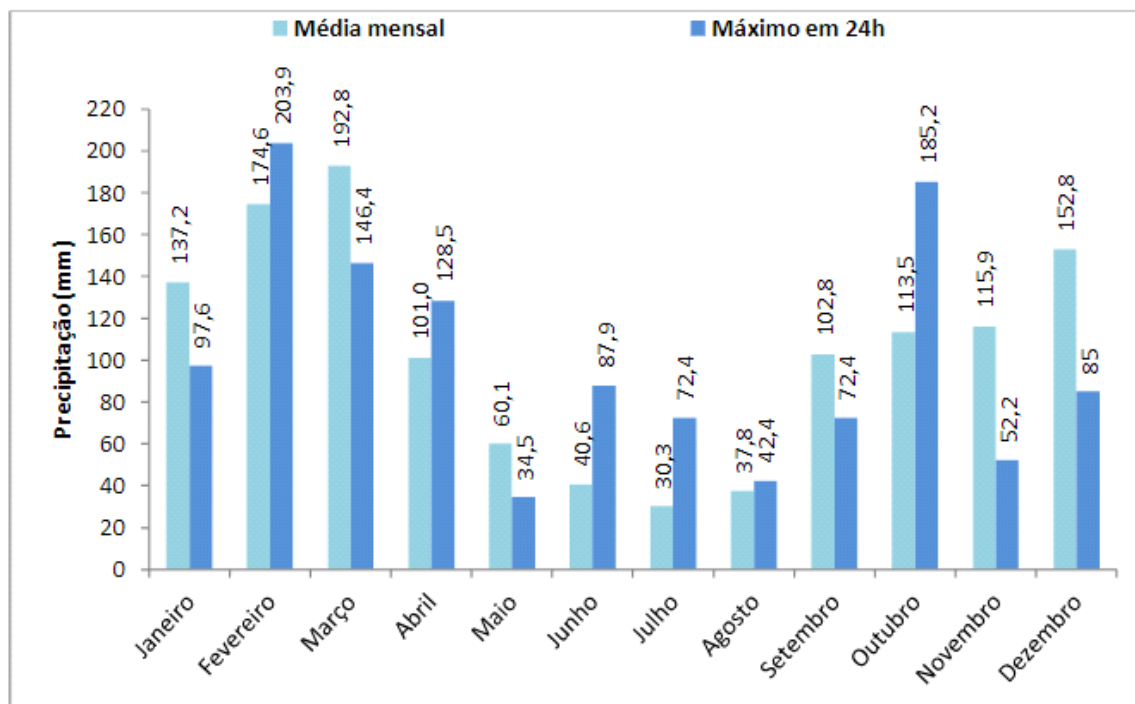


Figura 15- Média mensal e máxima de 24h para o município de Paraty (Fonte: OLIVEIRA e GALVANI, 2017).

4.0. METODOLOGIA

Uma variedade de métodos tem sido desenvolvida para a avaliação e previsão de deslizamentos. Neste estudo elaboramos um mapa de suscetibilidade à ocorrência de deslizamentos a partir da combinação de diversos tipos de mapas (geologia, uso e ocupação do solo, declividade, tipo de solo) aos quais foram atribuídos pesos, tanto para as variáveis mapeadas como para as classes identificadas em cada mapa, baseados no grau de importância de cada um. Tal método baseia-se na álgebra de mapas.

Para a execução do trabalho, elaborou-se um banco de dados espacial para a bacia do rio Taquari contendo informações extraídas da Base Cartográfica Vetorial Contínua do Estado do Rio de Janeiro (IBGE, 2018), escala 1:25.000, da qual foram extraídos os dados topográficos (curvas de nível, os pontos cotados), a hidrografia (rede de drenagem e as massas de água) e as vias de comunicação.

A base de dados foi convertida para o sistema de coordenadas planas com projeção UTM - fuso 23 Sul, mantendo o *datum* SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas).

Para o processamento das informações foi utilizado o *software* QGIS 3.4.7 (QGIS Project, 2019) que é um Sistema de Informações Geográficas (SIG) livre e de código aberto licenciado segundo a Licença Pública Geral GNU.

4.1. DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAQUARI

A delimitação da bacia hidrográfica do rio Taquari foi realizada por digitalização manual de um polígono a partir da identificação visual dos divisores topográficos identificados pela conformação das curvas de nível. Para tal foram utilizadas as ferramentas de edição do QGIS.

4.2. OBTENÇÃO DO MODELO DIGITAL DE TERRENO

O Modelo Digital de Terreno (MDT) foi gerado através da interpolação dos dados topográficos, curvas de nível e pontos cotados, sob a forma de uma grade triangular irregular- TIN (*Triangular Irregular Network*) gerando um arquivo matricial (*raster*) representando a variação espacial dos dados de altitude da bacia.

4.3. GERAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS

Os mapas temáticos foram gerados de diversas fontes. O mapa de uso e cobertura do solo foi gerado por classificação digital da imagem Digital Globe, através de processo de segmentação de imagem e posterior edição dos polígonos gerados. Os mapas geológicos, escala 1:400.000 (litologia e estrutura- lineamentos estruturais), geomorfológico, escala 1:250.000, foram obtidos da base GeoSGB, o sistema de geociências do Serviço Geológico do Brasil. O mapa de solos, escala 1:100.000, foi obtido da base de dados vetoriais GeoInfo da EMBRAPA. O mapa de declividade foi gerado a partir de classificação do modelo digital de terreno e o grau de influência dos lineamentos estruturais a partir do uso de uma função Kernel (mapa termal).

4.4. MAPA DE SUSCETIBILIDADE

O mapa de suscetibilidade à ocorrência de deslizamentos de encostas foi elaborado por processo de cruzamento ponderado dos diversos mapas que foram elencados como tendo importância para a deflagração do processo.

4.4.1. Aplicação da Análise Hierárquica de Processos

Para atingir o objetivo desejado, definiu-se uma estrutura hierárquica dos componentes para a avaliação da suscetibilidade à ocorrência de deslizamentos (Figura 16).

Em seguida foram atribuídos os valores para os critérios definindo o grau de importância de cada um em relação ao outro, fazendo uma análise par em par, onde eles são comparados entre si e armazenados em uma tabela denominada matriz de comparações paritárias (Saaty (1980)) (Tabela 01).

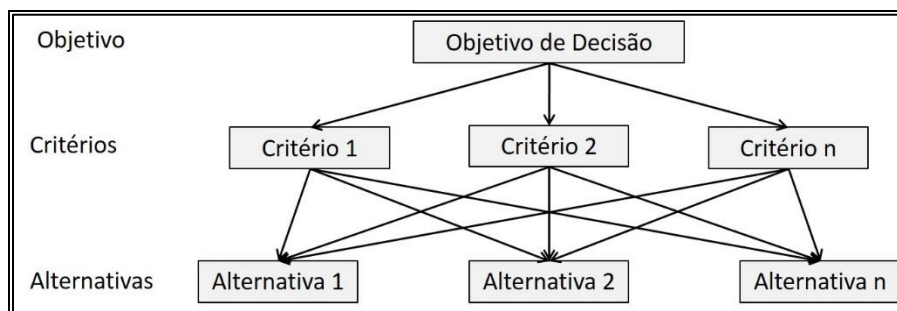


Figura 16 - Exemplo de Estrutura Hierárquica da Análise Hierárquica de Processos (AHP).

Fonte: Adaptado de Saaty (1980).

Tabela 01 – Matriz de comparação paritária.

Critérios	C₁	C₂	C_n
C₁	1	1/C ₂	1/C _{n1}
C₂	C ₂₁	1	1/C _{n2}
C_n	C _{n1}	C _{n2}	1

Fonte: Adaptado de Saaty (1980).

O preenchimento da matriz é realizado com base na intensidade de importância dos pesos propostos por Saaty (1980) e os valores atribuídos variam de 1 a 9 e indicam quanto um critério possui importância maior do que o outro (Tabela 02).

Tabela 02 - Escala de Intensidade de Importância.

Intensidade de Importância	Definição	Justificativa
1	Mesma importância	As duas variáveis ou atividades contribuem igualmente ao objetivo
3	Importância pequena	Experiência e julgamento favorecem moderadamente uma sob a outra
5	Importância grande	Experiência e julgamento favorecem fortemente uma sob a outra
7	Importância muito forte	Alternativa fortemente favorecida em relação a outra e sua dominância é demonstrada na prática
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma alternativa em relação a outra, com grau de certeza mais elevado
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição intermediária entre duas definições.
Recíprocos dos valores	Valores de comparação inversa	

Fonte: Saaty (1980).

A próxima etapa do método consiste na obtenção do vetor de pesos associados que é a média aritmética de cada linha da matriz (Tabela 03).

Tabela 03 - Normalização relativa dos pesos.

Crítérios	C_1	C_2	C_n
C_1	$1/\sum C_1$	$1/C_2/\sum C_2$	$1/C_{n1}/\sum C_n$
C_2	$C_{21}/\sum C_1$	$1/\sum C_2$	$1/C_{n2}/\sum C_n$
C_n	$C_{n1}/\sum C_1$	$C_{n2}/\sum C_2$	$1/\sum C_n$
SOMA	1	1	1

Fonte: Adaptado de Saaty (1980).

