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

MAYKON DA SILVA DE OLIVEIRA

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS EM ÁREAS DE RISCO SOCIOAMBIENTAL E AÇÕES DE DEFESA CIVIL: ANÁLISE DO BAIRRO GAMBOA DO BRACUÍ – ANGRA DOS REIS/RJ – BRASIL

Niterói
2020

MAYKON DA SILVA DE OLIVEIRA

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS EM ÁREAS DE RISCO SOCIOAMBIENTAL E AÇÕES DE DEFESA CIVIL: ANÁLISE DO BAIRRO GAMBOA DO BRACUÍ – ANGRA DOS REIS/RJ – BRASIL

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

Orientador:

Professor Wanderson Luiz Silva, D.Sc.

Niterói

2020

MAYKON DA SILVA DE OLIVEIRA

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS EM ÁREAS DE RISCO SOCIOAMBIENTAL E AÇÕES DE DEFESA CIVIL: ANÁLISE DO BAIRRO GAMBOA DO BRACUÍ – ANGRA DOS REIS/RJ – BRASIL

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

Banca Examinadora:

_____

Professor Wanderson Luiz Silva, D.Sc.

Universidade Federal Fluminense (UFF)

_____

Professor Reiner Olíbano Rosas, D.Sc.

Universidade Federal Fluminense (UFF)

_____

Professor Antonio Carlos da Silva Oscar Júnior, D.Sc.

Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

Niterói

2020

*"**O risco é assumido, vivido, recusado; ele é estimado, avaliado, calculado**."*

Yvette Veyret

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por manter minha estrada sempre iluminada;

À minha amada Amanda pela compreensão de minha ausência em longas jornadas;

Aos meus pais, e irmãos que com carinho me fortalecem para seguir novos caminhos;

Aos amigos da Defesa Civil pela amizade sincera e pelo incentivo à capacitação;

À Universidade Federal Fluminense pela qualidade do ensino e dos professores;

Ao meu orientador pela excelência da qualidade técnica de como me conduziu.

RESUMO

Através de uma abordagem integrada de todo o meio físico, o geoprocessamento associado aos aspectos sociais, econômicos e políticos pode ser adotado como ferramenta para localizar áreas críticas. Nessas regiões, esforços são concentrados visando à manutenção e/ou recuperação de áreas degradadas, bem como a prevenção de desastres e assistência à vida da sociedade que habita o espaço. O objetivo dessa dissertação foi identificar e analisar as fragilidades ambientais da comunidade Gamboa do Bracuí, localizada no município de Angra dos Reis, no Estado do Rio de Janeiro. Assim, nessa pesquisa identificou-se as vulnerabilidades inseridas ao risco através do geoprocessamento. O ambiente é complexo e o planejamento urbano é estrategicamente uma ferramenta essencial, econômica e sustentável. Foram produzidos e analisados mapas temáticos de pedologia, geomorfologia, geologia, vegetação, hipsometria, hidrografia, rede triangular irregular, declividade e carta de suscetibilidade de erosão nos limites pertinentes à área de estudo, além das informações climáticas. Por meio dos mapas foram avaliados diversos aspectos do bairro que levaram a corroborar a ação da Defesa Civil de interditar a área e a concluir tecnicamente que a localidade deve permanecer monitorada devido à presente fragilidade ambiental. O geoprocessamento, além de ter sido primordial para a geolocalização das vulnerabilidades e, principalmente, à identificação das características físicas locais, mostrou-se estar integrado com o adequado conhecimento dos acumulados pluviométricos locais, para assim mitigar os efeitos da principal ameaça da região. Para tornar isso viável aos órgãos competentes, elaborou-se também uma caracterização dos volumes de chuva em Angra dos Reis e uma análise de eventos extremos ocorridos no município. Verificou-se que eventos com significativos totais pluviométricos em curto período ocorrem praticamente todos os anos em Angra dos Reis. Entende-se que é extremamente difícil evitar um desastre natural, mas é possível mitigá-lo e reduzir seus danos se cada membro da comunidade realizar a sua parte, minimizando assim os impactos e prejuízos.

Palavras-chave: erosão, fragilidade ambiental, geoprocessamento, precipitação, vulnerabilidades

ABSTRACT

Through an integrated approach to the entire physical environment, geoprocessing associated with social, economic and political aspects can be adopted as a tool to locate critical areas. In these regions, efforts are concentrated with a view to maintaining and / or recovering degraded areas, as well as preventing disasters and assisting the life of the society that inhabits the space. The objective of this dissertation was to identify and analyze the environmental weaknesses of the Gamboa do Bracuí community, located in the municipality of Angra dos Reis, in the State of Rio de Janeiro. Thus, in this research, the vulnerabilities inserted in the risk were identified through geoprocessing. The environment is complex and urban planning is strategically an essential, economical and sustainable tool. Thematic maps of pedology, geomorphology, geology, vegetation, hypsometry, hydrography, irregular triangular network, slope and erosion susceptibility chart within the limits relevant to the study area were produced and analyzed, in addition to climatic information. Through the maps, several aspects of the neighborhood were evaluated, which led to corroborate the Civil Defense action to interdict the area and to technically conclude that the location must remain monitored due to the present environmental fragility. Geoprocessing, in addition to being essential for the geolocation of vulnerabilities and, mainly, for the identification of local physical characteristics, proved to be integrated with the adequate knowledge of the local rainfall accumulated, in order to mitigate the effects of the main threat in the region. In order to make this feasible for the competent bodies, a characterization of the rainfall volumes in Angra dos Reis and an analysis of extreme events that occurred in the municipality were also elaborated. It was found that events with significant rainfall in a short period occur practically every year in Angra dos Reis. It is understood that it is extremely difficult to avoid a natural disaster, but it is possible to mitigate and reduce its damage if each member of the community does its part, thus minimizing impacts and losses.

Keywords: erosion, environmental fragility, geoprocessing, precipitation, vulnerabilities

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização do bairro Gamboa do Bracuí na cidade de Angra dos Reis – RJ 3
Figura 2 – Componentes de um Sistema de Informações Geográficas – SIG (Fonte: Eastman,1997). 5
Figura 3 – Arquitetura de um Sistema de Informações Geográficas – SIG (Fonte: INPE, 2006). 6
Figura 4 – Uso e cobertura do solo do município de Angra dos Reis (Fonte: Observa Angra, 2019). 7
Figura 5 – Relação entre risco, ameaça e vulnerabilidade (Fonte: Castro, 1999). 8
Figura 6 – Deslizamento de terra no Morro da Boa Esperança na cidade de Niterói – RJ em novembro de 2018 (Fonte: José Lucena/Futura Press, 2018). 10
Figura 7 – Alagamento na Marginal Tietê em São Paulo – SP (Fonte: Reprodução/TV Globo, 2019)**.** 10
Figura 8 – Inundação no Parque Mambucaba em Angra dos Reis – RJ (Fonte: SEPDEC, 2010). 11
Figura 9 – Reportagem sobre o deslizamento de encostas na Ilha Grande (Fonte: Jornal O Globo, 2010). 12
Figura 10 – Escarpa da Serra da Bocaina e a Baía de Ilha Grande na cidade de Angra dos Reis – RJ (Fonte: Arquivo Pessoal, 2018). 13
Figura 11 – Processo erosivo em encosta no bairro Gamboa do Bracuí em Angra dos Reis – RJ (Fonte: SEPDEC, 2013). 14
Figura 12 – Bairros da cidade de Angra dos Reis (RJ) afetados por deslizamentos e alagamentos em 2013 (Fonte: SEPDEC, 2013)..... 16
Figura 13 – Áreas de risco instaladas no bairro Gamboa do Bracuí na cidade de Angra dos Reis – RJ (Fonte: SEPDEC, 2018). 19
Figura 14 – Bairro Gamboa do Bracuí (Angra dos Reis – RJ) delimitado em amarelo (Fonte: Google Earth, 2018). 21
Figura 15 – Fluxograma das etapas experimentais do geoprocessamento na área de estudo. 22
Figura 16 – Córrego Gamboa a montante da Rua João Marinho, no bairro Gamboa do Bracuí (Angra dos Reis – RJ) (Fonte: Arquivo Pessoal, 2019). 23
Figura 17 – Galeria fluvial abaixo da BR-101, no bairro Gamboa do Bracuí (Angra dos Reis – RJ). (Fonte: Arquivo Pessoal, 2019). 24
Figura 18 – Interface do ArcGIS (Fonte: Arquivo Pessoal, 2019). 25
Figura 19 – Visualização geométrica de um TIN. 26
Figura 20 – Construções irregulares e cicatrizes de movimento de massa no bairro Gamboa do Bracuí (Fonte: SEPDEC, 2018). 28
Figura 21 – Edificação em área interditada no bairro Gamboa do Bracuí (Fonte: SEPDEC, 2018). 29
Figura 22 – Mapa de Área de Risco do bairro Gamboa do Bracuí. (Fonte: SEPDEC, 2020). 30
Figura 23 – Mapa de Geologia do bairro Gamboa do Bracuí. 32
Figura 24 – Mapa de Geologia do bairro Gamboa do Bracuí. 33
Figura 25 – Mapa de Vegetação do bairro Gamboa do Bracuí. 34

Figura 26 – Mapa Hipsométrico e Hidrografia do bairro Gamboa do Bracuí. 35
Figura 27 – Mapa de Declividade do bairro Gamboa do Bracuí. 36
Figura 28 – Carta de Potencial de Erosão de área interditada do bairro Gamboa do Bracuí. . 37
Figura 29 – Acumulados pluviométricos médios mensais na cidade de Angra dos Reis (RJ) para o período de 1998 a 2017..... 39
Figura 30 – Maiores volumes de chuva em 1 dia na cidade de Angra dos Reis (RJ) entre os anos de 1998 e 2017. 39
Figura 31 – Maiores volumes de chuva em 5 dias consecutivos na cidade de Angra dos Reis (RJ) entre os anos de 1998 e 2017. 40
Figura 32 – Acumulados diários de precipitação entre os dias 29/12/2009 e 03/01/2010 na cidade de Angra dos Reis (RJ). 41
Figura 33 – Deslizamento na Enseada do Bananal– Angra dos Reis/RJ em janeiro de 2010 (Fonte: Gazeta do Povo, 2010). 42
Figura 34 – Imagens de satélite sobre a região Sudeste do Brasil na noite do dia 31/12/2009. 43
Figura 35 – Imagens de satélite sobre a região Sudeste do Brasil na manhã do dia 01/01/2010. 43
Figura 36 – Acumulados diários de precipitação entre os dias 01/01/2013 e 06/01/2013 na cidade de Angra dos Reis (RJ). 44
Figura 37 – Imóveis destruídos por movimento de massa em Angra dos Reis – RJ durante as fortes chuvas de janeiro de 2013 (Fonte: SEPDEC, 2013). 45
Figura 38 – Imagem de satélite sobre a região Sudeste do Brasil na noite do dia 03/01/2013. 46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Indicadores de extremos de precipitação avaliados nesse estudo..... 27

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

APP	Área de Preservação Permanente
AVADAN	Avaliação de Danos
CONPDEC	Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
ESRI	*Environmental Systems Research Institute*
GIS	*Geographic Information System*
GPS	*Global Positioning System*
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MDE	Modelo Digital de Elevação
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
TIN	*Triangulated Irregular Network*
PNPDEC	Política Nacional de Proteção e Defesa Civil
SEPDEC	Secretaria Executiva de Proteção e Defesa Civil
SINPDEC	Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil
SRTM	*Shuttle Radar Topography Mission*
USGS	*United States Geological Survey*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 4

2.1 Geoprocessamento 4

2.2 Uso do Solo 6

2.3 Áreas de Risco no Brasil 8

2.4 Áreas de Risco em Angra dos Reis (RJ) 11

2.5 Histórico da Defesa Civil Municipal de Angra dos Reis 17

2.6 Áreas de Risco no bairro Gamboa do Bracuí 18

3 METODOLOGIA 20

3.1 Área de Estudo 20

3.2 Análise do Geoprocessamento 21

3.3 Análise da Precipitação em Angra dos Reis 26

4 RESULTADOS 28

4.1 Análise Espacial da Área de Estudo 28

4.2 Avaliação da Área de Estudo por Geoprocessamento 31

4.3 Caracterização da Ameaça (Extremos de Precipitação) 38

4.4 Análises de Casos de Chuvas Extremas 40

5 CONCLUSÕES 47

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 49

1 INTRODUÇÃO

As áreas montanhosas na interface entre a floresta e o meio urbano são reconhecidas pela associação com movimentos gravitacionais, porém esses eventos podem assumir uma dimensão catastrófica quando relacionados aos riscos promovidos pelo uso e ocupação dos centros urbanos (COELHO NETTO, 2005). Assim, a ocupação desordenada das cidades tem gerado constantes desastres ambientais, provocando perdas materiais e humanas. Os desastres naturais são causados por fenômenos de origem hidrometeorológica, climatológica, geofísica ou biológica que degradam o ambiente natural e o espaço construído nas regiões afetadas, ocasionando prejuízos materiais e vítimas a níveis que excedem a capacidade de autorrecuperação da comunidade local, exigindo recursos da assistência externa (ALCÁNTARA-AYALA, 2002).

Áreas proibidas à construção pela legislação, ainda assim são edificadas. Dessa forma, a ocupação imprime padrões de intervenções totalmente incompatíveis com as condições naturais. Neste contexto, a pressão exercida pela expansão urbana vem resultando num processo de ocupação desordenada e irregular, restringindo a sustentabilidade e proteção ambiental.

Várias cidades do Brasil apresentam condições urbanísticas precárias, principalmente em relação à ocupações em áreas de encostas e margens de rios, tornando-as vulneráveis a eventos naturais de grandes impactos. Dentre esses municípios está Angra dos Reis, no Estado do Rio de Janeiro, o qual apresenta esta realidade de apropriações irregulares associadas às condições geológicas e geotécnicas, além de acentuada frequência de eventos de chuvas extremas.

No *réveillon* de 2009 para 2010, 54 pessoas morreram na cidade de Angra dos Reis por conta de deslizamentos de terras que atingiram a Ilha Grande e o Morro da Carioca, na porção continental. No Formulário de Avaliação de Danos (AVADAN), a Gerência de Engenharia aponta que 61 bairros sofreram com escorregamentos ou deslizamentos, enxurradas ou inundações bruscas. Os acumulados pluviométricos desse curto período são equivalentes à média climatológica do mês de dezembro em todo o município.

Além dos aspectos fisiográficos associados à cidade de Angra dos Reis, somam-se tais episódios de chuvas severas que ocorrem especialmente no decorrer dos meses de outubro a abril. As características climáticas representadas pelo elevado acumulado pluviométrico anual, agravadas pelo regime de chuvas intensas no período de verão, condicionam o agravamento das

fragilidades naturais dos terrenos e das suscetibilidades dos mesmos aos processos dinâmicos de encosta e de baixada.

Considerando o nível de detalhamento fornecido pelo trabalho de campo realizado pela Defesa Civil Municipal de Angra dos Reis, a consistência das informações apresentadas com o superdimensionamento dos parâmetros que avaliam a ocorrência de eventos de escorregamentos em áreas de encosta em situações de chuva intensa e/ou prolongada, além da dinâmica do cenário, faz-se necessário atualizar o mapa do local de estudo, assim como identificar, analisar e avaliar vulnerabilidades para mitigar os possíveis impactos das ameaças. Nota-se que a falta de infraestrutura e planejamento urbano vem causando grande pressão tanto no espaço urbano quanto no meio físico, ecológico e biológico. Dessa maneira, é possível perceber a crescente necessidade de adoção de novas tecnologias que sirvam de base para o planejamento e gestão de áreas irregularmente ocupadas.

Dentro desse contexto, o geoprocessamento, por permitir um tratamento integrado de todo o meio físico, relacionando-o às perspectivas sociais, econômicas e políticas, pode ser aplicado como instrumento para localizar áreas críticas, centralizando esforços que visem à manutenção e/ou restauração de áreas deterioradas, bem como a mitigação de desastres e assistência à vida da sociedade que habita o espaço. Diante disso, antecipa-se o valor potencial das informações georreferenciadas advindas da utilização das geotecnologias empregadas para avaliar as áreas de riscos ambientais e analisar os aspectos físicos da região de Angra dos Reis, no Estado do Rio de Janeiro. Dessa forma, torna-se possível aumentar ainda mais a eficiência nas ações de proteção e defesa civil com a utilização de todas essas ferramentas tecnológicas.

Desse modo, o objetivo principal desta dissertação é identificar e analisar as fragilidades ambientais especificamente do bairro Gamboa do Bracuí, na coordenada geográfica 22°56'20" S e 44°24'58" O, no município de Angra dos Reis, no Estado do Rio de Janeiro (Figura 1), haja visto pretéritos processos de movimento de massa no ano de 2010 e recorrências em 2013, visando avaliar a aplicabilidade de técnicas de geoprocessamento nessa e em outras áreas de risco da cidade e do Estado. O bairro possui riscos remanescentes em função dos condicionantes geológico-geomorfológicos e indícios de instabilidade que ocasionaram a interdição da área pela Defesa Civil Municipal. O fato de o bairro estar localizado à margem da rodovia ali existente e apresentar pouco aglomerado subnormal (somente algumas dezenas de residências), desfere uma certa facilidade de acesso ao local que viabiliza a realização desse estudo.