Em seguida, os componentes são normalizados dividindo-se pela soma, obtendo-se vetor de prioridades (autovetor), o qual fornece o peso relativo de cada indicador dos pesos dos critérios variando entre 0 e 1, cujas somas serão iguais a 1 (Tabela 04).

Tabela 04 - Cálculo do Autovetor.

Crítérios	C₁	C₂	C_n	Soma das Linhas	Autovetor
C₁	$1/\Sigma C_1$	$1/C_2/\Sigma C_2$	$1/C_{n1}/\Sigma C_n$	ΣC_{1i}	$\Sigma C_{1i}/3$
C₂	$C_{21}/\Sigma C_1$	$1/\Sigma C_2$	$1/C_{n2}/\Sigma C_n$	ΣC_{2i}	$\Sigma C_{2i}/3$
C_n	$C_{n1}/\Sigma C_1$	$C_{n2}/\Sigma C_2$	$1/\Sigma C_n$	ΣC_{ni}	$\Sigma C_{ni}/3$
SOMA	1	1	1	3	1

Fonte: Adaptado de Saaty (1980).

A análise de sensibilidade (coerência dos julgamentos) é obtida estimando-se o autovalor máximo (λ_{max}) por meio da multiplicação da matriz original pelo autovetor máximo (multiplicação de matrizes). Em seguida verifica-se o Índice de Consistência (Consistency Index), que mede a consistência das comparações. O cálculo é realizado pela equação 1:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

onde:

IC: índice de consistência;

λ_{max} : autovalor máximo;

n: número de critérios (mapas) adotados.

A última etapa é o cálculo da Razão de Consistência - CR (*CR – Consistency Ratio*) do julgamento que está relacionada com a ordem da matriz (obtida através do Índice de Consistência Aleatória).

A Tabela 05 apresenta o cálculo dos Índices de Consistência Aleatória para matrizes de ordem 1 a 10. Para se calcular o CR, utiliza-se a equação 2. Recomenda-se que o julgamento seja revisto caso a Razão de Consistência seja maior do que 0,20.

Tabela 05 - Índices de consistência aleatória.

N	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,52	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,51

Fonte: Saaty (1980).

Equação 2:

$$RC = \frac{IC}{RI} \quad (2)$$

onde:

RC: razão de consistência;**IC**: índice de consistência;**RI**: índice de consistência aleatória para n.

4.5. SUSCETIBILIDADE

O mapa de suscetibilidade a ocorrência de deslizamentos foi obtido através do cruzamento dos diversos mapas elencados ponderando os pesos atribuídos através da equação 3 utilizando a função *calculadora raster* do QGis. Para os diversos graus de suscetibilidade foi atribuída uma classe de acordo com a Tabela 06.

Equação 3:

$$S_{ij} = \sum_{k=1}^n P_{ij(k)} \times N_{ij(k)} \quad (3)$$

onde:

S_{ij}: suscetibilidade à ocorrência de deslizamentos no elemento (pixel) i,j da matriz (mapa) resultante;**P_{ij(k)}**: peso da contribuição do parâmetro "k", em relação aos demais, para a suscetibilidade à ocorrência de deslizamentos;**N_{ij(k)}**: nota, dentro da escala de "0 a 5", da suscetibilidade à ocorrência de deslizamentos, na presença da classe encontrada na linha i, coluna j do mapa k;**n**: número de mapas utilizados;

Tabela 06 - Graus de Suscetibilidade.

Grau	Classe
1	Muito baixa
2	Baixa
3	Média
4	Alta
5	Muito alta

5.0. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. OS SOLOS

Analisando o mapa de solos da bacia do rio Taquari (Figura 17), observa-se que a área apresenta Latossolo Vermelho-amarelo em toda a porção norte, nordeste e noroeste, Cambissolo Háplico de relevo ondulado nas porções norte, nordeste e noroeste, Cambissolo Háplico de relevo fortemente ondulado nas porções norte, nordeste e noroeste, Cambissolo Háplico de relevo montanhoso nas porções sul e central, Espodossolo Cárbico Hidromórfico na porção sul da bacia, Neossolos Litólicos nas porções norte, nordeste, noroeste e central, além de Neossolo Flúvico Háplico situado na porção sul da bacia.

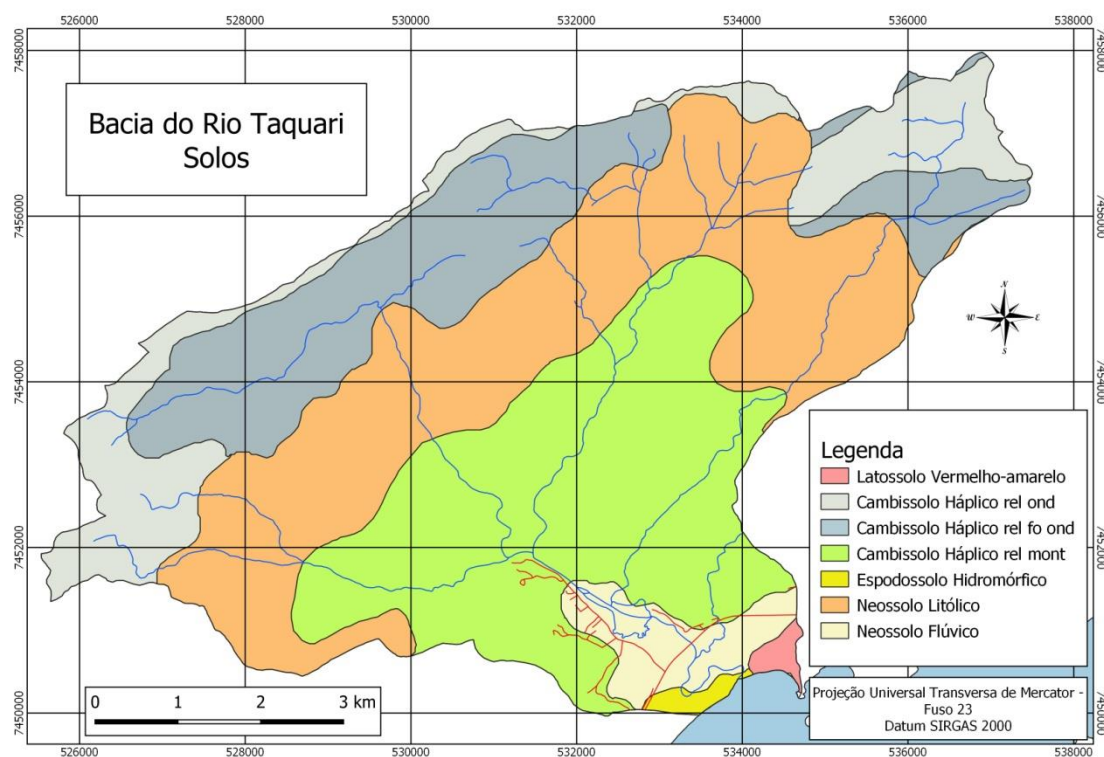


Figura 17 - Mapa de Solos da Bacia do Rio Taquari (Fonte: base de dados vetoriais GeoInfo da EMBRAPA).

Tabela 07 - Área e pesos dos diversos tipos de solo.

Tipo de Solo	Área		Peso
	Km ²	%	
Latossolo Vermelho-amarelo	0,3	0,5	2
Cambissolo Háplico relevo ondulado	6,7	12,6	4
Cambissolo Háplico relevo forte ondulado	10,2	19	4
Cambissolo Háplico relevo montanhoso	16	30	5
Espodossolo Cárbico Hidromórfico	0,3	0,5	1
Neossolos Litólicos	17,8	33,3	5
Neossolo Flúvico Háplico	2,2	4,1	1

5.2. GEOMORFOLOGIA

A geomorfologia de Paraty é constituída por planícies costeiras perto das montanhas. As esbeltas escarpas compõem a Serra do Mar. Os sistemas do rio drenam as montanhas, atravessam a planície costeira e descarregam no Oceano Atlântico (GUERRA ET AL., 2013).

Segundo o mapa geomorfológico (Figura 18), a bacia do rio Taquari é composta predominantemente por escarpas, morros altos nas porções norte e noroeste e morros baixos na porção oeste e sul. As planícies e terraços fluviais e marinhos (cordões litorâneos) localizam-se na porção sul da área, assim como as planícies flúviomarinhas de brejos e mangues.

As rampas de alúvio-colúvio situam-se na porção centro-sul da bacia e, por fim, as vertentes recobertas por depósito de encostas localizam-se por toda a extensão da bacia.