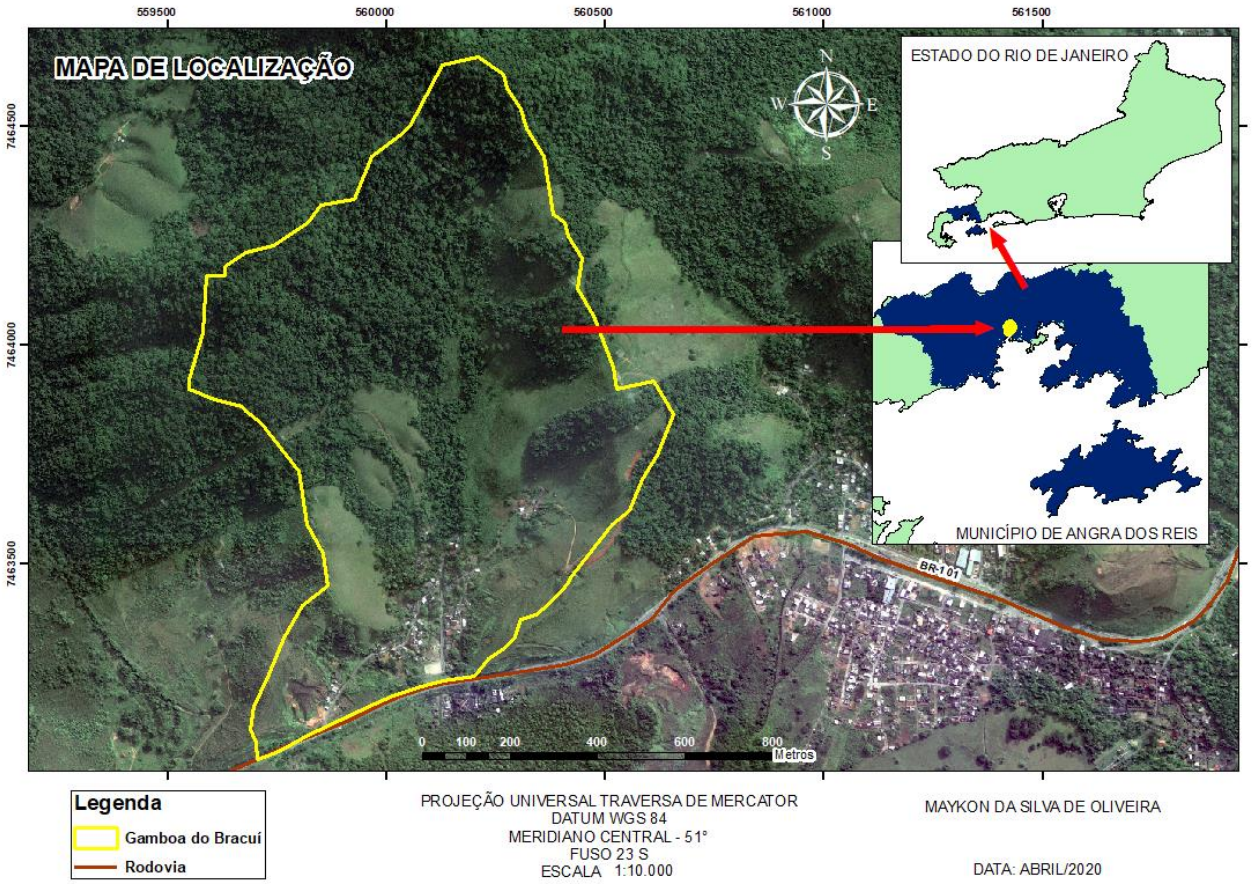

Figura 1 – Mapa de localização do bairro Gamboa do Bracuí na cidade de Angra dos Reis – RJ.

No Capítulo 2, apresenta-se a revisão bibliográfica dessa dissertação com os referenciais teóricos e outras pesquisas relevantes para a análise da área, além da importância do uso das geotecnologias e um breve histórico da Defesa Civil de Angra dos Reis (RJ).

No Capítulo 3, a metodologia desse estudo é apresentada por meio da análise dos dados coletados e informações obtidas pelo geoprocessamento para identificar os riscos locais, além do tratamento dos dados de precipitação que são analisados.

No Capítulo 4, os resultados dessa pesquisa mostram as ameaças e as vulnerabilidades compreendidas pelas encostas com alta suscetibilidade à erosão, especialmente diante de eventos de chuvas intensas.

No Capítulo 5, revelam-se as conclusões desse trabalho com a síntese das fragilidades ambientais no bairro Gamboa do Bracuí e ações necessárias para mitigar desastres futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O conhecimento sobre o uso e a ocupação da terra é essencial como auxílio à organização, controle e fiscalização de seus limites. Logo, estudos de caracterização e monitoramento do meio a fim de oferecer suporte à execução de ações de reestruturação de áreas ocupadas sem o devido planejamento pelos órgãos públicos, aliado ao geoprocessamento, podem mitigar desastres na área em questão. Além de auxiliar na definição de parâmetros teóricos para a construção da pesquisa, este capítulo tem como finalidade apresentar os mecanismos para comparação dos fenômenos e consequências dos desastres, a fim de minimizar seus impactos à população.

2.1 Geoprocessamento

O geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de tecnologias voltadas à coleta e ao tratamento de informações espaciais para um objetivo específico. É considerado para Silva e Zaidan (2004) uma tecnologia, isto é, um conjunto de conceitos, métodos e técnicas erigido em torno de um instrumental tornado disponível pela engenhosidade humana. Saito et al. (2011) afirmam que essa ferramenta possibilita que uma equipe multidisciplinar possa utilizá-la não somente na resposta a um evento adverso, mas também em todas as demais fases da gestão, como recuperação, prevenção e redução de riscos.

Além disso, o geoprocessamento envolve um sistema destinado ao processamento de dados referenciados geograficamente (ou georreferenciados), desde a sua coleta até a geração de saídas na forma de mapas convencionais, relatórios, arquivos digitais, entre outros, devendo prever recursos para sua estocagem, gerenciamento, manipulação e análise (INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2006). Estes sistemas são denominados como Sistemas de Informação Geográfica (SIG), ou *Geographic Information System (GIS*), um conjunto computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados georreferenciados (ARONOFF, 1989).

O SIG processa dados gráficos e não gráficos com ênfase em análises espaciais e modelagens de superfícies, e são constituídos por uma série de programas e processos de análises, cuja característica principal é focalizar o relacionamento de determinado fenômeno da realidade com sua localização espacial (TEIXEIRA et al., 1992). Segundo Saito et al. (2011), tal procedimento é de extrema valia, por exemplo, para a Defesa Civil que durante um evento

adverso, na maior parte dos casos, ainda trabalha com listas de municípios afetados, sem a espacialização dos mesmos.

Embora se pense no SIG como um elemento único de *software*, ele possui como característica principal a composição de uma variedade de diferentes componentes (EASTMAN, 1997). Na Figura 2 são apresentados alguns dos componentes que devem obrigatoriamente estar presentes para que seja considerado um SIG.

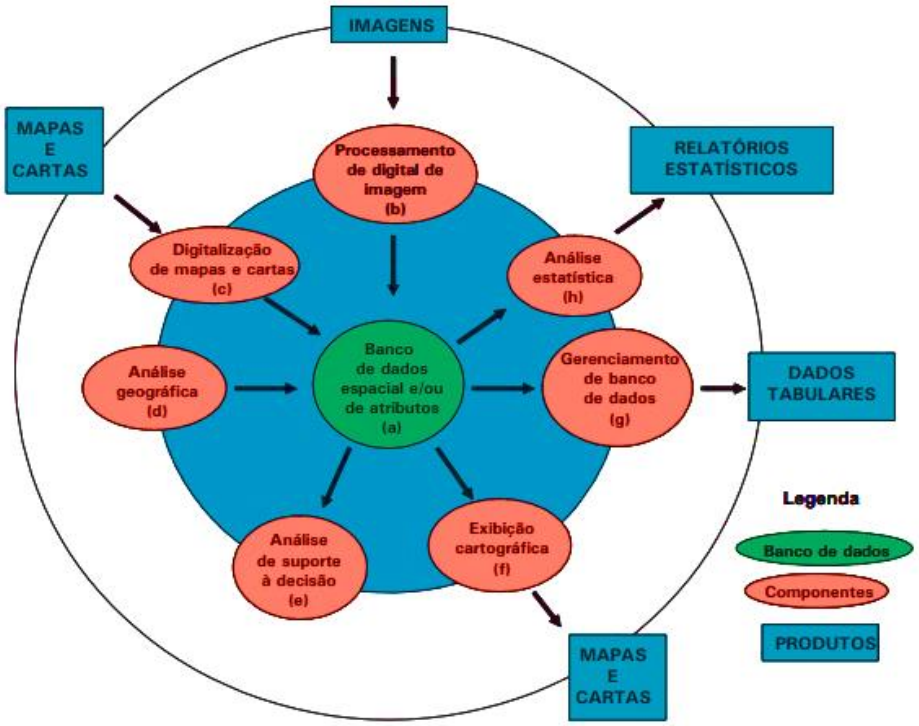

Figura 2 – Componentes de um Sistema de Informações Geográficas – SIG (Fonte: Eastman,1997).

De acordo com o INPE (2006), um SIG deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída). No nível mais interno do sistema, um sistema de gerência de bancos de dados geográficos oferece armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos, assim como apresentado na Figura 3.

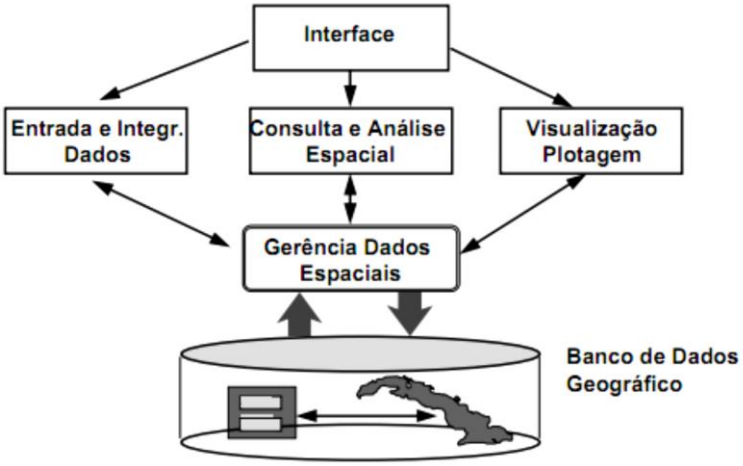

Figura 3 – Arquitetura de um Sistema de Informações Geográficas – SIG (Fonte: INPE, 2006).

Muito comumente, o geoprocessamento é confundido com o SIG. O geoprocessamento é mais abrangente e representa qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados, enquanto que um SIG processa dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) com ênfase em análises espaciais e modelagens de superfícies (BURROUGH, 1986).

2.2 Uso do Solo

A crescente urbanização dos ambientes rurais vem transformando o meio de forma que não se possa retroagir na mudança da paisagem. Guerra & Mendonça (2005) afirmam que a intervenção humana sobre o relevo terrestre resulta na ocupação e na transformação da paisagem. Dependendo do tipo desta intervenção, das práticas conservacionistas utilizadas e dos riscos geomorfológicos envolvidos, os impactos ambientais poderão causar grandes prejuízos ao meio físico e à sociedade.

O acompanhamento e a avaliação dos impactos do uso do solo sobre os ambientes naturais são fundamentais para o planejamento ideal de áreas afetadas. Segundo Feltran-Filho *et al.* (1989), o uso do solo nada mais é que a forma de como o solo está sendo manuseado pelo homem, conforme ilustrado na Figura 4 para a cidade de Angra dos Reis (RJ).

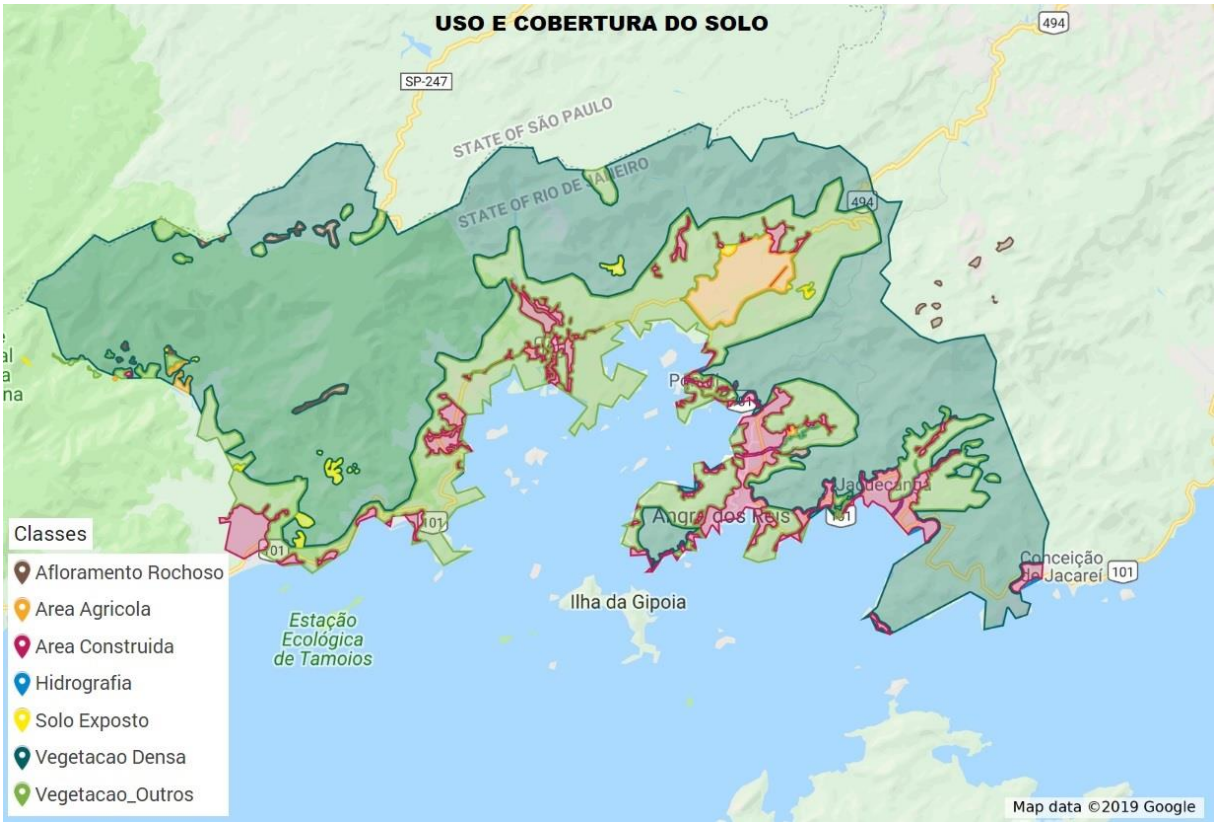

Figura 4 – Uso e cobertura do solo do município de Angra dos Reis (Fonte: Observa Angra, 2019).

Assim pode-se afirmar que o uso do solo caracteriza uma região conforme as categorias em evidências ali presentes. Essas categorias constituídas pelo uso do solo, tipo de vegetação, tipo de rocha, área construída e área agrícola são determinísticas para se ter conhecimento de problemas ou na busca de solução para problemas gerados. Esse uso pode provocar alguns danos ao meio ambiente, como erosão intensa, inundações, assoreamento dos reservatórios e alterações nos cursos d'água.

Para Campos *et al.* (2004), o geoprocessamento constitui uma técnica fundamental para a manutenção de registros do uso da terra ao longo do tempo. As imagens de satélite são muito importantes e úteis, pois permitem avaliar as mudanças ocorridas na paisagem de uma região e num dado período, registrando a cobertura vegetal em cada momento.

Portanto, verifica-se que o reconhecimento dos solos é fundamental para o planejamento do uso da terra de maneira que solos não-edificantes permaneçam sem a ocupação do homem. Para Bordin et al. (2013), a disseminação do emprego do geoprocessamento no planejamento local e regional se faz necessário em virtude das especificidades de cada território.

2.3 Áreas de Risco no Brasil

Castro (1999) registra como conceito de risco a medida de danos e prejuízos potenciais, expressa nos termos de probabilidade estatística de ocorrência e intensidade ou grandeza das consequências possíveis. O risco de desastre é atrelado aos componentes ameaça e vulnerabilidade. Contudo, a ameaça, pode ser associada erroneamente ao risco, mas para Tobin e Montz (1997), ameaça é uma situação potencialmente prejudicial enquanto o desastre é a sua materialização. A vulnerabilidade pode ser entendida como a suscetibilidade, por parte do ser humano, a um perigo ou dano (BRAGA et al., 2006). Logo, entende-se que a vulnerabilidade representa um conjunto de fatores que pode diminuir ou aumentar o risco no qual o ser humano está exposto nas diversas situações da sua vida. Por exemplo, o risco de um deslizamento de encosta depende principalmente da precipitação como ameaça e da vulnerabilidade da área, como a localização de moradias e a situação geológica. Esta definição é representada pela Figura 5, onde apresenta-se a relação existente entre ameaça, vulnerabilidade e risco.

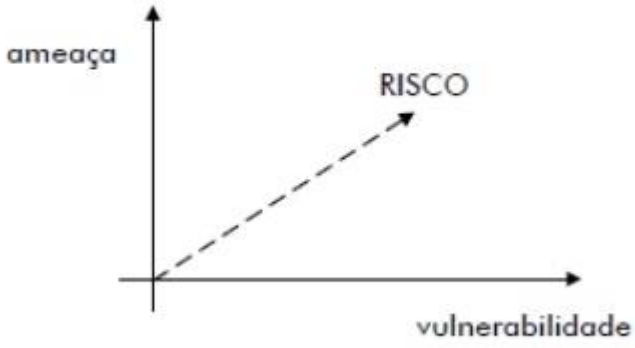

Figura 5 – Relação entre risco, ameaça e vulnerabilidade (Fonte: Castro, 1999).

A Lei Nº 12.608, de 10/04/2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC, dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil – CONPDEC. Além disso, essa Lei também autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres. O Governo Federal instituirá cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos.