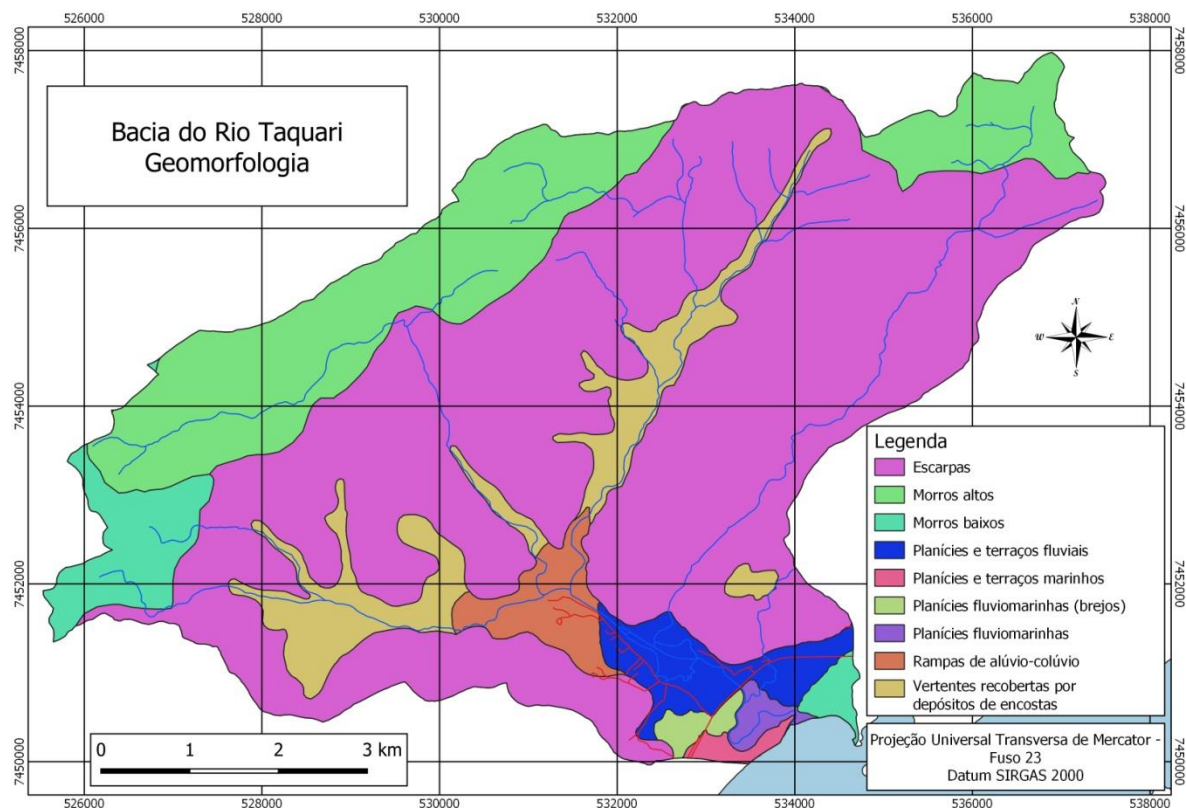


Figura 18 – Mapa Geomorfológico da Bacia do Rio Taquari (Fonte: obtido da base GeoSGB, o sistema de geociências do Serviço Geológico do Brasil-CPRM).

Tabela 08 - Área e pesos dos tipos geomorfológicos encontrados no local.

Geomorfologia	Área		Peso
	Km ²	%	
Escarpas	33,8	59,8	5
Morros altos	9,6	17,0	4
Morros baixos	2,1	3,7	2
Planícies e terraços fluviais	1,8	3,2	1
Planícies e terraços marinhos (cordões litorâneos)	0,2	0,35	1
Planícies flúviomarinhas de brejos	0,3	0,5	1
Planícies flúviomarinhas de mangue	3,3	5,8	1
Rampas de alúvio-colúvio	1,4	2,5	3
Vertentes recobertas por depósito de encostas	4,1	7,1	3

5.3. DECLIVIDADE

Conforme o mapa de declividade da bacia do Rio Taquari (Figura 19), a maior parte da declividade corresponde a valores que variam entre 20° e 90°, seguida de declividades baixas (entre 10° e 20°) e área plana.

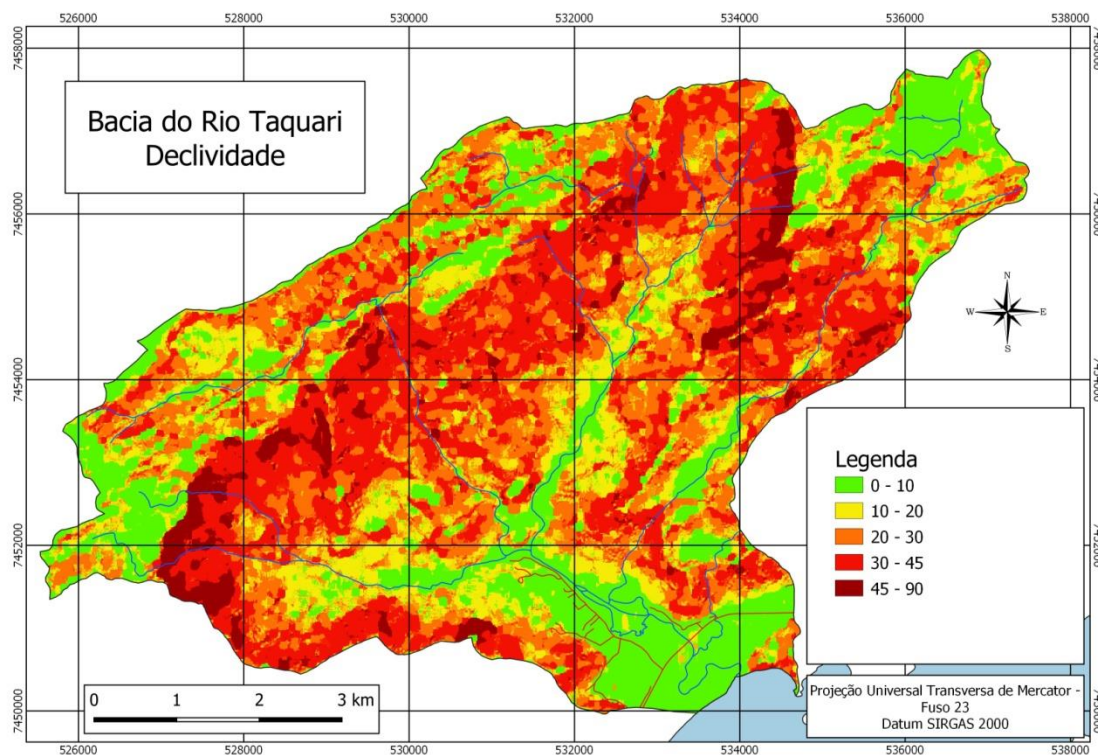


Figura 19 – Mapa de Declividade da Bacia do Rio Taquari.

Tabela 09 - Áreas e pesos dos intervalos de declividade.

Declividade	Área		Peso
	Km ²	%	
0° - 10°	11	20,7	1
10° - 20°	9	17	2
20° - 30°	14,4	27	3
30° - 45°	15,8	29,7	4
45° - 90°	3	5,6	5

5.4. GEOLOGIA

Segundo Eirado et al (2006), o município de Paraty apresenta quatro unidades tectônicas da Faixa Ribeira, além do sedimento Quaternário. A Faixa Ribeira compreende um conjunto de terrenos tectônicos formados por associações litológicas e forte metamorfismo, todos empilhados sobre a margem do Cráton São Francisco (Figura 20).

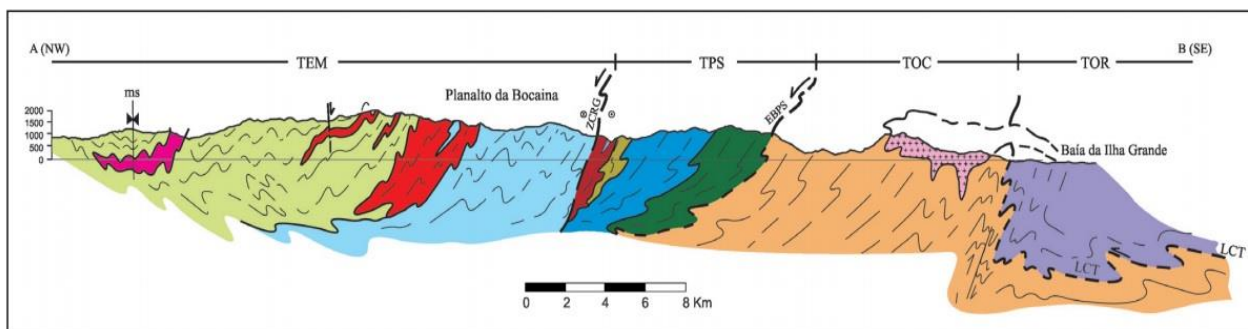


Figura 20 - Perfil geológico-estrutural. Abreviaturas: TPS - Terreno Paraíba do Sul, TOC - Terreno Ocidental, TOR - Terreno Oriental, LTC - Limite Tectônico Central, EBPS - Empurrão Basal do Terreno Paraíba do Sul (EIRADO ET AL., 2006).

De acordo como o mapa geológico do Parque Nacional da Serra da Bocaina (2000), o município apresenta sedimentos Cenozoicos aluvionares, colúvio-aluvionares, flúvio-aluvionares, sedimentos de mangue e sedimentos de cordões marinhos e de praia, compostas por areias grossas a finas e sedimentos argilosos.

A Sequência de metavulcânicas sedimentares é composta por xistos e gnaisses xistosos com associação de silimanita-granada-muscovita-biotita-xisto, gnaisses xistosos, quartzitos grossos, rochas cálcio-silicáticas, gonditos, anfibólios e rochas metabásicas.

Os Complexos gnáissicos-granitoides são compostos por associações de gnaisses homogêneos de composição essencialmente monzograníticas, com variações granodioríticas, esienograníticas, finos a grossos, cinzentos por vezes róceos, holo a hololeucocráticos; Gnaisses bandados e laminados, de composição

granítica a tonalítica, frequentemente com megacristais de feldspatos alcalinos, ambos com biotita e/ou hornblenda.