Com esta Lei, os municípios cadastrados devem elaborar suas respectivas cartas geotécnicas de aptidão à urbanização, estabelecendo diretrizes urbanísticas voltadas para a

segurança dos novos parcelamentos do solo e para o aproveitamento de agregados para a construção civil. Segundo Barbosa et al. (2011), faz-se necessário a adoção de novas tecnologias que sirvam de base para o planejamento e gestão de áreas irregularmente ocupadas. As geotecnologias são uma das principais ferramentas que possibilitam a coleta, armazenamento e análise de grande quantidade de dados, que devido à complexidade dos desastres naturais, seriam praticamente inviáveis de serem tratados utilizando os tradicionais métodos analógicos.

Conforme Kobiyama et al. (2004), os desastres naturais são frequentes em nossas sociedades. Dessa maneira, podemos afirmar que a população brasileira convive com desastres naturais e que precisamos procurar a melhor maneira de coexistir com tais catástrofes. Um dos instrumentos de análise de risco mais eficiente é o mapeamento de áreas de risco. Através desse mapeamento, pode-se elaborar medidas preventivas às situações de emergência quando necessário. Para Silva (2019), sem o devido planejamento, a urbanização brasileira não foi acompanhada de obras estruturais compatíveis com as características naturais e com a velocidade das transformações socioeconômicas.

Em várias localidades, as enchentes e os deslizamentos de terra representam um desafio constante para diversas comunidades brasileiras, em especial para as pessoas de baixa renda. Os deslizamentos de terra consistem num processo de desgaste dos solos, onde as áreas com declividade sofrem a ação da força das águas das chuvas.

O conhecimento dos tipos de deslizamentos e suas causas é de suma necessidade para mitigar danos. Conforme Fernandes e Amaral (1996), os escorregamentos estão associados a movimentos rápidos, de curta duração e com marcante plano de ruptura, viabilizando assim a diferenciação entre o material movimentado e aquele não deslizado. Segundo Guidicini e Nieble (1984), os escorregamentos são divididos em três categorias em função da geometria e da natureza dos materiais: escorregamentos rotacionais ou circulares (superfície de ruptura arredondada), escorregamentos translacionais ou planares (superfície de ruptura com aspecto planar) e escorregamentos em cunha (relevos controlados por estruturas geológicas).

Como um exemplo marcante e recente de escorregamento de massa pode ser mencionado o deslizamento ocorrido em novembro de 2018 no Morro da Boa Esperança, na região oceânica da cidade de Niterói (RJ), quando o resvalo de terra e pedras sobre algumas residências (Figura 6) deixou 14 (quatorze) vítimas fatais. Algumas das casas atingidas pelo deslizamento já estavam interditadas pela Defesa Civil há cerca de um ano e o município já se encontrava em estágio de atenção por dois dias em função de acentuados acumulados pluviométricos, mas seus proprietários se recusavam a deixá-las.

Figura 6 – Deslizamento de terra no Morro da Boa Esperança na cidade de Niterói – RJ em novembro de 2018 (Fonte: José Lucena/Futura Press, 2018).

A interferência humana sobre os cursos d'água são capazes de provocar enchentes e inundações (Figura 7). Em casos extremos, porém menos comuns, tais situações podem estar relacionadas com rompimentos de diques e barragens, o que pode causar sérios danos à sociedade. Contudo, na grande maioria das vezes, essa questão está ligada ao mau uso do espaço urbano (PENA, 2019). Tucci (1993) afirma que as enchentes acontecem quando ocorre uma precipitação intensa (elevados acumulados em curto período) e o total de água que chega simultaneamente ao rio é superior à sua capacidade de drenagem, resultando em inundações das áreas ribeirinhas.

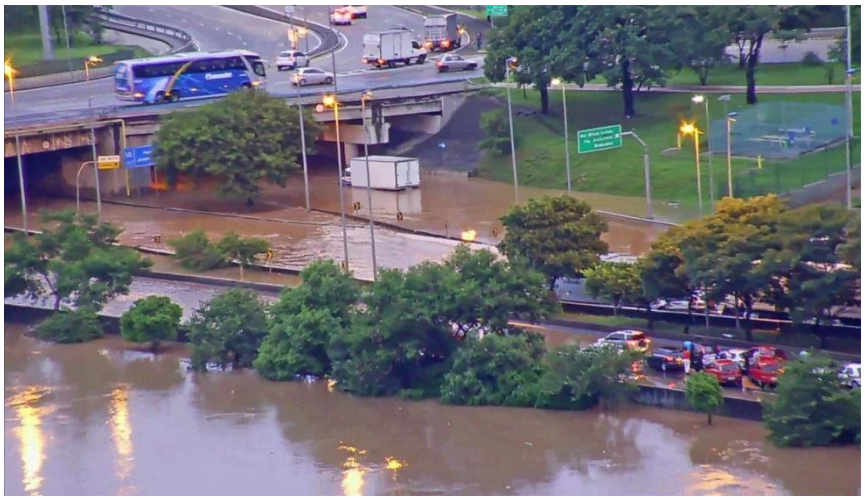

Figura 7 – Alagamento na Marginal Tietê em São Paulo – SP (Fonte: Reprodução/TV Globo, 2019)**.**

2.4 Áreas de Risco em Angra dos Reis (RJ)

O município de Angra dos Reis, localizado na Costa Verde do Estado do Rio de Janeiro (RJ), apresenta-se com belos atrativos naturais no cenário turístico nacional. Através da implantação do Estaleiro Verolme, em 1959, iniciou-se uma nova reestruturação do espaço na cidade. Em 1982, após longo período de construção, teve início a operação comercial da Usina Nuclear Angra 1. Assim, estes vetores supracitados podem-se considerar como maiores responsáveis pela ocupação desordenada do local.

A maior parte da cidade de Angra dos Reis é cercada por acentuado relevo (morros), o que vem contribuindo para que os moradores se aloquem nas encostas ou no fundo dos vales, aumentando desse modo o risco para os mesmos. De acordo com os dados do Censo 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), Angra dos Reis possui 37 favelas e ocupa a 3ª posição no ranking estadual e a 33ª posição no ranking nacional de moradias em aglomerados subnormais.

Estudos mostram que especialmente fenômenos meteorológicos podem desempenhar o papel de um "gatilho" para o desencadeamento de desastres naturais como deslizamentos e inundações no município (Figura 8), juntamente com os processos de degradação do ambiente (HORTA,2018). Para Milanez e Fonseca (2011), as mudanças climáticas vigentes atuam como multiplicadores das ameaças, pois aumentam a intensidade e a frequência de eventos extremos, exacerbando as vulnerabilidades existentes e alterando a distribuição e o fornecimento de recursos.

Figura 8 – Inundação no Parque Mambucaba em Angra dos Reis – RJ (Fonte: SEPDEC, 2010).

Em 2002, por exemplo, uma enxurrada no bairro Areal destruiu 70 casas e fez 40 vítimas fatais. No início de 2010, ocorreram 53 mortes por deslizamentos em diversas encostas do município de Angra dos Reis, principalmente na Ilha Grande (Figura 9), em decorrência de expressivos totais de chuva acumulados em um curto período.

RIO

LUTO NO RÉVEILLON

Felipe Dana / AP

A ENCOSTA QUE DESCEU sobre a Pousada Sankay e casas vizinhas, na Enseada do Bananal em Ilha Grande, onde pelo menos 19 pessoas morreram. Ficaram feridas 59 pessoas em Angra dos Reis, oito em estado grave

Tragédia, agora, no paraíso

Deslizamentos em Angra matam 30, elevando o número de mortes no estado para 51 em 48h

Isabel de Araújo, Melina Amaral e Elenilce Bottari

Pelo menos 30 pessoas morreram ontem em razão de deslizamentos de terra em Angra dos Reis, elevando para 51 o número de mortes no estado em consequência das chuvas que castigam o Rio desde a noite de quarta-feira. A queda de uma barreira na madrugada soterrou parte da Pousada Sankay e mais cinco casas na Enseada do Bananal, na Ilha Grande, matando, pelo menos, 19 pessoas. A estimativa é de que o número de mortos na Ilha chegue a 50. Também houve deslizamento de terra no Morro da Carioca, no Centro de Angra, que soterrou seis casas e matou, pelo menos, 11 pessoas. Foram atendidos no hospital da cidade 59 feridos. Oito deles, em estado grave, tiveram de ser operados.

O prefeito de Angra, Tuca Jordão, decretou estado de calamidade pública no município e luto oficial de três dias. A tradicional procissão marítima do primeiro dia do ano foi cancelada por causa da tragédia. Os serviços de luz, água e telefonia entraram em colapso. Foram contabilizados 30 grandes deslizamentos e registradas 200 ocorrências. Até a tarde de ontem, 800 pessoas estavam desalojadas e 30 casas teriam sido completamente destruídas. Outras cem casas foram interditadas. Em Perequê, na divisa com Paraty, houve uma inundação que deixou 634 moradores desalojados.

Mãe viu família ser engolida pela lama

• O deslizamento da encosta no Morro da Carioca ocorreu às 2h15m. Segundo o comandante do Corpo de Bombeiros de Angra, Jerri Andrade, seis casas foram soterradas e 11 cor-

Custódio Coimbra

O MORRO DA CARIOCA, que fica no Centro de Angra dos Reis, desceu, soterrando seis casas. Bombeiros já conseguiram retirar os corpos de 11 pessoas

Custódio Coimbra

BOMBEIROS RETIRAM um corpo encontrado na Enseada do Bananal, em Ilha Grande. A expectativa é de que o número de mortos na ilha chegue a 50

lho e minha avó na cama ao lado, quando começamos a ouvir uma movimentação estranha do lado de

Desde os primeiros momentos, moradores de outros pontos vieram em socorro às vítimas. Foi o caso do

veio mais uma avalanche e carregou alguns dos voluntários.

Já na paradisíaca Enseada do Ba-

trondos fortes, mas não conseguíamos ver o que estava acontecendo. Estava muito escuro. Chovia forte e a água chegou a invadir nossa pousada. De repente, vimos pessoas no mar e fomos resgatá-las. Eram alguns hóspedes da pousada.

Os sobreviventes foram levados para a Pousada do Preto, que fica próxima. Entre eles, estavam os proprietários da Sankay Sônia Faraci Imanishi e Geraldo Faraci. Inconformados, eles buscavam a filha Iumi, de 18 anos, levada pela avalanche.

— Nós não vamos sair daqui. Ainda temos a esperança de encontrá-la — afirmou Sônia a um outro sobrevivente, pouco antes da confirmação da morte da jovem.

Das 65 pessoas que estavam na pousada no momento da tragédia, 62 conseguiram escapar. Além de Iumi, morreu um casal de estudantes que era amigo dela. Até ontem, tinham sido resgatados 19 corpos no Bananal, a maioria de veranistas. A maior parte das vítimas estava nas casas no entorno da pousada. Segundo as primeiras informações, dois grupos de turistas, um de Ilhéus, na Bahia, e outro de São Paulo, estariam entre as vítimas.

Jorge Aloy da Cruz contou que é morador do local e chegou a tentar salvar as vítimas:

— Corremos para ajudar, mas só conseguimos pegar duas ou três pessoas. Outras foram arrastadas. A força da água era muito grande.

Tião Arlindo Pereira, de 62 anos, contou que perdeu nove pessoas:

— Eu estava na casa do meu irmão e saí para ir a uma festinha. Quando voltei, só encontrei meu cunhado vivo — contou Tião.

Vando Pereira disse que, pela manhã, ligaram para sua casa e avisaram sobre o desabamento:

— Quando cheguei aqui, vi que não tinha mais jeito. Perdi três primos, um tio e alguns amigos. É uma sensação desesperadora.

Figura 9 – Reportagem sobre o deslizamento de encostas na Ilha Grande (Fonte: Jornal O Globo, 2010).

A paisagem natural da cidade de Angra dos Reis é explicada pelo fato de grande parte do município estar contemplada pelo domínio geomorfológico da Escarpa da Serra do Mar. Segundo Eirado (2006), esse domínio abrange as escarpas íngremes da Serra da Bocaina (Figura 10), marcada por amplitudes de relevo que variam em torno de 1.000 m, alcançando 1.592 m no Pico do Frade, além de grandes bacias fluviais constituídas por vales estreitos que resultam em expressivo gradiente aos canais distributários.

Figura 10 – Escarpa da Serra da Bocaina e a Baía de Ilha Grande na cidade de Angra dos Reis – RJ (Fonte: Arquivo Pessoal, 2018).

O mapeamento das áreas de risco realizado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2011) identificou 76 áreas de encostas e margens de córregos sujeitas a escorregamentos e a processos de erosão em todo o município, como as localizadas no bairro Gamboa do Bracuí (Figura 11). Estas vistorias caracterizaram as tipologias dos processos ocorrentes e avaliaram a possibilidade de ocorrência de novos eventos nos locais atingidos, além de indícios de instabilidade. Somadas, as áreas compreendem cerca de 36 km², o que corresponde a 4,5% da área total do município de Angra dos Reis.

Figura 11 – Processo erosivo em encosta no bairro Gamboa do Bracuí em Angra dos Reis – RJ (Fonte: SEPDEC, 2013).

O estudo do CPRM englobou a totalidade das áreas vulneráveis do município de Angra dos Reis situadas nos 118 bairros, o que torna esse levantamento completo. O produto final desse trabalho, então elaborado pelo CPRM para uma resposta emergencial no ano de 2011, foi adotado oficialmente pela Prefeitura Municipal de Angra dos Reis como o mapa das áreas de risco. No entanto, cabe ressaltar que, considerando o nível de detalhamento fornecido pelo trabalho de campo realizado, a consistência dessas informações apresentadas com o superdimensionamento dos parâmetros que avaliam a ocorrência de eventos de escorregamentos em áreas de encosta em situações de chuva intensa e/ou prolongada, além da dinâmica do cenário, faz-se necessário uma atualização desse mapa.

As áreas de risco mapeadas foram classificadas como somente grau de risco alto. O grau de risco alto é identificado na carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação do Município de Angra dos Reis (RJ) em escala 1:100.000 (CPRM, 2015), e mostra que a área tem características predominantes como:

• Relevo: relevos montanhosos, alinhamento serranos e escapados, com morros elevados subordinados a colinas dissecadas e morros baixos. Compreende ainda algumas das ilhas costeiras adjacentes ao litoral de Angra dos Reis e Ilha Grande;

• Forma das encostas: retilíneas a côncavas com presença de solo com profundidade abaixo de 2m;

• Amplitudes: médias superiores a 300 m, podendo atingir valores de 600 m nos compartimentos de relevo das escarpas serranas. As cotas máximas observadas nesse compartimento compreendem intervalos em torno de 1.500 m;

• Declividades: variando no intervalo de 17º a 45º, podendo verificar-se com frequência declives superiores a 45º nas escarpas, alinhamentos serranos e domínio montanhoso;

• Litologia: rochas graníticas muitas vezes com grande quantidade de biotita, gnaisses granulíticos e metagabros subordinadamente;

• Densidade de lineamentos/estruturas: alta com expressivo controle estrutural evidenciado pelo lineamento das formas de relevo com direção geral Norte-Sul e Noroeste-Sudeste;

• Solos: solo raso e pouco desenvolvido denominado cambissolos e ainda latossolos subordinados, além da presença de campos de blocos à meia encosta e no topo das formas;

• Processos geodinâmicos: deslizamento, corrida de massa, queda de rocha e desplacamento de lascas.

Nessas áreas foram realizados estudos visando à viabilidade de intervenções estruturais, evacuações e remoções, objetivando a erradicação de ocupações em situações de riscos elevados. Foi constatada uma elevada encosta natural (60º), residências de alvenaria com taludes de corte de 90º sobre tálus e possibilidade de corridas de detritos. Verificou-se que 280 pessoas distribuídas por 70 casas estão em áreas sob condições de risco.

Em 2013, registra-se que 51 bairros (43%) dos 118 bairros já citados pela CPRM previamente como áreas de risco foram afetados por deslizamentos e alagamentos na região (Figura 12).