Também se encontram gnaisses bandados e gnaisses homogêneos de composição tonalítica a sieno-diorítica, de textura equi ou inequigranular, granulação fina a muito grossa, com biotita, hornblenda, granada, piroxênio e intercalações de quartzitos micáceos e/ou feldspáticos.

Os granitos são do tipo biotita granito porfiríticos, leucocráticos, foleados a miloníticos, de granulação média a porfirítica.

Por fim, têm-se as rochas do Complexo de Alto Grau, compostas por uma associação de charnoquitos equigranulares a porfiríticos de coloração esverdeada.

Segundo o mapa geológico da bacia do rio Taquari (Figura 21), são encontradas na área cinco tipos principais de rochas, a saber: a rocha biotita granito encontra-se na porção sul da área de estudo, juntamente com o silte, argila e areia. O ortogneisse situa-se na porção centro-sul da área.

A granada biotita gnaiss é a rocha que mais aparece no local de estudo, localizando-se em toda a extensão. Por fim, o granodiorito, granito e quartzodiorito situam-se nas porções norte e nordeste.

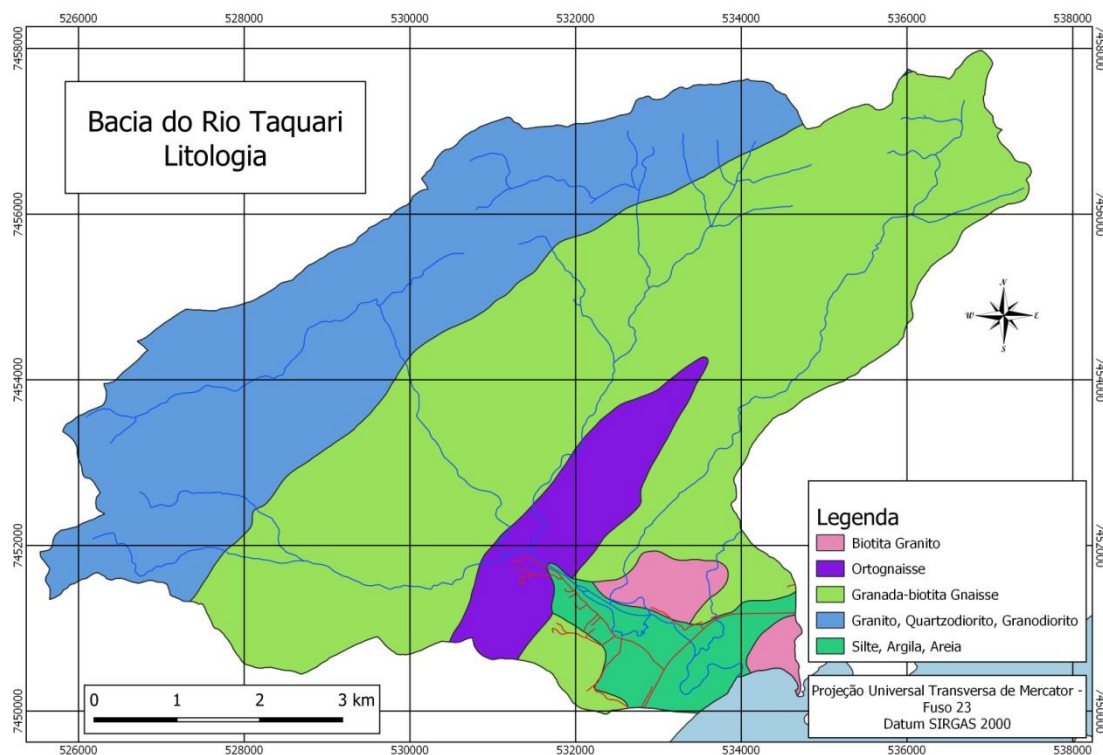


Figura 21 – Mapa de Geologia da Bacia do Rio Taquari (Fonte: obtido da base GeoSGB, o sistema de geociências do Serviço Geológico do Brasil-CPRM).

Tabela 10 - Áreas e pesos da litologia.

Geologia \ Litologia	Área		Peso
	Km ²	%	
Biotita Granito	1,2	2,2	3
Ortognaisse	3,4	6,3	4
Granada Biotita Gnaiss	29,5	55	5
Granito, Quartzodiorito, Granodiorito	17,1	31,9	2
Sedimentos (Silte, Argila, Areia)	2,5	4,6	1

5.5. ESTRUTURA GEOLÓGICA

O mapa de estrutura geológica (Figura 22) foi extraído do mapa geológico e mostra uma grande falha na região da bacia predominantemente na direção nordeste/sudoeste. Além disso, há fraturas em diversas direções, porém há um conjunto de fraturas que acompanham o mergulho das encostas (noroeste/sudeste) e outro conjunto perpendicular ao mergulho (nordeste/sudoeste).

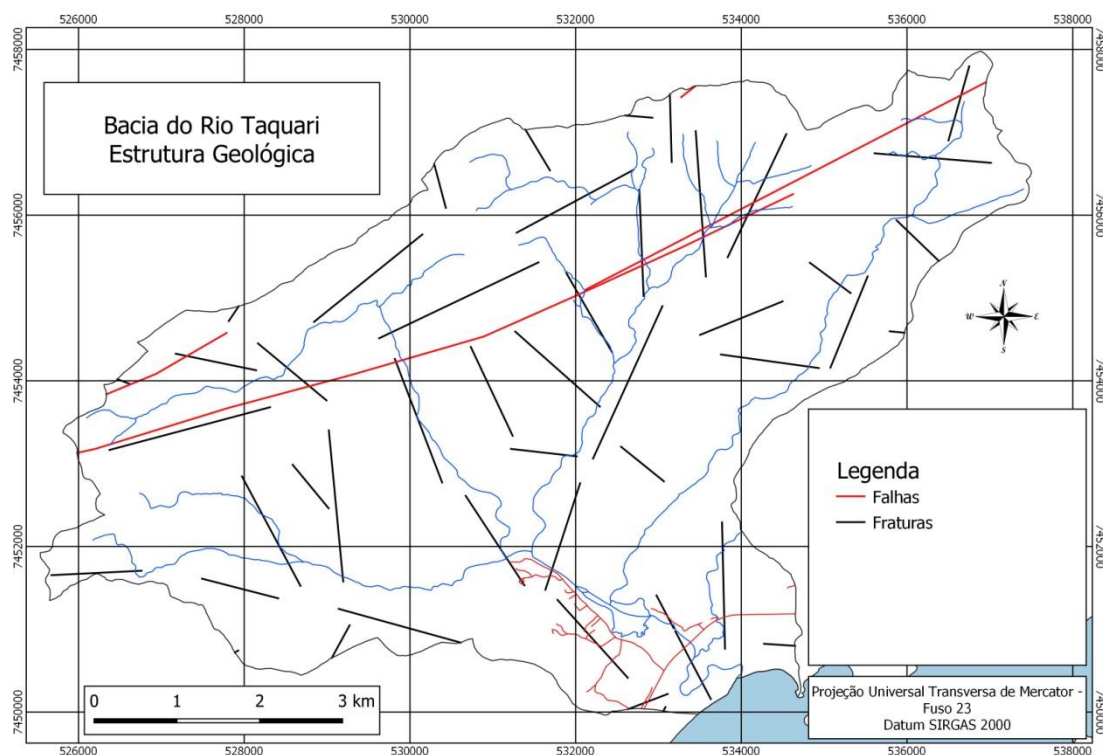


Figura 22 – Mapa de Estrutura Geológica da Bacia do Rio Taquari (Fonte: obtido da base GeoSGB, o sistema de geociências do Serviço Geológico do Brasil-CPRM).

Para avaliar o grau de influência da estrutura geológica foi utilizado o mapa de densidade de falhas e fraturas (Figura 23) que foi reclassificado de acordo com os graus de suscetibilidade previamente adotados, variando entre 1 e 5.

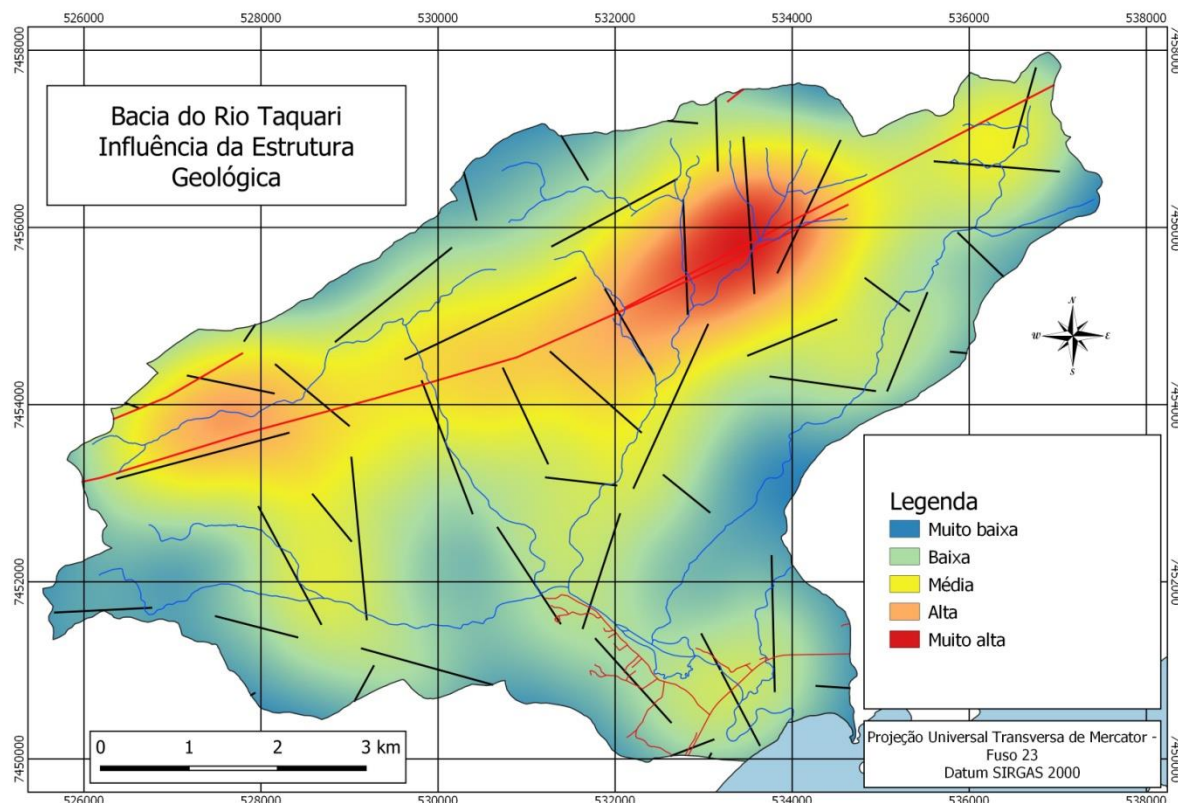


Figura 23 – Mapa de Influência da Estrutura (densidade de falhas e fraturas) da Bacia do Rio Taquari.

5.6. USO E COBERTURA DO SOLO

De acordo com IBAMA/Associação Pró-Bocaina (2002), o município de Paraty é cercado por uma Floresta Ombrófila Densa, montana e submontana. Segundo o mapa, menos de 5% da área corresponde a local de reflorestamento de eucaliptos.

A cidade possui poucos aglomerados urbanos e a maioria reside em áreas de baixa declividade. Por conta de o município apresentar um relevo de topografia acentuada, a ocupação se dá de forma limitada nessas áreas.

A área do município é majoritariamente ocupada por atividades agrícola e pecuária. O cultivo de banana é responsável por aproximadamente 90% da produção agrícola.

Segundo o Mapa de Zoneamento Ambiental do município (2001), a maior parte da área engloba a zona primitiva, seguida da zona de uso extensivo e, após, zona de uso intensivo.

As áreas de impacto ambiental correspondem a problemas de assoreamento, desmatamento, lixo nas trilhas, poços artesianos, processos erosivos e queimadas.

A cobertura florestal da bacia do rio Taquari apresenta-se ainda bem preservada, tal fato está diretamente relacionado com a presença das restrições impostas pela presença do Parque Nacional da Serra da Bocaina, o relevo acidentado e a distância da sede do município, que é um dos principais atrativos turísticos da região.

Entretanto, nos últimos anos, a área tem apresentado um importante incremento nas construções. Tal crescimento concentra-se no trecho do baixo curso, onde o relevo é mais favorável à ocupação e é caracterizado, principalmente, pelo adensamento de construções e terrenos urbanos anteriormente desocupados, com pouca expansão da mancha urbana (Figura 24).

As áreas desmatadas, cobertas por vegetação de gramíneas e, em menor proporção, apresentando solo exposto concentram-se no baixo curso, com pequenas manchas nos trechos mais elevados, associadas à agricultura e à presença de afloramentos rochosos.

A praia apresenta pouca frequência de banhistas devido ao isolamento, acesso feito por trilhas, à presença de manguezal e a inconstância na faixa de areia que possui grande variação devido às condições hidrodinâmicas e ao balanço de sedimentos na foz do rio Taquari (Figura 25).

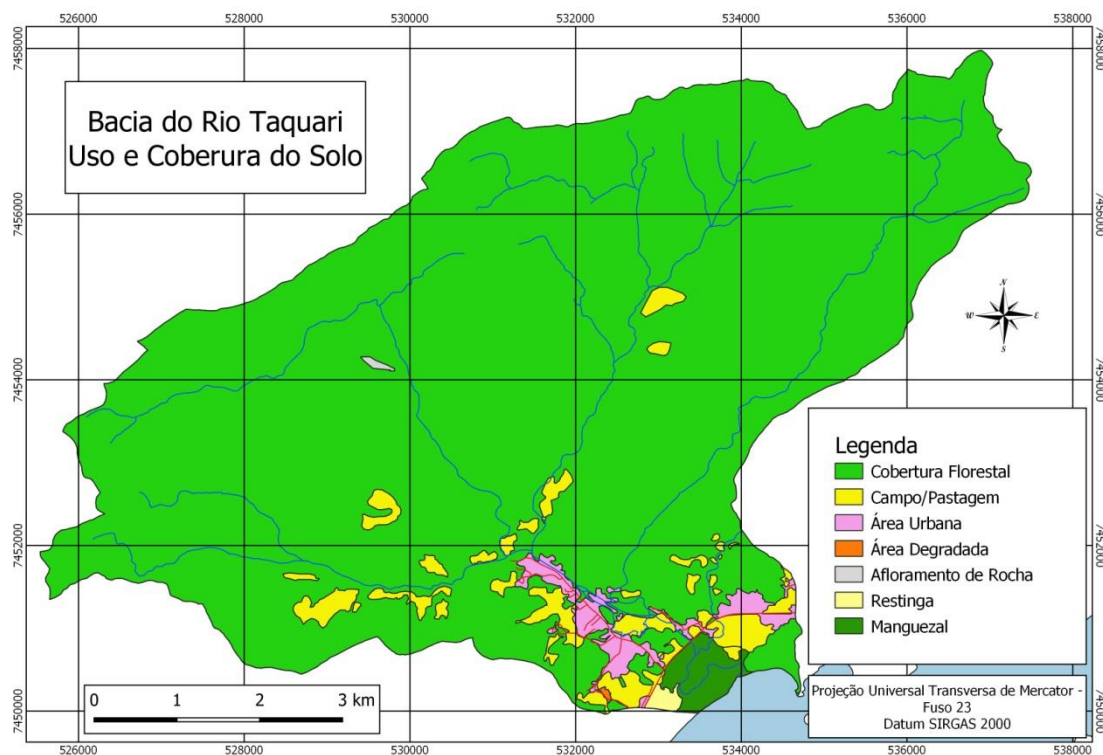


Figura 24 - Mapa de Uso e Cobertura do Solo.

Tabela 11 - Área e pesos dos diversos tipos de uso e cobertura do solo.

Uso e cobertura do solo	Área		Peso
	Km ²	%	
Cobertura florestal	50	93,2	1
Manguezal	0,6	1,2	2
Restinga	0,1	0,2	4
Campo/Pastagem	2	3,7	3
Área urbana	0,9	1,7	4
Área degradada	0,02	0,03	5
Afloramento rochoso	0,03	0,05	5



Figura 25 – Alterações na faixa de areia da praia do Taquari devido às variações das condições hidrodinâmicas e ao balanço de sedimentos próximo a foz do rio Taquari. (Fonte: *GoogleEarth*).

O município de Paraty tem a maior parte do seu território protegido por unidades de conservação ambiental, tais como: Parque Nacional da Serra da Bocaina, Reserva Ecológica da Joatinga, APA do Cairuçu, Área de Lazer Paraty-Mirim, Área de Preservação Ambiental da Baía de Paraty, além de fazer fronteira com o Parque Estadual da Serra do Mar (Figura 26).

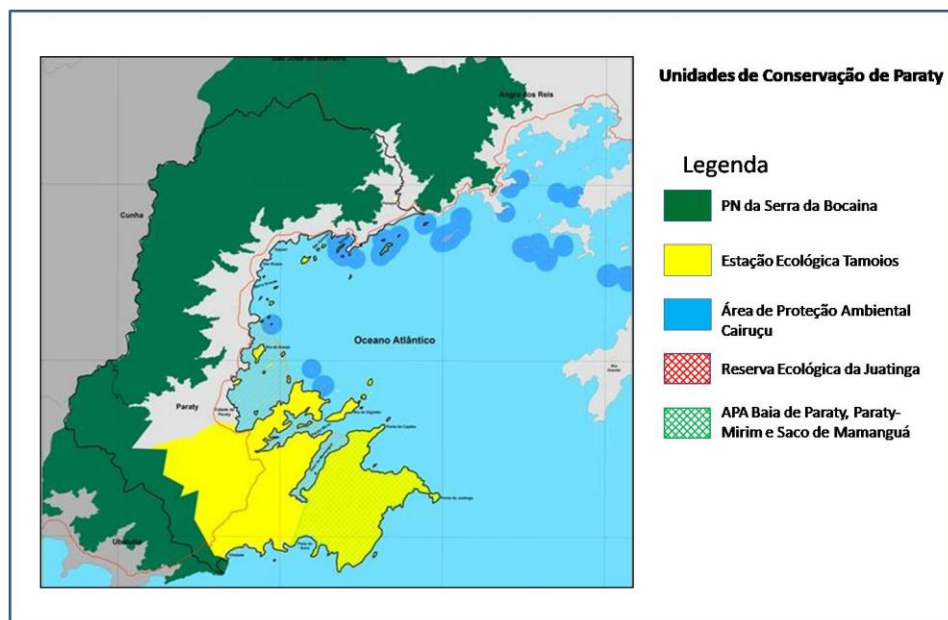


Figura 26 – Mapa da Unidade de Conservação do Município de Paraty (Fonte: Modificado de ICMBIO).