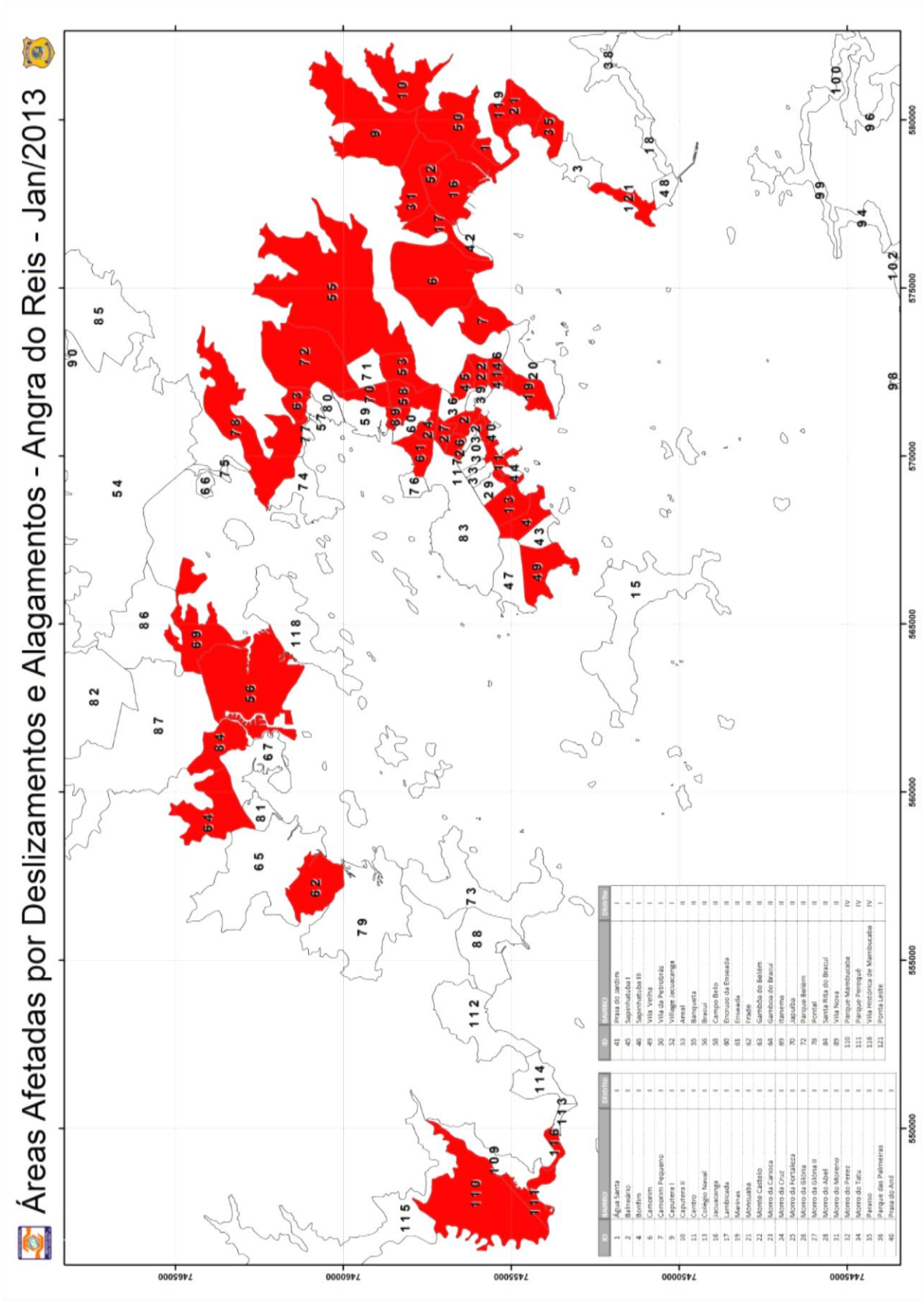

Figura 12 – Bairros da cidade de Angra dos Reis (RJ) afetados por deslizamentos e alagamentos em 2013 (Fonte: SEPDEC, 2013).

2.5 Histórico da Defesa Civil Municipal de Angra dos Reis

Criada em 1980, a Defesa Civil Municipal de Angra dos Reis sempre mostrou muito trabalho, êxito e progresso em relação ao seu objetivo principal de proteção à vida, ao patrimônio e ao meio ambiente da cidade. No ano de 2003, a então Coordenadoria de Defesa Civil foi transformada em Secretaria Municipal de Defesa Civil.

Em virtude da implantação de diversos programas de prevenção, preparação da sociedade, ampliação e modernização de suas instalações, a Secretaria Municipal de Defesa Civil de Angra dos Reis é referência como órgão primordial de atendimento aos munícipios, sendo considerada como um dos melhores organismos municipais de Defesa Civil do Brasil. O ciclo internacional de Defesa Civil é formado por 5 estágios: prevenção, preparação, mitigação, resposta e reconstrução. A Defesa Civil de Angra dos Reis sempre priorizou a primeira fase (prevenção) como principal forma de reduzir os riscos à sociedade. Alguns programas da Defesa Civil de Angra dos Reis devem ser destacados, como o Programa Amigo da Criança, que realiza semanalmente palestras educativas e preventivas nas escolas, abordando temas como meio ambiente, acidentes domésticos, combate à dengue, preservação do patrimônio público, entre outros.

Os Núcleos de Proteção e Defesa Civil (NUPDECs) nas comunidades oferecem à população treinamento em primeiros socorros, combate à princípio de incêndio, salvamento de afogados, além de noções de Defesa Civil, emergência nuclear, meio ambiente e cidadania. A equipe de Defesa Civil é constantemente treinada e capacitada para garantir uma eficiente resposta à população. A Defesa Civil Municipal de Angra dos Reis se estruturou, ampliou e modernizou sua frota terrestre e náutica, fortalecendo a capacidade de atendimento e socorro no continente e em toda Baía da Ilha Grande, oferecendo maior segurança e agilidade no salvamento de vidas em catástrofes e em desastres naturais como os ocorridos em dezembro de 2002 e em janeiro de 2010 na cidade.

Em parceria com o Governo Federal e o Governo Estadual, a Defesa Civil Municipal de Angra dos Reis executou um plano de avaliação que resultou em centenas de interdições e demolições de construções em áreas de risco. Além disso, a Prefeitura Municipal de Angra dos Reis implantou o maior programa habitacional do país, entregando cerca de 1.300 residências a moradores que tiveram suas casas destruídas ou interditadas após os desastres de 2002 e 2010 na cidade. Esse grande esforço coletivo visou devolver e resgatar a dignidade e a autoestima da população atingida.

Entre as maiores conquistas da instituição pode-se destacar o aprimoramento da frota terrestre e náutica por meio de um convênio firmado entre a Defesa Civil e a Eletronuclear. Este recurso é aplicado na aquisição de viaturas, obras, manutenções, entre outros. O último concurso público realizado em 2004 ampliou o quadro funcional da Secretaria Municipal de Defesa Civil com agentes operacionais que hoje estão aptos a garantir a segurança da população. Além disso, houve a ampliação da base operacional com a modernização da gerência de engenharia, que com seus engenheiros, arquitetos e geólogos em parceria com o CPRM e o Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro (DRM-RJ), realizaram mapeamentos das áreas de risco e das características geológicas de todo o município.

Em julho de 2011, a então Secretaria Especial de Defesa Civil e Trânsito de Angra dos Reis transformou-se em autarquia, ampliando assim sua estrutura funcional e possibilitando agilidade nos processos administrativos do órgão. Através da criação da Superintendência de Planejamento e Gerenciamento de Crises, a Defesa Civil estabeleceu o Centro de Gerenciamento de Crises que conta com uma estrutura equipada de última geração para visualização de mapas e imagens de satélites, além de tecnologias de rede e de voz. Esse Centro de Gerenciamento de Crises é destinado a situações de emergência onde as autoridades se reúnem e coordenam as ações diante de eventos adversos.

Em parceria com os principais institutos de Meteorologia do Brasil e do Estado do Rio de Janeiro, a Defesa Civil de Angra dos Reis monitora as condições de tempo na cidade e regiões vizinhas. Diante da previsão de condições meteorológicas severas, a Defesa Civil aciona suas equipes de sobreaviso e comunica população através do sistema de alerta comunitário, por meio de mensagens de texto informando sobre a possibilidade de chuvas e/ou ventos fortes ou ainda solicitando a saída de suas residências para os pontos de reuniões pré-estabelecidos em cada região. A Defesa Civil possui em seus registros aproximadamente 40.000 telefones cadastrados para receber alertas.

2.6 Áreas de Risco no bairro Gamboa do Bracuí

O bairro Gamboa do Bracuí está listado entre as áreas mais afetadas por pretéritos eventos de deslizamentos e alagamentos no município de Angra dos Reis (RJ). As ocupações encontram-se muito próximas à base da encosta e, em alguns casos, realizam cortes verticalizados na base para aumento do terreno.

Os deslizamentos são constantes por possuir um solo raso, residual e predominantemente argiloso associado à declividade do terreno. A Secretaria Executiva de

Proteção e Defesa Civil de Angra dos Reis interviu com interdição de área da encosta localizada por todo o seguimento da Rua João Marinho em 2013 (Figura 13).

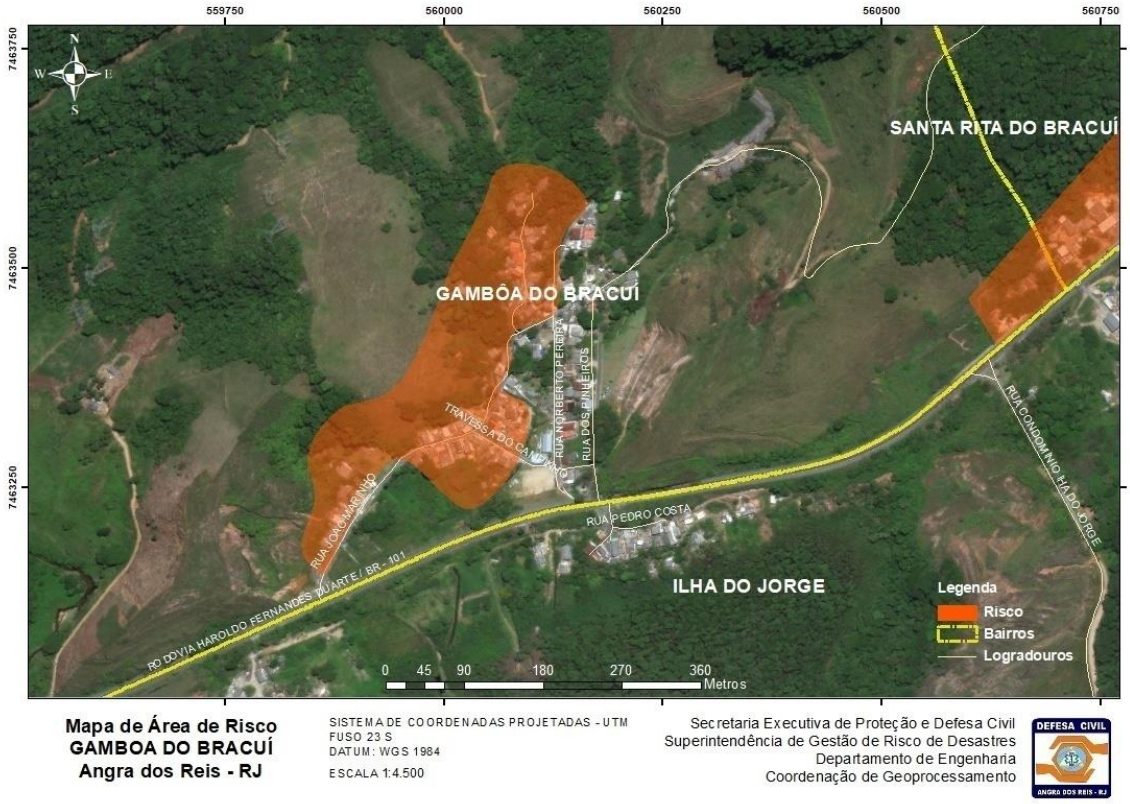

Figura 13 – Áreas de risco instaladas no bairro Gamboa do Bracuí na cidade de Angra dos Reis – RJ (Fonte: SEPDEC, 2018).

Ainda à jusante da via, às beiras do rio ali existente, há ocupações sem a devida cautela à dinâmica das enchentes naturais. As Áreas de Preservação Permanente (APPs) instituídas por meio de Lei Federal 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012) existem com objetivo de garantir a preservação das margens dos recursos hídricos de forma física e ecológica.

O propósito determinante para a escolha do estudo no bairro Gamboa do Bracuí é identificar e analisar as fragilidades ambientais especificamente considerando pretéritos processos de movimento gravitacional de massa, objetivando avaliar a aplicabilidade de técnicas de geoprocessamento. O bairro possui ameaças com indícios de instabilidade e uma população vulnerável às mesmas. A localização e o tipo aglomerado dos imóveis viabilizam a realização desse estudo.

3 METODOLOGIA

Diante do contexto exposto, objetiva-se nessa dissertação identificar as vulnerabilidades inseridas ao risco através do geoprocessamento. Entende-se que é extremamente difícil evitar um desastre natural, mas é possível reduzi-lo e mitigá-lo se cada membro da comunidade realizar a sua parte, minimizando dessa forma os prejuízos e os impactos (MACHADO *et al.*, 2009). Com a aplicação das informações contidas nos mapas gerados por meio do geoprocessamento, além da identificação do risco, torna-se possível que a Defesa Civil quantifique a população inserida na área em relação à tomada de decisão precisa no momento do desastre, além de servir de modelo para ações de redução de ameaças similares em outras regiões. Neste capítulo, as técnicas de aplicação desta ferramenta são devidamente explanadas, assim como outras análises a serem realizados ao longo do trabalho.

3.1 Área de Estudo

A área de estudo, denominada Gamboa do Bracuí (Angra dos Reis – RJ), está localizada na coordenada geográfica 22°56'20" S e 44°24'58" O, à montante da Rodovia Procurador Haroldo Fernandes Duarte (BR-101) no Km 507, a aproximadamente 170 km da capital fluminense e no sudoeste do Estado do Rio de Janeiro (Figura 14). A área total é de aproximadamente 1,1 km², confrontando com a rodovia BR-101, com altitude de 10 m e cota máxima de 360 m.

Assim como grande parte da cidade de Angra dos Reis, este bairro apresenta um marcante processo de ruptura de encostas, envolvendo diferentes tipologias de movimento de massa que resulta em recorrentes perdas e elevada fragilidade aos movimentos de massa, cujos processos dinâmicos naturais estão relacionados principalmente com a evolução geológica e geomorfológica desses terrenos.

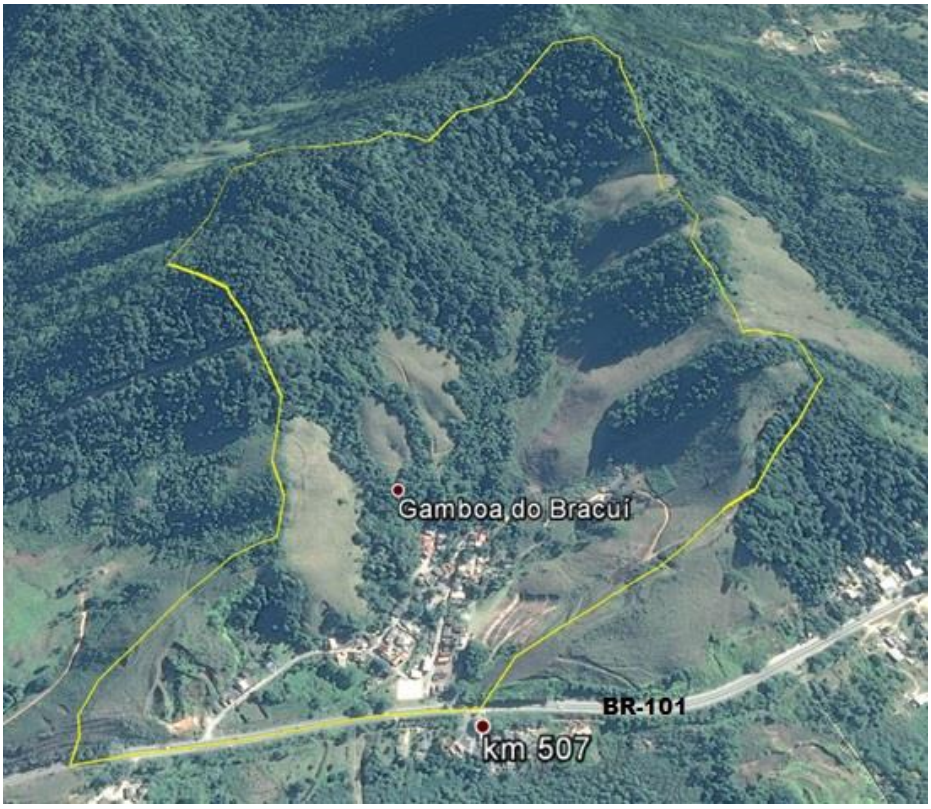

Figura 14 – Bairro Gamboa do Bracuí (Angra dos Reis – RJ) delimitado em amarelo (Fonte: Google Earth, 2018).

O município de Angra dos Reis está inserido no setor sul fluminense da Serra do Mar (Costa Verde), o qual sofreu intensos processos de deformação, com geração de estruturas que atuam como zonas de fraqueza na crosta, recorrentemente ativadas. A geologia local é caracterizada pela instabilidade de taludes e pela proximidade das vertentes da Serra do Mar com o litoral (SALVADOR e PIMENTEL, 2009).

A vegetação dominante em Angra dos Reis é a Mata Atlântica e a região é coberta por floresta ombrófila e vastas áreas de vegetação típica de manguezais, recorrente em regiões litorâneas. No entanto, desde sua colonização, a flora da região vem sofrendo com fortes pressões antrópicas. Os tipos de solo são o latossolo vermelho-amarelo presentes em ambientes bem drenados e os neossolos quartzarênicos que são mais suscetíveis à erosão (RESENDE, 1985).

3.2 Análise do Geoprocessamento

As etapas que compõem o método do geoprocessamento aplicado nessa pesquisa estão no fluxograma ilustrado na Figura 15, através da busca por arquivos existentes, da

geolocalização da área de estudo, da aquisição de dados de campo e da geração do produto do estudo por mapas temáticos.

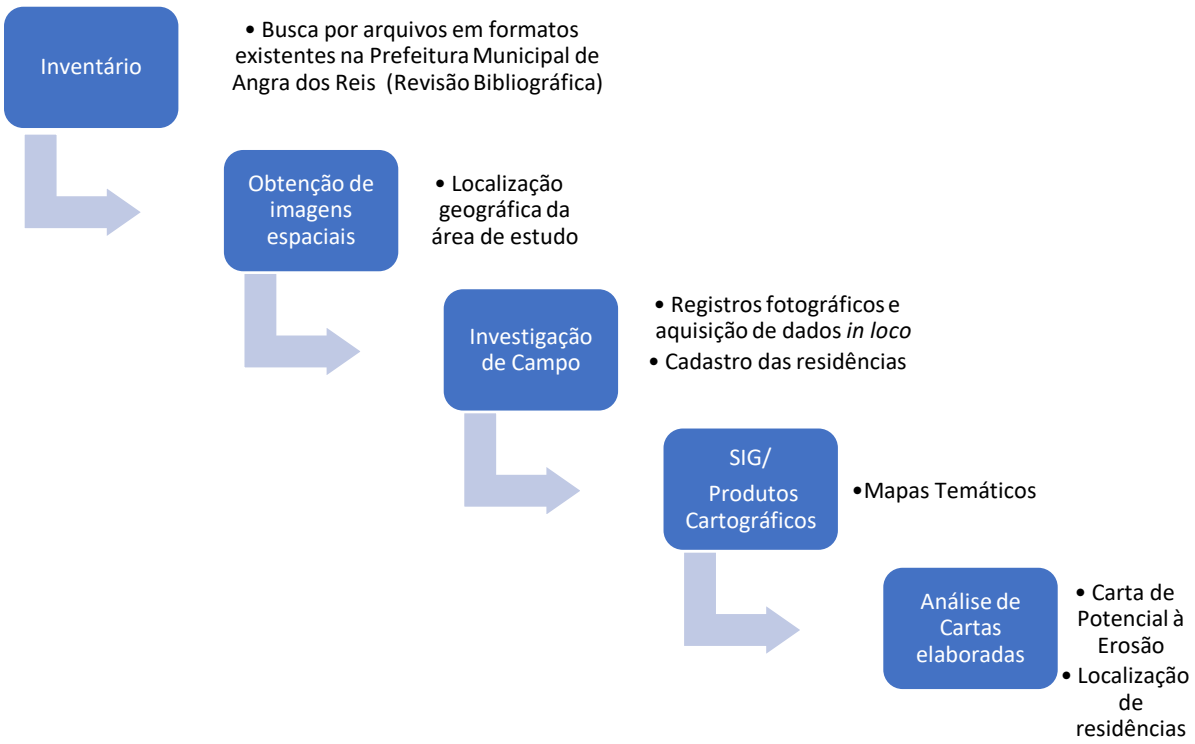

Figura 15 – Fluxograma das etapas experimentais do geoprocessamento na área de estudo.

Através da produção e análise de mapas temáticos, foram avaliados a combinação das características físicas de relevo, a cobertura vegetal, o solo exposto, a drenagem, entre outros. A análise desses aspectos associados à ocupação humana visa buscar possíveis fragilidades causadas pelo tipo de ocupação e urbanização densa no bairro Gamboa do Bracuí.

Os procedimentos adotados neste estudo consistiram na identificação de arquivos em formato *shapefile* existentes na Secretaria Municipal de Defesa Civil de Angra dos Reis cedidos pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Dessa forma, foram avaliados os aspectos físicos da paisagem, tanto pedológico como geomorfológicos, vegetação e declividade. A Carta de Suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação do Município de Angra dos Reis/RJ em escala 1:100.000 de 2014 auxiliou para identificar o risco local de maneira objetiva. Essas informações foram estruturadas em mapas temáticos de pedologia, geomorfologia, geologia, vegetação,

hipsometria, hidrografia, rede triangular irregular (TIN), declividade e carta de suscetibilidade de erosão nos limites pertinentes à área de estudo.

Para a identificação do relevo e da declividade da área, foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE) adquirido do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, disponibilizados pelo Projeto Topodata em escala 1:250.000 (VALERIANO, 2005) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Desde que o Topodata foi lançado pela primeira vez, em agosto de 2008, o processamento dos dados foi sucessivamente inspecionado e revisado, com vistas a aprimoramentos e correções. Para possibilitar uma futura expansão do Topodata, foi feita uma nova revisão dos produtos e processos, que culminou numa metodologia passível de aplicação onde quer que existam dados SRTM. Esses dados são provenientes da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), disponibilizados pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) na rede mundial de computadores. A imagem possui resolução espacial de 20 m x 20 m, pertencente à folha 22s45_SN referente à data de 19 de julho de 2016.

Os registros de eventos pretéritos da região foram verificados nos arquivos da Defesa Civil Municipal de Angra dos Reis (RJ), fornecidos pela instituição, possibilitando dessa maneira a localização das áreas interditadas. Com o auxílio do *software Google Earth Pro* realizou-se a vetorização das residências inseridas em área interditada pela Defesa Civil Municipal. A aquisição dos dados para a representação da drenagem principal foi feita em visita à área de estudo conforme Figuras 16 e 17, utilizando o *Global Positioning System* (GPS) de navegação modelo Garmin GPSmap 60CSx.

Figura 16 – Córrego Gamboa a montante da Rua João Marinho, no bairro Gamboa do Bracuí (Angra dos Reis – RJ) (Fonte: Arquivo Pessoal, 2019).

Figura 17 – Galeria fluvial abaixo da BR-101, no bairro Gamboa do Bracuí (Angra dos Reis – RJ). (Fonte: Arquivo Pessoal, 2019).

O sistema de informação geográfica (SIG) utilizado para a criação da base digital no levantamento de campo foi o programa ArcGis, versão 10 (*Environmental Systems Research Institute* – ESRI, Redlands, Califórnia, Estados Unidos), implementado como oficial para a Defesa Civil Municipal de Angra dos Reis. Através do programa ArcGIS é possível obter maior desempenho no georreferenciamento por meio de uma interface devidamente estruturada (Figura 18). Coletar e gerenciar dados, criar mapas e realizar análises espaciais são suas principais utilidades que fazem a diferença na organização e manipulação das informações. No ArcMap foram sobrepostas as informações de levantamento planimétrico e áreas interditadas para as ações reconstrutivas realizadas no local.

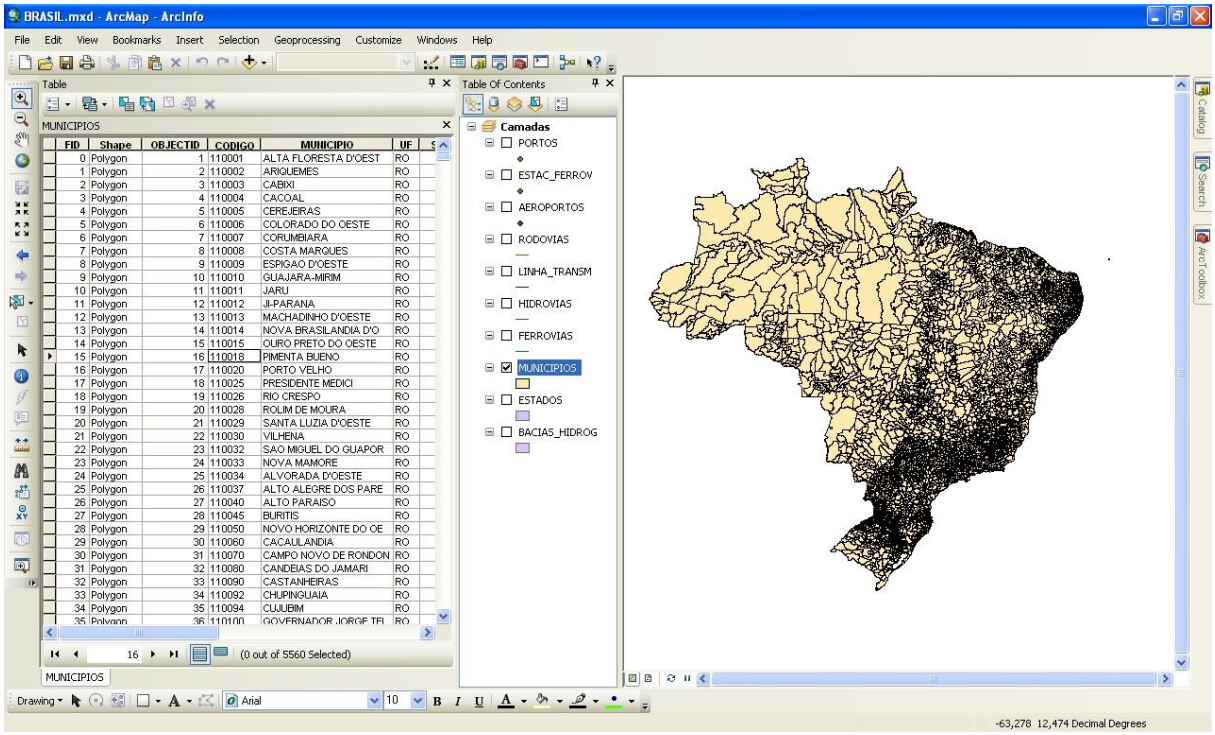

Figura 18 – Interface do ArcGIS (Fonte: Arquivo Pessoal, 2019).

Através dos dados cedidos pelo IBAMA (ano de referência 2013), foram verificados os mapas de hipsometria, hidrografia, rede triangular irregular (TIN) e declividade a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) Topodata. Para a carta de potencial de erosão, o método de elaboração foi a análise de multicritério, que permitiu a investigação combinada das variáveis estudadas e destina-se a ajudar os tomadores de decisão a integrar diferentes formas de ações, refletindo sobre os diferentes efeitos possíveis. De acordo com Moura (2007), a Análise Multicritérios é um procedimento de variáveis, também conhecida como árvore de decisões ou ainda, Análise Hierárquica de Pesos.

O método de álgebra de mapas também contribui para esse tipo de análise, uma vez que consiste na aplicação de operações aritméticas para associar várias camadas de modo a obter como resultado, classificações que permitem exames diversos. A análise de multicritério com o método de álgebra de mapa permite agrupar e classificar áreas que apresentem potencial de suscetibilidade erosiva semelhante (BENAVIDES SILVA e MACHADO, 2014).

Neste trabalho associou-se a geologia, pedologia, declividade e vegetação para a avaliação do potencial de erosão, seguindo as ideias de Bonna (2011). Realizou-se a reclassificação de cada variável utilizando a ferramenta *Spatial Analyst* do *software* ArcGis 10.3, em que foram associados pesos para que todas as informações se estabelecessem em uma

mesma escala de valor (WILLEN, 1965). Isso mostra que os índices de erosão variam significativamente em função de outras variáveis geralmente não consideradas nas suas definições: material geológico de origem, tipo de cobertura vegetal e forma, declividade e elevação dos terrenos.

A partir do MDE foram geradas as curvas de nível utilizando a ferramenta *Contour* com equidistância de 20 metros compatível com a resolução do modelo utilizado. A TIN (*Triangulated Irregular Network)*, Rede Triangular Irregular (Figura 19), foi criada a partir das curvas de nível, através da interpolação dos valores de altitude, utilizando a ferramenta *Create* TIN. Os pontos usados para a construção do modelo representam um conjunto de localizações na superfície e normalmente incluem os que representam descontinuidades na inclinação do terreno como pico, depressões, divisores de águas, vales e desfiladeiros (MAUNE E NAYEGANDHI, 2001).

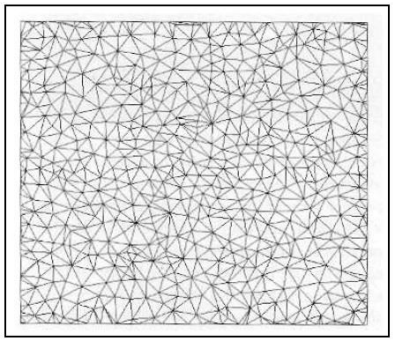

Figura 19 – Visualização geométrica de um TIN.

Também foram avaliadas as problemáticas e demandas encontradas pela Defesa Civil de Angra dos Reis acerca da ocupação das áreas de risco do município e a falta de estudos pretéritos com precisão na escala local.

3.3 Análise da Precipitação em Angra dos Reis

As tendências observadas no decorrer das últimas décadas vêm apresentando um aumento dos desastres naturais no Estado do Rio de Janeiro e muitos deles são induzidos por eventos de chuvas extremas (acentuados volumes de chuva em curto período). Além disso, algumas projeções futuras indicam uma continuidade desse processo nas próximas décadas (LUIZ-SILVA E DERECZYNSKI, 2014; LUIZ-SILVA et al., 2014). Esse tipo de ameaça natural eleva ainda mais os riscos associados à suscetibilidade da área de estudo, situada em

Angra dos Reis (RJ). De acordo com Farias e Alves (2019), grande parte dos problemas enfrentados em Angra dos Reis é uma conjunção de processos naturais e sociais agravados por chuvas intensas associadas à proximidade da vertente da Serra do Mar e do oceano Atlântico.

Nesse sentido, essa pesquisa também realiza uma análise climatológica de alguns indicadores de extremos de precipitação sobre a cidade de Angra dos Reis. Os dados diários de precipitação do município são provenientes do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no período de 1961 a 2018. Contudo, em função do grande número de falhas entre as décadas de 1980 e 1990, optou-se por trabalhar somente com o período de 1998 a 2017 (20 anos de dados diários de precipitação). A Tabela 1 apresenta a descrição dos 3 (três) índices computados e analisados nesse trabalho.

Tabela 1 – Indicadores de extremos de precipitação avaliados nesse estudo.

Indicador - Precipitação	Definição	Unidade
PTOTmês	Precipitação total	mm
PMAX1dia	Máxima precipitação em 1 dia	mm
PMAX5dias	Máxima precipitação em 5 dias consecutivos	mm

Além disso, realiza-se uma análise acerca de dois eventos extremos de precipitação ocorridos na cidade de Angra dos Reis (Janeiro de 2010 e Janeiro de 2013). O panorama meteorológico e os totais pluviométricos registrados são avaliados juntamente com a ação da Defesa Civil no atendimento às vítimas dos desastres ocorridos no município.

4 RESULTADOS

4.1 Análise Espacial da Área de Estudo

Em visita à área de estudo foi possível encontrar na parte inferior da rodovia ocupações com pouca ou nenhuma técnica construtiva no sopé do morro que constitui um dos divisores do bairro Gamboa do Bracuí (Figuras 20 e 21). Esta elevação natural apresenta cicatrizes de movimentos de massa rotacionais significativos por toda a superfície da elevação. Além disso, também foram localizadas manchas de deslizamentos apontando que são áreas que requerem estudos ambientais e restrições quanto à urbanização.

Figura 20 – Construções irregulares e cicatrizes de movimento de massa no bairro Gamboa do Bracuí (Fonte: SEPDEC, 2018).

Figura 21 – Edificação em área interditada no bairro Gamboa do Bracuí (Fonte: SEPDEC, 2018).

A área de estudo compreendida entre as escarpas da Serra do Mar e a Rodovia BR-101 está limitada quanto à expansão urbana, e em visitas foi possível perceber a ausência de planejamento no espaço disponível, observando-se a ocupação desordenada, gerando assim um grave problema para o local. O sistema de fiscalização e as ações preventivas e de socorro elaboradas pela Defesa Civil municipal se mostram efetivos e vem apresentando resultados positivos, no entanto muitos ainda são os obstáculos a serem superados. A expansão da ocupação em áreas de risco ainda se mostra um problema em curso, onde áreas que são monitoradas periodicamente estão sujeitas à ocupação e à construção de casas durante um final de semana, quando não existe fiscalização.

A área interditada pela Defesa Civil no bairro Gamboa do Bracuí (Figura 22) está sob ameaça de movimento gravitacional de massa, iniciando-se a partir da confluência da rodovia BR-101 com a Rua João Marinho, englobando todas as residências inseridas à montante da via, até a confluência da Rua João Marinho com a Travessa do Campinho. Foram localizadas 20 residências na área de estudo e identificadas como interditadas, conforme relatório da Secretaria Municipal de Defesa Civil – Prefeitura Municipal de Angra dos Reis de 2012.

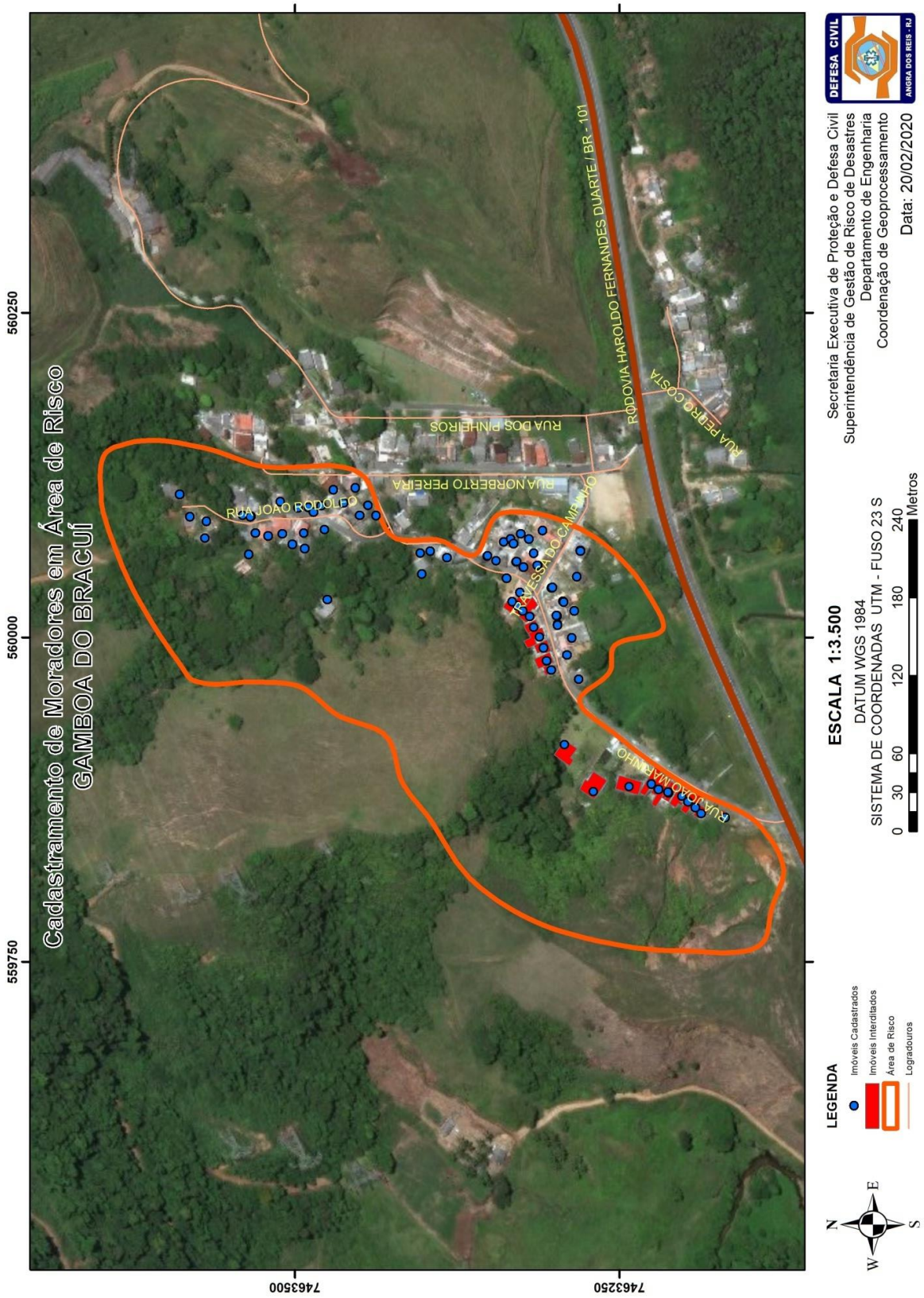

Figura 22 – Mapa de Área de Risco do bairro Gamboa do Bracuí. (Fonte: SEPDEC, 2020).