5.7. HIPSOMETRIA

O mapa de hipsometria mostra que a bacia apresenta uma grande variabilidade nas características topográficas. A amplitude altimétrica é de 1298 metros, sendo a menor altitude encontrada na foz do rio Taquari, e a maior na escarpa da serra da Bocaina. Cerca de metade da bacia encontra-se a menos de 200 metros. A área com topografia mais baixa encontra-se restrita ao baixo curso próximo à rodovia BR-101 (Figura 27).

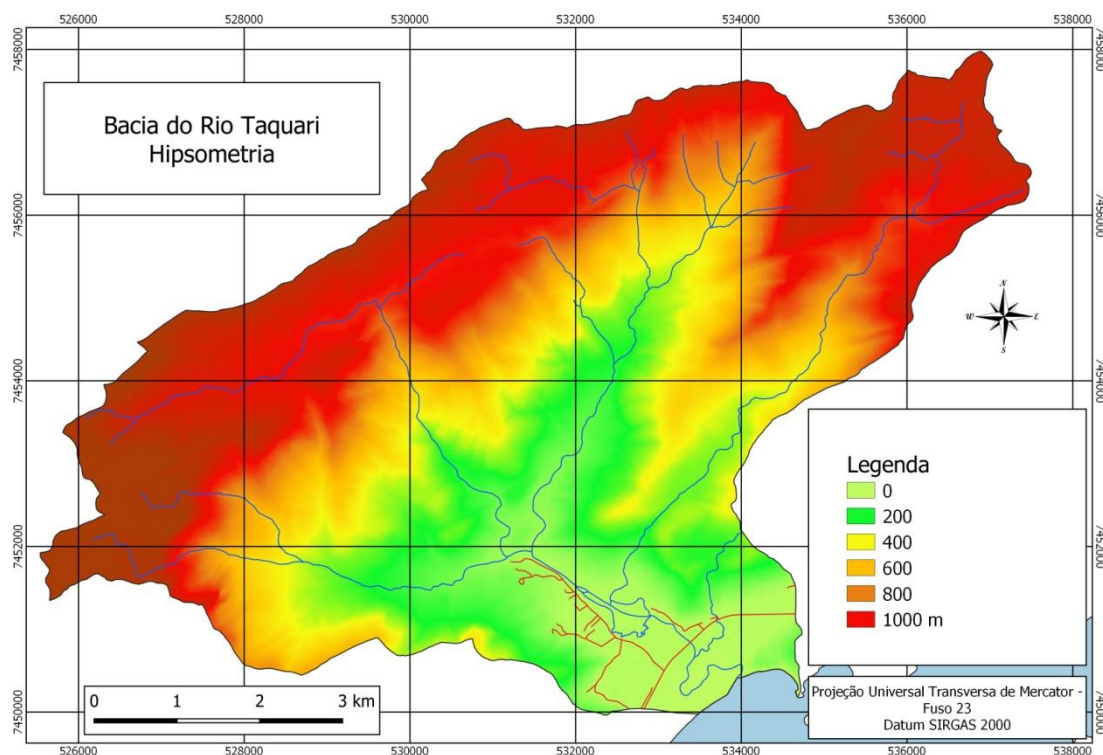


Figura 27 - Mapa de Hipsometria.

5.8. HIDROGRAFIA

A bacia hidrográfica do rio Taquari é drenada por um conjunto de canais fluviais que nascem nas vertentes da Serra da Bocaina e deságuam na baía da Ilha Grande. Tais rios apresentam-se fortemente controlados pelas linhas estruturais do substrato geológico nos trechos de alto e médio curso.

Os principais contribuintes do rio Taquari são o Córrego da Fazenda, o Córrego da Melancia, o Córrego da Usina e o Córrego da Carranca da Usina (Figura 28).

O baixo curso do rio Taquari apresenta um padrão meandrante, caracterizado pela baixa declividade de escoamento e sinuosidade do canal, onde comumente ocorrem inundações nos períodos de chuva intensas. Um dos atrativos turísticos da bacia do rio Taquari é a presença de belas cachoeiras, que indicam a presença de níveis de base locais controlados pela estrutura geológica.

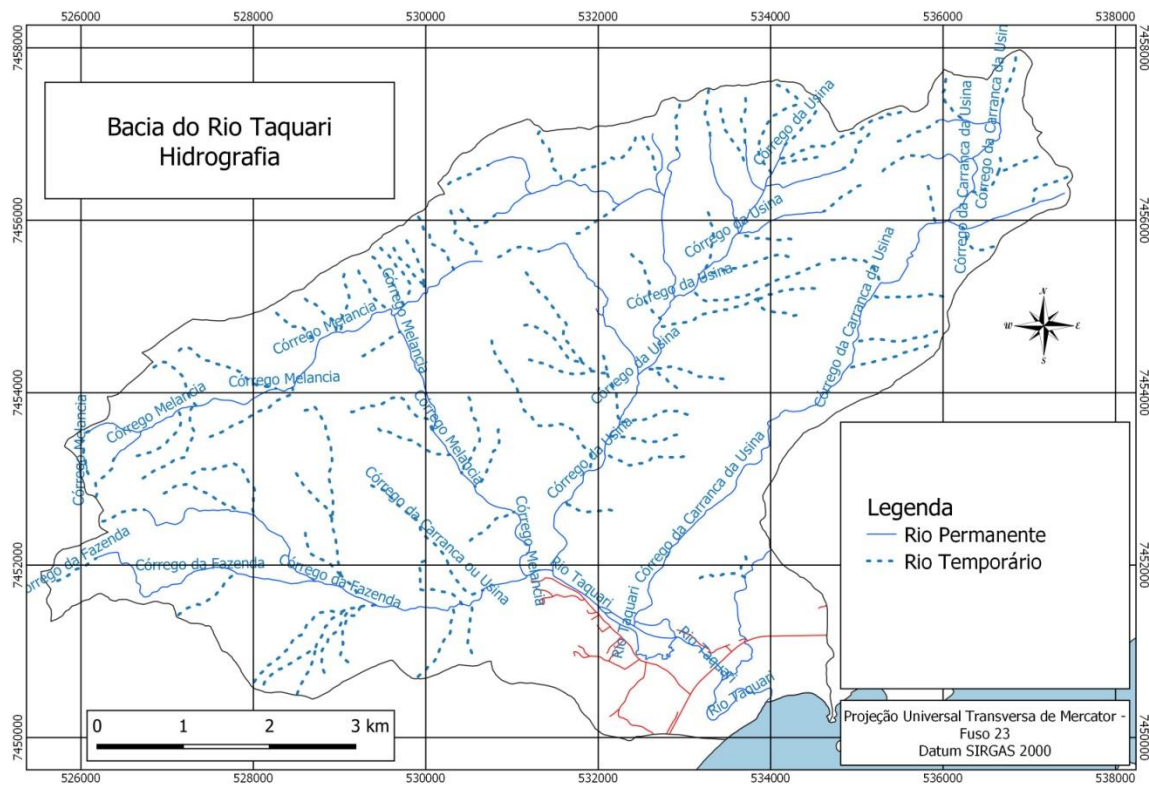


Figura 28 - Mapa de Hidrografia da bacia do rio Taquari.

6.0. MAPA DE SUSCETIBILIDADE

O mapa de suscetibilidade à ocorrência de deslizamentos foi elaborado a partir do cruzamento de diversos atributos (fatores condicionantes), tais como: litologia, declividade, geomorfologia, tipos de solos, uso e ocupação do solo e estrutura geológica (Figura 29).