Na investigação de campo realizou-se o cadastro dessas casas para verificar a atual situação. Verificou-se que 11 residências estão ocupadas, e que essas estão interditadas pelo fato de estarem situadas em áreas de deslizamento de solo, oferecendo riscos de vida à população.

4.2 Avaliação da Área de Estudo por Geoprocessamento

Outras informações sobre a área de estudo puderam ser obtidas através do geoprocessamento, como o georreferenciamento dos imóveis inseridos na área interditada, possibilitando o controle eficaz do quantitativo de famílias expostas ao risco. Dessa maneira, também foi possível representar as características físicas do terreno com mapas.

No mapa pedológico (Figura 23) foram identificados os tipos de solos presentes no local, que podem ser classificados como latossolos vermelho-amarelos e estão situados em extensas áreas do relevo, mais intensamente ao norte e em ambientes bem drenados. Ao sul, encontra-se o neossoloquartzarênico, que são solos originados de depósitos arenosos, apresentando textura franco-arenosa ao longo de pelo menos 2 metros de profundidade. Esses solos são constituídos essencialmente de grãos de quartzo, sendo praticamente destituídos de minerais primários pouco resistentes ao intemperismo (RESENDE, 1985).

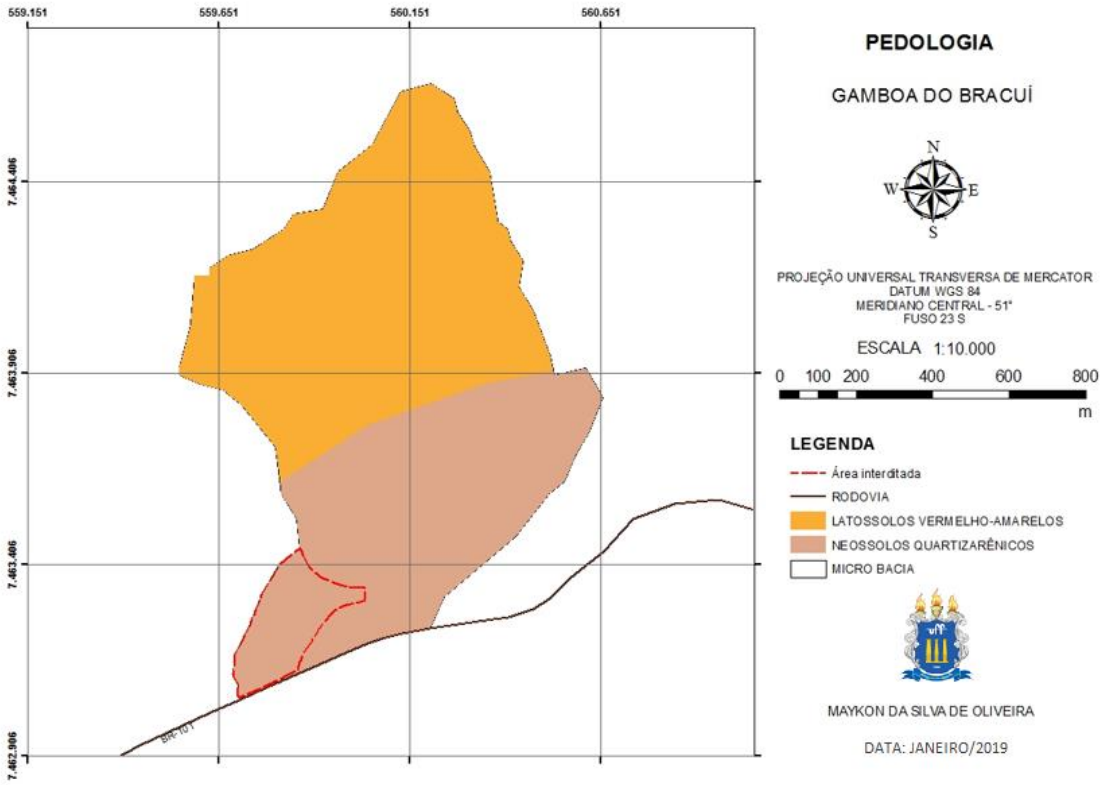

Figura 23 – Mapa de Geologia do bairro Gamboa do Bracuí.

A classificação geomorfológica da área de estudo é dividida em dois grupos, as escarpas em anfiteatro (80%) e a região de planície flúvio-marinha (20%) que vem se formando através de processos geomorfológicos. Nas encostas de maior declividade foi identificado um solo jovem e de baixa espessura. A base das escarpas, pelo fato da existência de uma associação a cortes de estrada, se torna um ambiente de grande instabilidade. As residências estão localizadas na área de planície flúvio-marinha, que predomina o neossolo quartzarênico, que é mais suscetível ao processo erosivo e, consequentemente, havendo riscos de deslizamento de solo e das residências sofrerem soterramento.

Analisando o mapa de geologia (Figura 24) foi possível identificar a classe geológica da área. Entre os tipos de rocha há o domínio do tipo gnaisses, uma rocha de origem metamórfica, resultante da deformação de sedimentos de arcósicos ou de granito. No sopé das escarpas nota-se a presença de depósito de colúvio-aluviares, porção de solos e detritos resultante de erosão. Na parte menos íngreme, verifica-se depósitos flúvio-marinhos resultante da combinação de processos erosivos de acumulação fluvial e marinha. No sopé existem mais sedimentos livres, que com a precipitação pluvial podem ser transportadas para a parte inferior da área, favorecendo o desprendimento do solo e da rocha do morro.

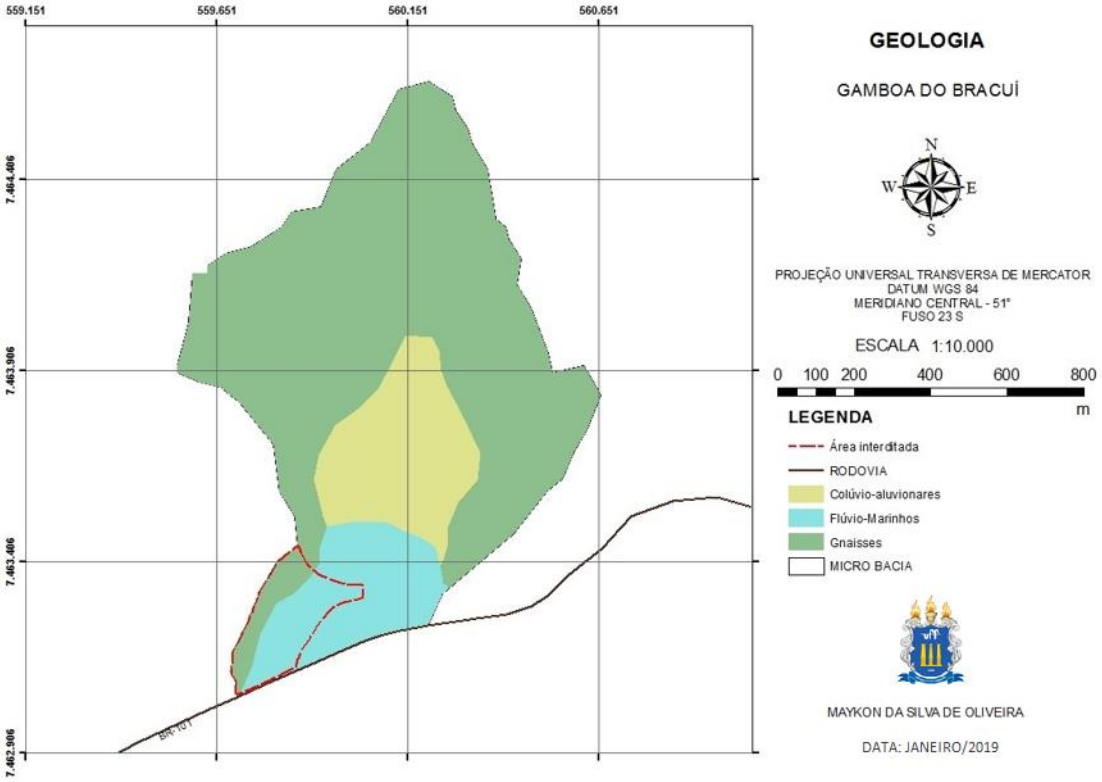

Figura 24 – Mapa de Geologia do bairro Gamboa do Bracuí.

No mapa de vegetação (Figura 25) foi possível perceber que uma parte da área ainda se encontra recoberta por Mata Atlântica, no entanto, a maior cobertura do solo se dá por floresta degradada e vegetação rasteira de pasto, sendo evidente a ação antrópica substituindo a cobertura vegetal na área. Esse fator afeta os processos e serviços ambientais naturais, favorecendo a erosão e tornando o solo mais suscetível a deslizamentos e inundações.

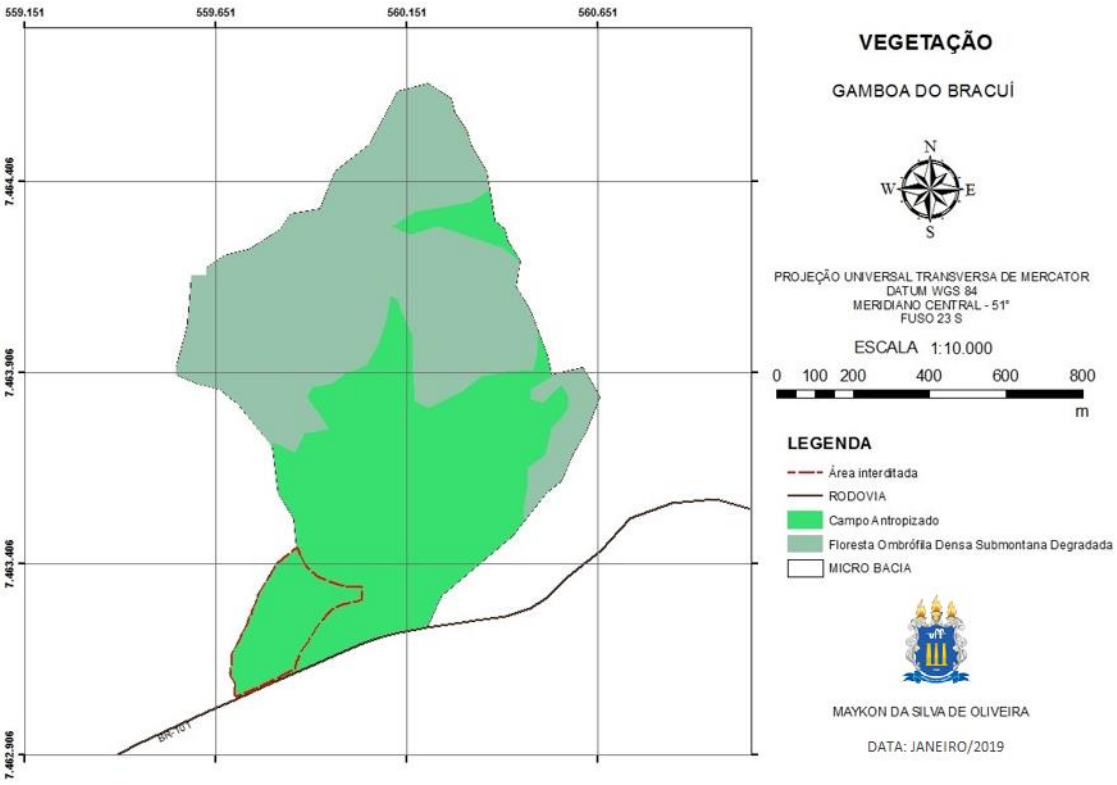

Figura 25 – Mapa de Vegetação do bairro Gamboa do Bracuí.

O mapa hipsométrico elaborado mostra curvas de nível de 20 em 20 metros e a hidrografia associada (Figura 26). Observa-se que em uma pequena distância existem significativas diferenças altimétricas. Nota-se também que o Córrego Gamboa possui nascentes em cotas aproximadas de 160 m chegando ao vale com cota de 20 m, numa distância aproximada de 1.000 m. Deve-se ressaltar que toda a água da planície acumulada deve ser drenada para o outro lado da rodovia pavimentada por obras de galerias.

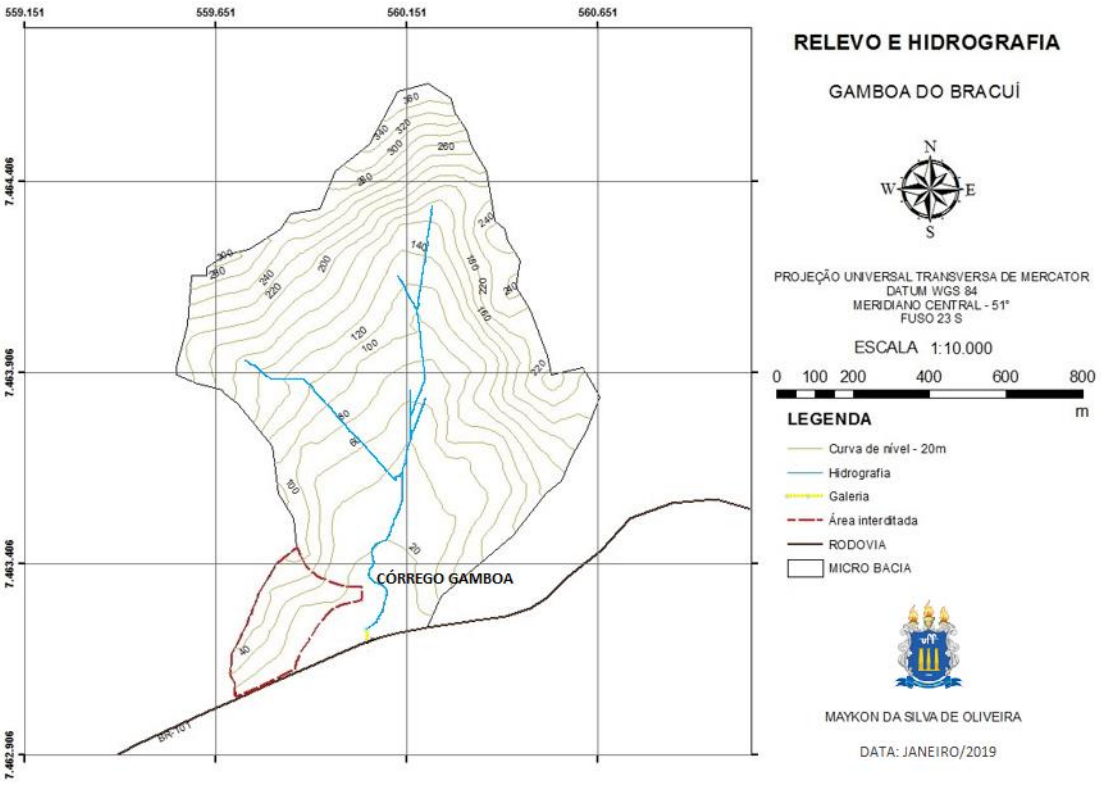

Figura 26 – Mapa Hipsométrico e Hidrografia do bairro Gamboa do Bracuí.

O mapa de declividade foi elaborado criando-se uma grade numérica (*grid*) de declividade em graus, que posteriormente classificou-se em 5 (cinco) intervalos de classes de declividades expressas em porcentagem (Figura 27). Logo, os resultados dos valores de declividade percentuais da área foram agrupados em: 0-5%; 5-15%; 15-30%; 30-45%; e acima de 45%. Através do mapa foi possível constatar que grande parte do terreno pode ser aproveitada em termos de ocupação, porém a declividade varia de 0 a valores acima de 45°. À medida que a declividade aumenta, também cresce a velocidade do escoamento da água superficial, gerando um gradiente hidráulico significativo e uma vulnerabilidade considerável aos imóveis (RESENDE, 1985). Com declividade na faixa de 0 a 5º, o terreno é praticamente plano, e terrenos rasos implicam em problemas que geralmente ocorrem nesta faixa de inclinação, como inundações. Até então, não foi observado nem relatado qualquer caso de inundação nessa área de estudo.

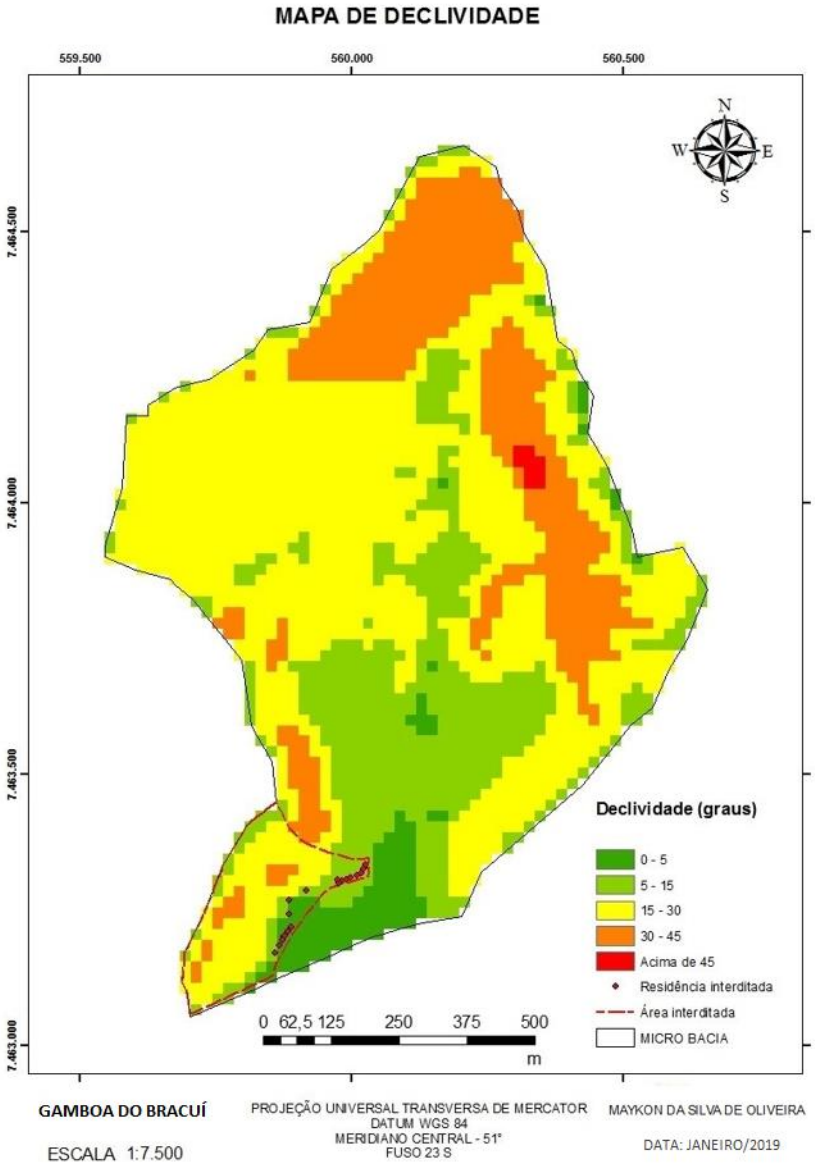

Figura 27 – Mapa de Declividade do bairro Gamboa do Bracuí.

À medida que a declividade vai se elevando e, principalmente ao se aproximar de 30º, o potencial de escoamento superficial relacionado às chuvas acelera com o terreno sujeito à erosão hídrica em função da suscetibilidade da composição do solo (RESENDE, 1985). Esse fator se torna ainda mais relevante uma vez que a área do município de Angra dos Reis é sujeita à influência de importantes sistemas meteorológicos ocasionadores de acentuada precipitação quando associados à topografia local, como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) na primavera e no verão e as frentes frias ao longo de todo o ano. Essa região da Costa Verde apresenta totais pluviométricos médios anuais por volta de 1.600 mm (LUIZ-SILVA;

DERECZYNSKI, 2014). Normalmente, medidas preventivas devem ser tomadas a fim de se evitar problemas futuros como deslizamentos de terra e inundações.

Declividades de 30 a 45° ocupam uma área considerável do mapa e a área interditada está inserida nessa faixa, sendo assim necessárias providências imediatas, sejam de obras de contenção de encosta ou da retirada dos ocupantes dessa área. Regiões com declividades maiores que 45° (encostas) não são edificantes (Lei Federal 6.766; BRASIL, 1979) e no momento dessa pesquisa se encontram sem edificações.

A carta de potencial à erosão combinou dados de geologia, pedologia, declividade e vegetação (Figura 28). Nesta carta, adotou-se 5 (cinco) classes para avaliar o potencial: muito alto, alto, moderado, baixo e muito baixo. É possível notar que a maior parte da área apresenta potencial muito alto de erosão, cobrindo 47,4% da área. Somando o potencial alto de 13,7%, juntas ultrapassam 60% da área. O potencial moderado é de 14,9%, o baixo de 19,5% e um pequeno trecho apresenta potencial muito baixo, abrangendo área de somente 4,3%.

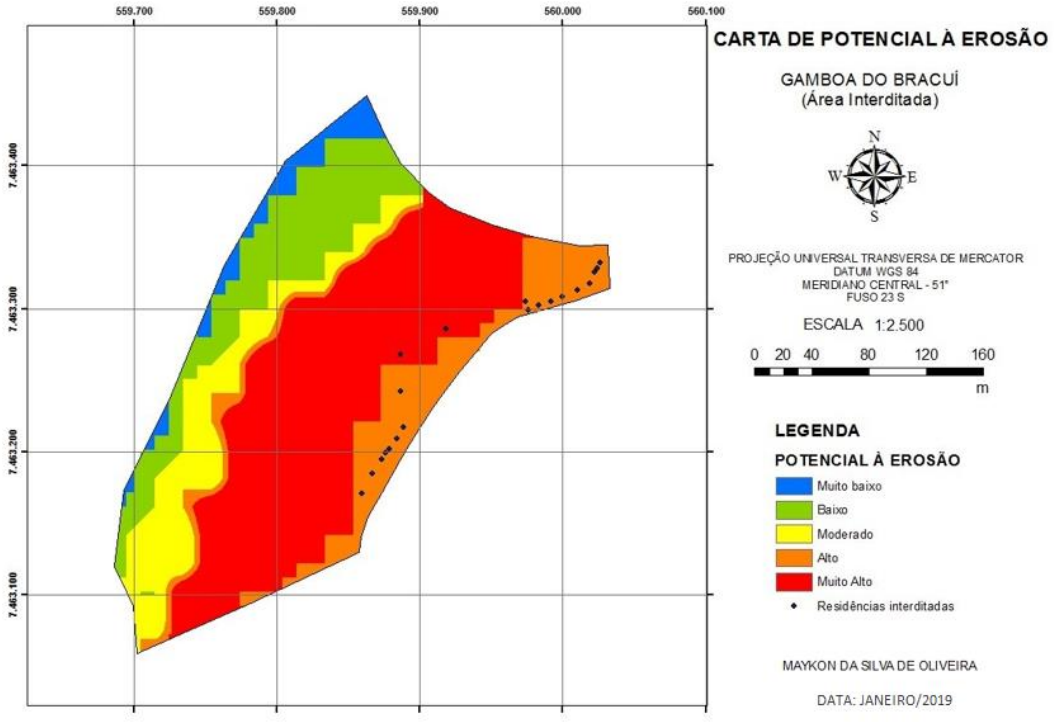

Figura 28 – Carta de Potencial de Erosão de área interditada do bairro Gamboa do Bracuí.

O maior potencial à erosão em que as ocorrências da perda do solo pelas condições ambientais são agravadas (alta e muito alta) está localizado exatamente na área ocupada pela população. É possível relacionar que a força da água de montante juntamente com o peso do

solo em dias chuvosos pode afetar de maneira expressiva essa região, impactando o ambiente e colocando em risco a vida dos moradores do local.

4.3 Caracterização da Ameaça (Extremos de Precipitação)

As áreas de risco mais suscetíveis à deslizamento em Angra dos reis são aquelas localizadas nas encostas de morros e/ou às margens de rios, como mostrado no caso do bairro Gamboa do Bracuí. A instituição responsável pela identificação e monitoramento destas áreas de risco é a Defesa Civil Municipal. O poder público se restringe às ações de interdições de áreas com risco, pois medidas reconstrutivas não estão sendo executadas, principalmente no bairro Gamboa do Bracuí. Contudo, o risco evolui a cada evento adverso de chuvas mais fortes, sendo ainda agravado pela crescente ocupação desordenada.

Com o propósito de identificar os acumulados mais críticos de pluviosidade no município de Angra dos Reis foram analisados os acumulados pluviométricos diários para o período de 1998 a 2017. A Figura 29 apresenta os totais pluviométricos médios mensais na cidade de Angra dos Reis, conforme os dados do INMET. A precipitação total anual média para o município é de 1.718 mm. Nota-se que os volumes de chuva são acentuados no decorrer de todo ano, especialmente devido à atuação frequente de sistemas frontais (como frentes frias) e complexos convectivos de mesoescala (responsáveis por intensas tempestades). No verão, os acumulados pluviométricos são os mais elevados principalmente em função do estabelecimento da ZCAS e de convecção local, alcançando cerca de 290 mm apenas no mês de janeiro. No inverno (total em torno de 150 a 200 mm entre junho e agosto), há redução desses acumulados pluviométricos, sendo a chuva neste período uma consequência maior da passagem de frentes frias (LUIZ-SILVA; DERECZYNSKI, 2014).

A Figura 30 exibe os maiores acumulados pluviométricos em somente 1 dia, enquanto a Figura 31 mostra os maiores volumes de chuva em 5 dias consecutivos ao longo dos anos de 1998 a 2017 na cidade de Angra dos Reis. Esses gráficos destacam que expressivos totais pluviométricos em curto período acontecem praticamente todos os anos, especialmente em virtude da combinação de significativa instabilidade atmosférica ocasional (acentuada pelo transporte de umidade do oceano em direção ao continente) com os aspectos fisiográficos do município. Através dos gráficos das Figuras 29 e 30, observa-se os picos de chuva extrema nos anos de 2010 e 2013, os quais são analisados em detalhe a seguir devido às graves consequências na cidade de Angra dos Reis, inclusive no bairro Gamboa do Bracuí.

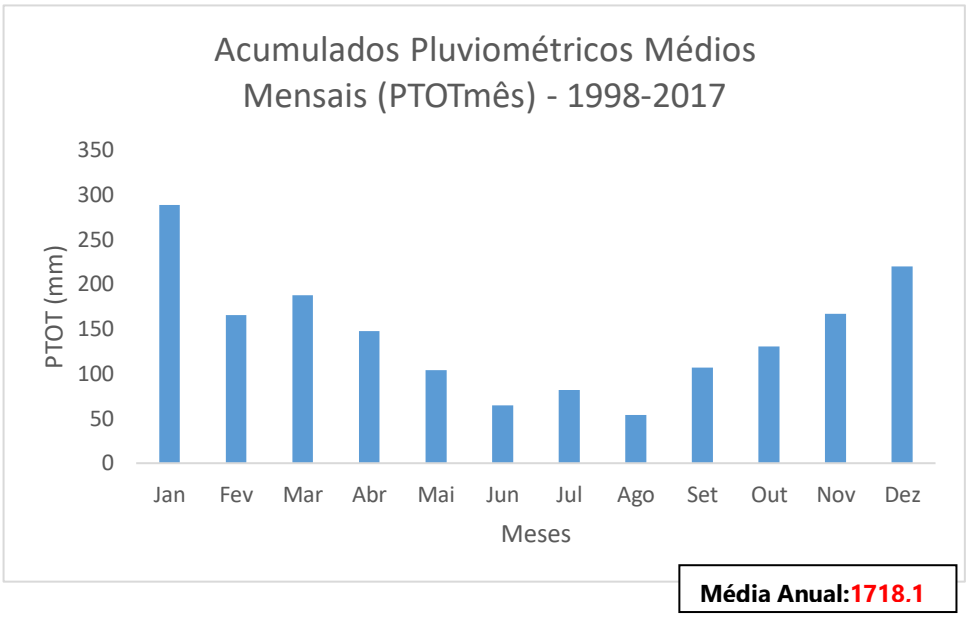

Figura 29 – Acumulados pluviométricos médios mensais na cidade de Angra dos Reis (RJ) para o período de 1998 a 2017.

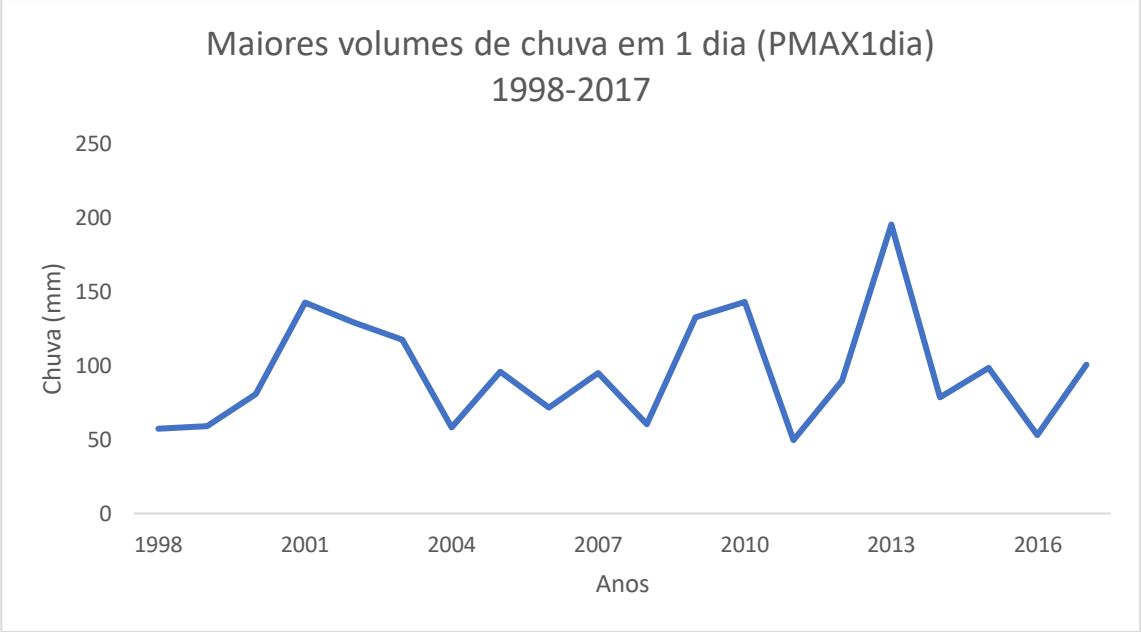

Figura 30 – Maiores volumes de chuva em 1 dia na cidade de Angra dos Reis (RJ) entre os anos de 1998 e 2017.

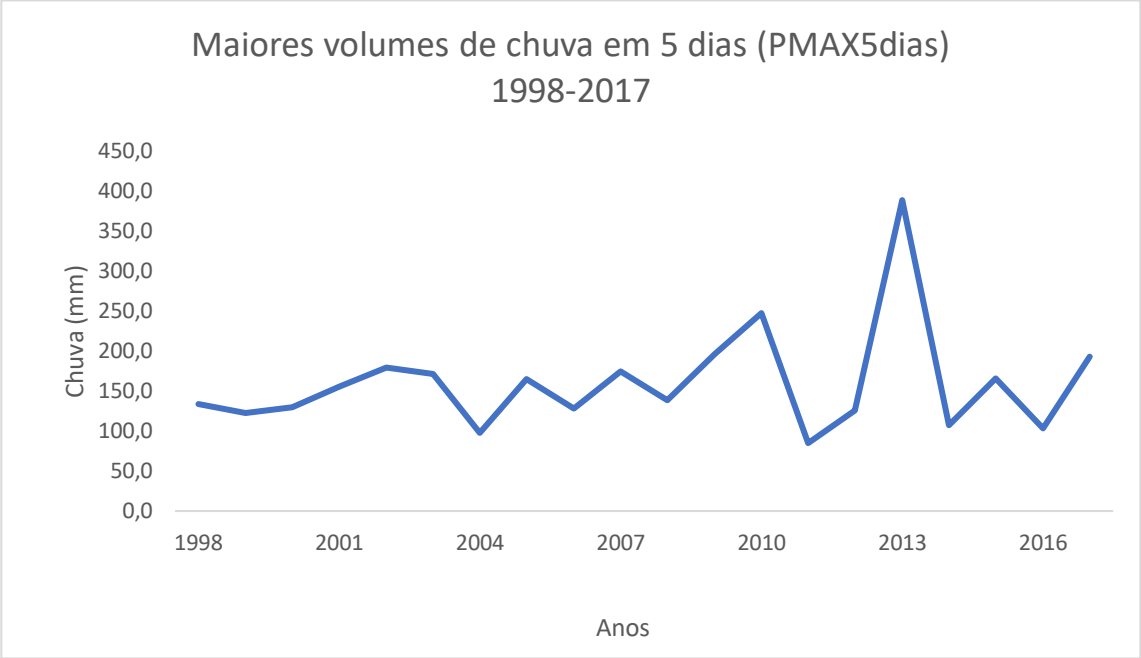

Figura 31 – Maiores volumes de chuva em 5 dias consecutivos na cidade de Angra dos Reis (RJ) entre os anos de 1998 e 2017.

4.4 Análises de Casos de Chuvas Extremas

- **Janeiro de 2010**

No dia 01/01/2010, após um volume pluviométrico registrado de 270 mm em 36 horas (Figura 32), praticamente toda a chuva climatológica para o mês de janeiro, o município de Angra dos Reis registrou o maior desastre natural de sua história. A chuva se concentrou de maneira forte e constante somente entre a tarde do dia 31/12/2009 e a noite do dia 01/01/2010. Vale destacar que esse registro de precipitação foi realizado pela estação meteorológica do INMET na região central de Angra dos Reis.