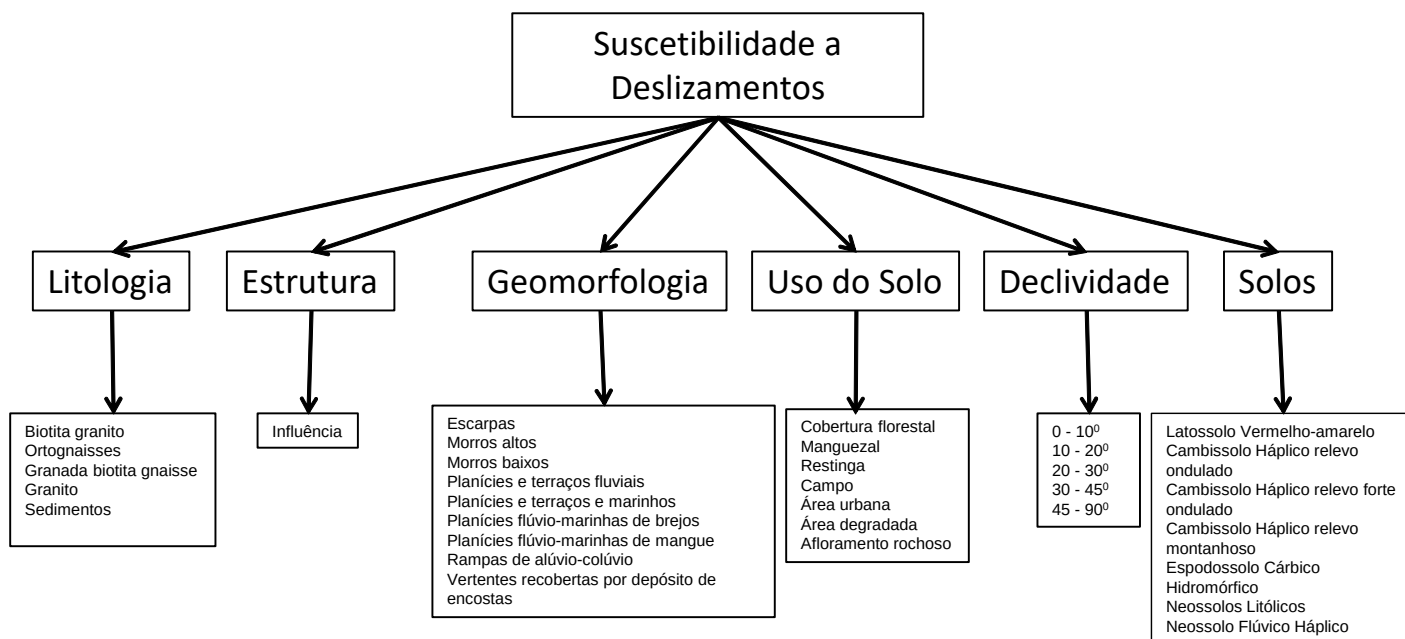


Figura 29 - Estrutura e componentes do modelo AHP de suscetibilidade a deslizamentos.

Os pesos dos fatores condicionantes dos deslizamentos foram obtidos utilizando a técnica de Análise Hierárquica de Processos (AHP) executando uma comparação para a par entre os diversos mapas (Tabela 12).

Os valores extraídos da escala de intensidade de importância foram inseridos na tabela de índices de consistência aleatória (matriz de comparação) e posteriormente calculados o autovetor e o autovetor normalizado (vetor de prioridades).

Tabela 12 - Escala de intensidade de importância na comparação par a par dos fatores condicionantes.

Litologia	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Solos
Litologia	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Declividade
Litologia	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Geomorfologia
Litologia	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Uso do Solo
Litologia	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lineamentos
Solos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Declividade
Solos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Geomorfologia
Solos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Uso do Solo
Solos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lineamentos
Declividade	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Geomorfologia
Declividade	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Uso do Solo
Declividade	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lineamentos
Geomorfologia	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Uso do Solo
Geomorfologia	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lineamentos
Uso do Solo	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lineamentos

O autovetor, também denominado vetor de prioridades, representa os pesos relativos de importância dos fatores.

Tabela 13 - Matriz de comparação.

	Geologia	Solos	Declividade	Geomorfologia	Uso e Cobertura do Solo	Estrutura	Autovetor	Autovetor Normalizado
Geologia/Litologia	1,0000	5,0000	0,1250	4,0000	5,0000	0,5000	15,6250	16,7
Solos	0,2000	1,0000	0,1250	0,3333	2,0000	0,1429	3,8012	4,1
Declividade	8,0000	8,0000	1,0000	8,0000	9,0000	5,0000	39,0000	41,8
Geomorfologia	0,2500	3,0000	0,1250	1,0000	6,0000	5,0000	15,3750	16,5
Uso e Cobertura do Solo	0,2000	0,5000	0,1111	0,1667	1,0000	0,1429	2,1206	2,3
Estrutura	2,0000	7,0000	0,2000	0,2000	7,0000	1,0000	17,4000	18,6
Média	9,6500	17,5000	1,4861	13,5000	23,0000	1,9643	93,3218	100,0

A qualidade ou consistência dos julgamentos foi obtida pelo cálculo do autovalor máximo ($\lambda_{\max}$) que apresentou o valor de 6,0626 que para o número de fatores condicionantes igual a 6 obteve-se um índice de coerência de 0,0125 (1,2%) e uma razão de coerência de 0,0101 (1,0%) o que, de acordo com Saaty (1991), demonstram que os valores atribuídos nos julgamentos são consistentes, pois apresentam valores inferiores a 20%.

$\lambda_{\max} =$ **6,0626**

Índice de Coerência = **0,0125**

Razão de Coerência = **0,0101**

Os valores obtidos foram ajustados para uma escala entre zero e um (tabela 14) e posteriormente aplicados na elaboração do mapa de suscetibilidade.

Tabela 14 – Pesos dos fatores condicionantes.

Fatores condicionantes	Peso
Geologia	0,1674
Solos	0,0407
Declividade	0,4179
Geomorfologia	0,1648
Uso e Cobertura do Solo	0,0227
Estrutura	0,1865

No mapa resultante observa-se a variação dos níveis de suscetibilidade, em que cada pixel representa o valor recebido em todo o processo que considerou os critérios condicionantes adotados e padronizados, com seus respectivos pesos de importância relativa.

Os pixels com maiores valores, representados com cores avermelhadas, indicam as áreas que apresentam maior suscetibilidade aos movimentos de vertente. Os pixels com cores de verde a azul representam os locais de menor suscetibilidade (Figura 30).

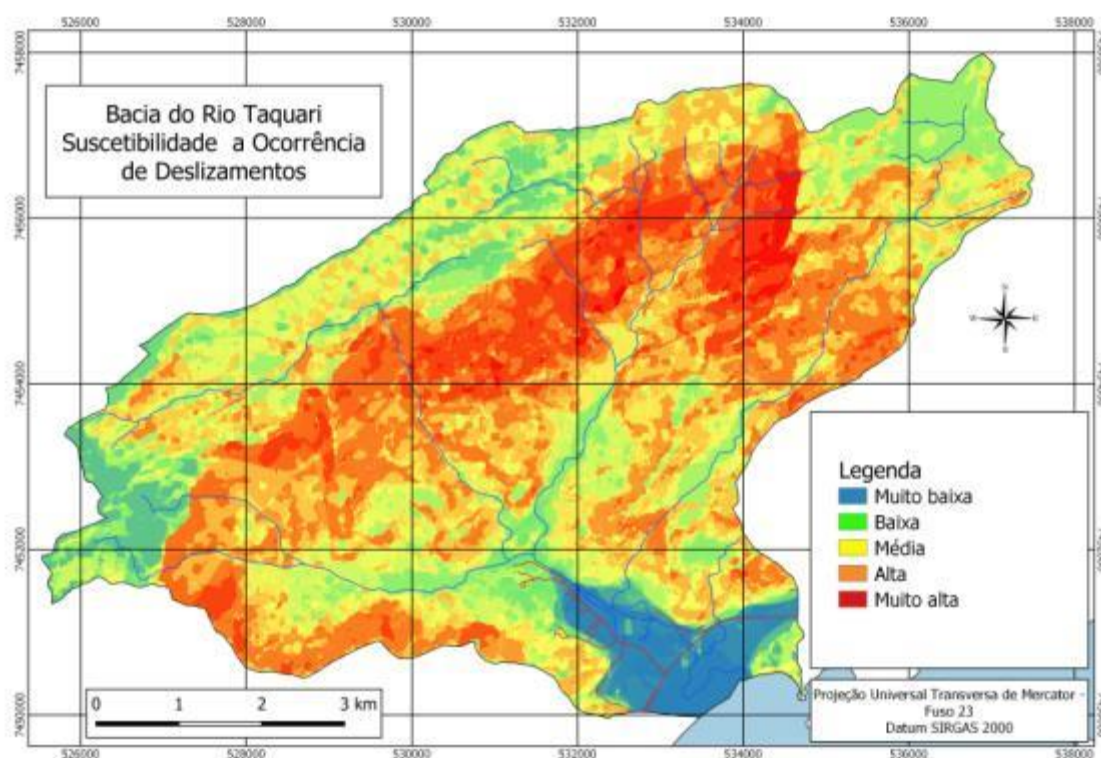


Figura 30 - Mapa de Suscetibilidade.

A partir do mapa de suscetibilidade verifica-se os locais com elevada probabilidade de ocorrência de deslizamentos. A predominância foi da classe de alta suscetibilidade a eventos de deslizamento, seguido da classe de média e muito alta suscetibilidade, respectivamente.

A classe de suscetibilidade muito alta corresponde a 9,7% da área, está situada na geomorfologia de escarpas, com predominância de embasamento de Granito Biotita Gnaiss e declividade que vai de 45 a 90°.

Conforme o Mapa de Suscetibilidade, os locais com suscetibilidade alta a deslizamentos confrontaram com características propícias, como elevadas declividades, devido à Serra do Mar, embasamento geológico, com predominância da rocha Granada Biotita Gnaiss, geomorfologia predominantemente de escarpas e solo Neossolo Litólico, que propicia risco à erosão e intemperismo, além da declividade alta (30 a 45°).

A classe de suscetibilidade média corresponde a 34,9% da área, com rochas diversas, metamórficas e ígneas e com declividade muito variável, com predominância de Cambissolo Háplico.

A classe de suscetibilidade baixa a muito baixa corresponde a 25,6% da área. Refere-se a declividades baixas e área plana, com predominância de sedimentos, devida às planícies e terraços fluviais.

Somadas as classes de suscetibilidade muito alta e alta, 39,6% da bacia possui grau relevante de possibilidade a deslizamentos (Tabela 15).

Tabela 15 - Área das classes de suscetibilidade.

Suscetibilidade	Área	
	Km ²	%
Muito baixa	3.9	7,3
Baixa	9.8	18,3
Média	18.7	34,9
Alta	16.0	29,9
Muito alta	5.2	9,7

A pesquisa comprova o grande potencial do SIG na integração de dados geocodificados, decorrentes da possibilidade de automatização de cruzamentos complexos de informações, com elevada precisão do produto final e a economia de tempo em relação aos métodos tradicionais de análise.

7.0. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos indicam que o uso da técnica da Análise Hierárquica de Processos (AHP) é satisfatório, uma vez que o resultado para a razão de coerência foi menor que 20, conforme requer o método.

Os resultados também mostram que os fatores socioambientais são parte dos fatores que desencadeiam os deslizamentos, juntamente com os fatores antrópicos, tais como: cortes irregulares no talude, alijamento de resíduos sólidos em locais impróprios, construção de moradias em locais irregulares, despejo de água servidas nas encostas, entre outros.

O uso dessa ferramenta mostrou-se eficiente e de fácil manipulação. Além disso, seu uso é de extrema importância para o planejamento urbano e territorial, Plano Diretor dos municípios e para a gestão de áreas suscetíveis aos deslizamentos, que tanto causam perdas materiais e humanas. É uma importante ferramenta para gestores, órgãos responsáveis e para as Defesas Civas, pois esse tipo de mapeamento tem o objetivo de salvar vidas e monitorar as devidas áreas de risco.

É importante salientar que devido aos processos de desordem urbana, a área que compreende a bacia do rio Taquari encontra-se em processo de franca expansão, com terrenos sendo loteados e muitas casas em construção.

Assim, é interessante destacar o importante papel da Defesa Civil Municipal na gestão do risco de desastres e dos órgãos fiscalizadores para que evitem a ocupação em áreas impróprias. Além disso, é necessária a criação de estratégias entre o poder público e a população para ações de realocação, educação ambiental e obras de contenção visando à segurança dos moradores da área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ARRAES, E. Desastres e Desenvolvimento: o caso do Haiti. Rio de Janeiro, **Revista VITAS**. ISSN 2238-1627, Ano III, n. 07, 28 p, 2013.

BANCO MUNDIAL. **Avaliação de perdas e danos: Inundações e Deslizamentos na Região Serrana do Rio de Janeiro** – Janeiro de 2011.

Brasília, 63 p, 2012. Disponível em:

http://www.mi.gov.br/pt/c/document_library/get_file?uuid=74dde46c-544a-4bc4-a6e1-852d4c09be06&groupId=10157. Acesso em: 10 set.2017.

BODSTEIN, A & BARROS, A. M.A. Gestão de Riscos no contexto do desenvolvimento sustentável. In: PHILIPPI, A; SAMPAIO, C; FERNANDES, V. **Gestão de Natureza Pública e Sustentabilidade**. São Paulo: Editora Manolo, 2012.

BRASIL. **Mapa de Zoneamento Ambiental do Parque Nacional da Serra da Bocaina**. Ministério do Meio Ambiente, 2001. Disponível em:

<http://www.paraty.com.br/bocaina/pdf/croqlay1.pdf>. Acesso em: 24/02/2019.

BRASIL. **Plano de Manejo do Parque Nacional da Bocaina**. Ministério do Meio Ambiente, 2000. Disponível em:

<http://www.paraty.com.br/bocaina/index.htm>. Acesso em: 18.fev.2018.

CARSON, H. A. & Kirkby, M.J. **Hillslope form and process**. Cambridge, Univ. Press, 1972. 475 p.

CARVALHO, O. *Análise da suscetibilidade a escorregamentos e as implicações da evolução do uso e cobertura do solo no município de Paraty, RJ, entre 1973 e 2008*. 2010. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, USP.

CORTELETTI, R.C. *Proposta de metodologia para análise de risco geológico – geotécnico em ferrovias: Estudo de caso: Estrada de Ferro Carajás (EFC)*. Tese (Doutorado) Escola de Minas. Núcleo de Geotecnia. UFOP. Ouro Preto, 135p. 2014.

EIRADO, L. G.; HEILBRON, M.; ALMEIDA, J. C. H. Os Terrenos Tectônicos da Faixa Ribeira na Serra da Bocaina e na Baía da Ilha Grande, Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**. v. 36, n. 3, p. 426-436, 2006.

FARIA, D.; FILHO, A. (2013). Aplicação do processo de Análise Hierárquica (AHP) no mapeamento de perigo de escorregamentos em áreas urbanas. 34th ed.

[ebook] São Paulo. Available at:

<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rig/article/view/8945/8210> [Accessed 1 Aug. 2019].

FRANCISCO, C. N. **Subsídios à gestão sustentável dos recursos hídricos no âmbito municipal: o caso de Angra dos Reis**, RJ/ Cristiane Nunes Francisco. Tese (Doutorado em Geociências – Geoquímica Ambiental) – Universidade Federal Fluminense. Niterói: [s.n.], 2004.

GUERRA, A. J. T.; BEZERRA, J. F. R.; JORGE, M. C. O.; FULLEN, M. A. The geomorphology of Angra dos Reis and Paraty Municipalities, Southern Rio de Janeiro State. **Revista Geonorte**, v. 9, n. 1, p. 1- 21, 2013.

GUIDICINI, G. & NIEBLE, C. M. 1984. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação**. São Paulo: 2ª ed. Edgard Blücher, 194p.

GOMES, L. J. *Conflitos entre a conservação e o uso da terra em comunidades rurais no entorno do Parque Nacional da Serra da Bocaina: uma análise interpretativa*. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Instituto de Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, SP. 2002.

HIGHLAND, L.M., and BOBROWSKY, PETER, 2008, **The landslide handbook – A guide to understanding landslides**: Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular 1325, 129p.

IBAMA/ Associação Pró-Bocaina. **Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra da Bocaina. FASE II**. Brasília: Versão Preliminar. 2002.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Base Cartográfica Vetorial Contínua do Estado do Rio de Janeiro, na escala 1:25.000 (BC25_RJ), 2018.

IBGE. **Censo demográfico 1940 – 2010**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vCodigo=POP122>. Acesso em: 02 out. 2017.

INCRA- INSTITUTO NACIONAL DE CRÉDITO E REFORMA AGRÁRIA. Levantamento dos moradores do assentamento Taquari. Relatório. 2001.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA M.; MORENO, D.A.; MARCELINO, I. P.V.O.; MARCELINO, E. V; GONÇALVES. E.F.; BRAZETTI. L.L.P; FABRIS, R.(2006). **“Prevenção de Desastres Naturais Conceitos Básicos”**. Caderno Técnico. Curitiba. Brasil, 2006.

MATA-LIMA, H. et al. **Ambiente e sociedade**, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 45-64, 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2013000300004&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 12 de set. 2017.

MEDEIROS, L, B. A. et al. **A Importância da educação ambiental na escola nas séries iniciais**. Revista Faculdade Montes Belos, v.4, n.1, 2011, 17 p.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Anuário Brasileiro de Desastres Naturais**, 2013. Brasília. CENAD, p.106, 2014. Disponível em: http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=fee4007a-ab0b-403e-bb1a-8aa00385630b&groupId=10157.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Código Brasileiro de Desastres (COBRADE), 2013. Brasília. Disponível em: http://www.mi.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/legislacao/Anexo-V---Cobrade_com-simbologia.pdf. Acesso em: 24 mar. 2019.

MOREIRA, Roberto José e GAVIRIA, Margarita Rosa. Territorialidades, ruralidades e assimetrias de poder na Comunidade de Taquari. **Revista Estudos –Sociedade e Agricultura**, 2002.

OLIVEIRA, M. R.; GALVANI, E. Eventos Extremos de Precipitação no Perfil Longitudinal Paraty (RJ) - Campos do Jordão (SP). **Revista do Departamento de Geografia**, n. spe, p. 58-66, 27 jun. 2017.

QGIS Project. 2019. Guia do Usuário **QGIS Versão 3.4**. https://docs.qgis.org/3.4/pt_BR/docs/user_manual/

SAATY, T. L. The analytic hierarchy process. New York: McGraw-Hill.1980, 350 p.

SAATY, T. L. Método de análise hierárquica. São Paulo: McGraw-Hill Pub. Co., 1991. 367p.

SAYÃO, A.; NUNES, A. Desastres naturais ou crimes ambientais? Revista Fundações e Obras Geotécnicas. 39. ed. Rio de Janeiro, p. 7, 2013.

SILVA, I. R, NISHIJIMA, T. **Educação ambiental na prevenção de desastres**, 2011. Disponível em: <http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=1103>. Acesso em: 15/04/2017.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J. e AMARAL, R. (Organizadores). **Desastres Naturais-Conhecer para Prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 193p.

UN-ISDR. International Strategy for Disaster Reduction. **Terminology on Disaster Risk Reduction**, 2009. Disponível em: <https://www.unisdr.org/who-we-are/what-is-drr>. Acesso em: 12 set. 2017.

VARGAS, J. **Políticas públicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales y sismo naturales**. Comisión Económica para América Latina y El Caribe. Publicación de las Naciones Unidas, 2002, 84 p. Disponível em: <http://archivo.cepal.org/pdfs/2002/S2002612.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2017.