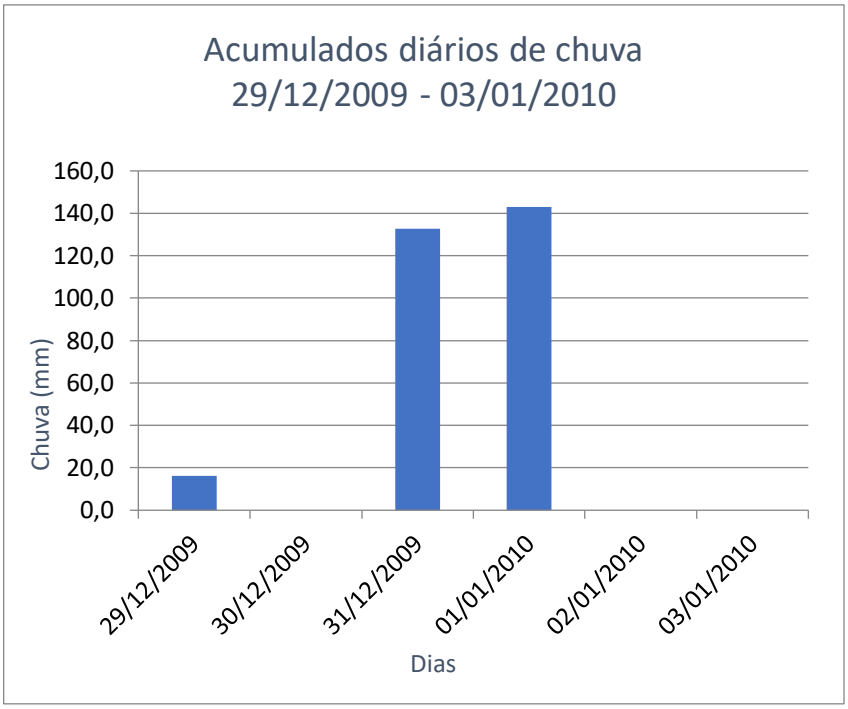

Figura 32 – Acumulados diários de precipitação entre os dias 29/12/2009 e 03/01/2010 na cidade de Angra dos Reis (RJ).

Com cerca de 87% do município afetado por deslizamentos e alagamentos, foram registradas 53 mortes, principalmente no Morro da Carioca e na Enseada do Bananal (Ilha Grande). A Enseada do Bananal foi o local onde houve o maior número de vítimas (32 mortes), devido a um deslizamento de terra numa encosta florestada de cerca de 200 m de altura que destruiu sete casas e uma pousada (Figura 33).

Figura 33 – Deslizamento na Enseada do Bananal– Angra dos Reis/RJ em janeiro de 2010 (Fonte: Gazeta do Povo, 2010).

Alguns laudos provenientes de estudos realizados após o desastre apontaram que as fortes chuvas causaram uma saturação da fina camada de solo que recobria a rocha da encosta, fazendo com que esta perdesse o contato solo-rocha e, devido à grande inclinação, deslizasse levando consigo grandes blocos rochosos e vegetais e atingindo as edificações à jusante. De acordo com Ribeiro (2014), as intervenções humanas neste local foram mínimas e as construções foram feitas no sopé da encosta, junto ao mar. Não houve nenhuma ação humana direto na encosta nem à montante.

As Figuras 34 e 35 mostram duas imagens de satélite provenientes do CPTEC/INPE sobre a região Sudeste do Brasil. A primeira imagem é das 22h do dia 31/12/2009 e a segunda imagem é das 07h do dia 01/01/2010. Observa-se a persistência de um núcleo convectivo sobre a região da Costa Verde, no Estado do Rio de Janeiro, representado pelas cores em tons do laranja ao azul na imagem (topo das nuvens de tempestade). O calor e a umidade presentes na região afetada, associados ao relevo local, além da passagem de uma frente fria pelo oceano Atlântico foram o principal “gatilho” para os enfáticos acumulados de chuva.

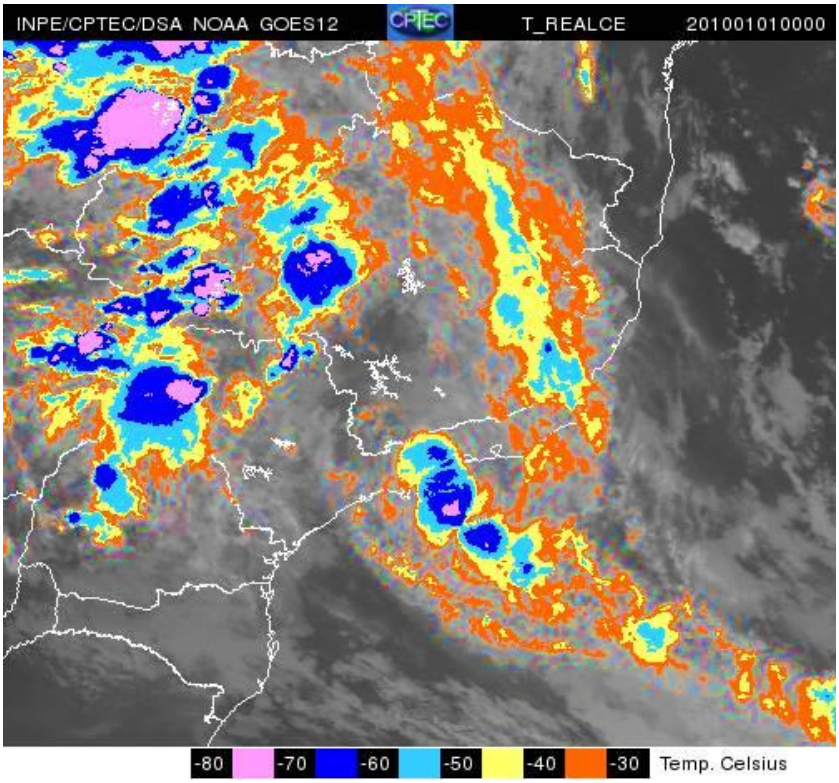

Figura 34 – Imagens de satélite sobre a região Sudeste do Brasil na noite do dia 31/12/2009.

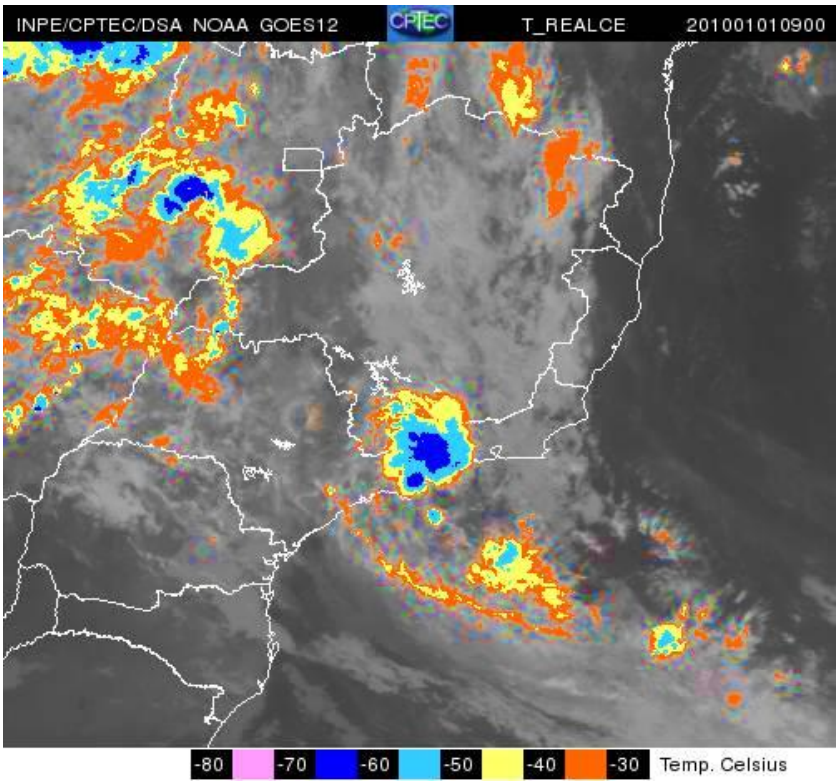

Figura 35 – Imagens de satélite sobre a região Sudeste do Brasil na manhã do dia 01/01/2010.

- **Janeiro de 2013**

Entre a tarde e a noite do dia 03/01/2013, mais uma vez houve a ocorrência de altos acumulados pluviométricos na cidade de Angra dos Reis (Figura 36), inclusive no bairro Gamboa do Bracuí. A chuva seguiu moderada e intermitente até o dia seguinte. Os acumulados pluviométricos alcançaram mais de 350 mm apenas entre os dias 02 e 04 de janeiro de 2013 (superando a média climatológica do mês de janeiro).

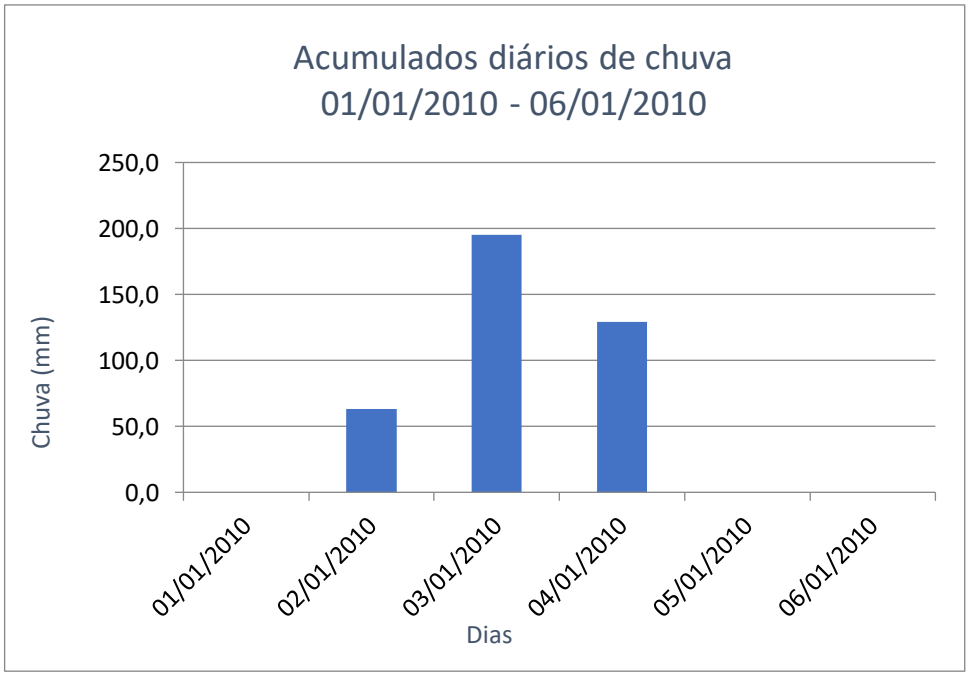

Figura 36 – Acumulados diários de precipitação entre os dias 01/01/2013 e 06/01/2013 na cidade de Angra dos Reis (RJ).

Assim como ocorrido em 2010, houve processos de movimento de massa, bem como a interdição de novos imóveis em diversos bairros (Figura 37). As chuvas já vinham acontecendo desde o dia 01/01/2013, e após os maiores acumulados no dia 03/01, Angra dos Reis entrou em situação de emergência. A região mais atingida foi a zona oeste da cidade, principalmente nos bairros Gamboa do Bracuí, Santa Rita do Bracuí, Frade e Parque Mambucaba. Pelo menos 8 casas desabaram ferindo 15 pessoas, enquanto outras 40 pessoas haviam sido retiradas de suas casas (SEPPI, 2013). Segundo fontes, não houve óbitos no local.

Figura 37 – Imóveis destruídos por movimento de massa em Angra dos Reis – RJ durante as fortes chuvas de janeiro de 2013 (Fonte: SEPDEC, 2013).

A análise feita pela Defesa Civil Municipal dos riscos remanescentes após esse evento no bairro Gamboa do Bracuí em função das ameaças caracterizou o local com indícios de instabilidade, justificando a interdição da área. O material mobilizado apresentava aspecto de lama e, apesar de possuir maior fluidez, não alcançou grandes distâncias, porém atingiu todas as casas localizadas próximas à base da encosta. Por ser tratar de uma área de alta suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa, recomendou-se a remoção de todas as famílias residentes próximas à base da encosta e sua realocação em áreas seguras (SEPDEC, 2013).

A Figura 38 apresenta a imagem de satélite sobre a região atingida às 21h do dia 03/01/2010. Nota-se que, apesar da ausência de nuvens típicas de tempestade (topos frios), há a presença de nuvens estratiformes, responsáveis por chuvas intermitentes e volumosas, dependendo da situação atmosférica. Nesse caso, mais uma vez, a principal responsável pela expressiva precipitação era a passagem de um sistema frontal pela região Sudeste, em associação com a topografia local.

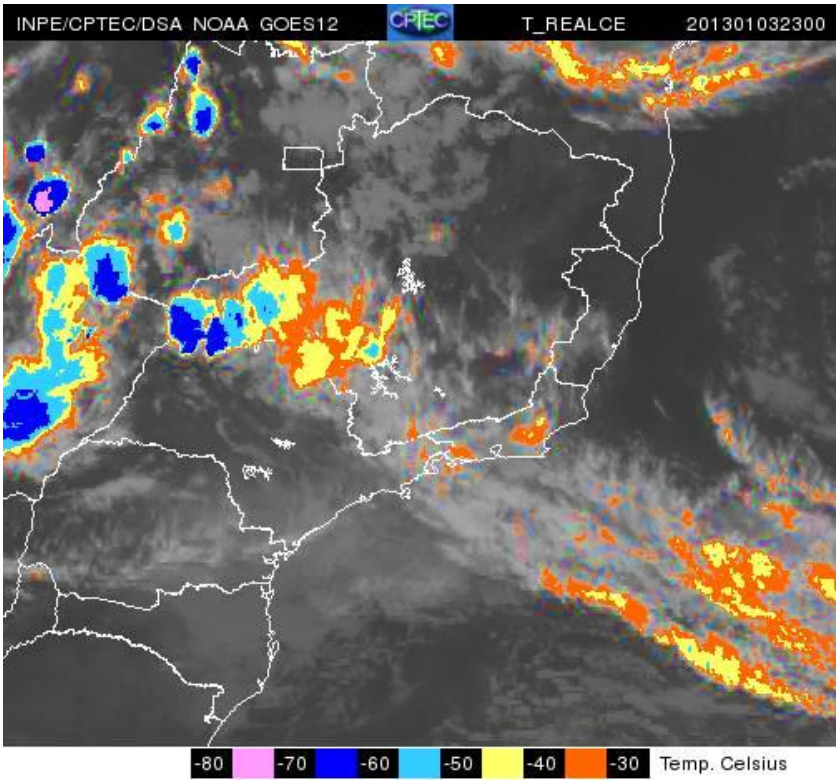

Figura 38 – Imagem de satélite sobre a região Sudeste do Brasil na noite do dia 03/01/2013.

5 CONCLUSÕES

Neste trabalho são examinados diversos aspectos do bairro Gamboa do Bracuí (Angra dos Reis, RJ) através de ferramentas SIG, que conjuntamente levaram a corroborar a ação da Defesa Civil de interditar a área. Esse estudo conclui tecnicamente que a localidade deve permanecer monitorada pela presente fragilidade ambiental que pôde ser analisada nos mapas, principalmente de hidrografia, declividade e potencial de erosão, além da acentuada suscetibilidade às precipitações severas.

O bairro Gamboa do Bracuí é uma área ambientalmente fragilizada pela forte ação antrópica exercida no local, onde a substituição da vegetação nativa constitui perda significativa dos principais serviços ecossistêmicos prestados e crescente instabilidade geológica. O ambiente é complexo e o planejamento urbano é estrategicamente uma ferramenta essencial, econômica e sustentável.

A utilização de geotecnologias em estudos multidisciplinares voltados para a organização do espaço urbano e conservação dos recursos naturais visando à redução de desastres naturais foi avaliada de forma positiva, tornando-se fortemente recomendada por órgãos competentes. Essas pesquisas são enfáticas facilitadoras para o desenvolvimento de práticas de Defesa Civil para solução de possíveis problemas já existentes ou para a prevenção da ocorrência de eventos futuros. Além do mais, tais estudos servem de base para a criação de um plano de ação de resposta para o momento do desastre que resulte em menores perdas ambientais, sociais e econômicas por meio de ações específicas para as particularidades de cada região.

O geoprocessamento foi primordial para a geolocalização das vulnerabilidades e, principalmente, para a identificação das características físicas locais, como o terreno montanhoso e a drenagem antropizada. Daqui para frente, após a experiência de desastres em função de expressivos acumulados pluviométricos, estar integrado com o conhecimento e monitoramento dos acumulados diários de chuva é fundamental para mitigar os efeitos da principal ameaça local.

Outra característica importante destacada nesse trabalho é a classificação da área como interditada. Geralmente, as classificações são dinâmicas e é exatamente o que ocorre com a suscetibilidade, logo a metodologia do estudo serve como base para análises futuras. É difícil definir uma solução imediata para a solução de vários problemas sem antes um minucioso conhecimento das relações entre a ameaça e a vulnerabilidade local. Nesse caso, para tornar

isso viável aos órgãos competentes, detalhou-se aqui as fragilidades espaciais através do geoprocessamento da área de estudo, assim como a principal ameaça local, ou seja, as chuvas fortes.

Espera-se que este trabalho seja de utilidade imediata para o processo de verificação de mudanças do ambiente, se mostrando fundamental para a compreensão da paisagem de forma integrada, permitindo principalmente apresentar as informações para tomadas de decisão em todas as fases de proteção e defesa civil: prevenção, mitigação, preparação, resposta e reconstrução.

O município de Angra dos Reis, especificamente, carece de mais pesquisas e investigações por ser um território com histórico de desastres. Diante do estudo de caso do bairro Gamboa do Bracuí é possível atestar que o método pode ser expandido e repetido em todo o município de modo preventivo e imediatista. Isso é possível por meio de campanhas de conscientização da população, além do suporte para as Secretarias e Autarquias do Município de Angra dos Reis nos processos de aprovação de projetos, no direcionamento de obras que visam a redução dos riscos e na disponibilização de dados para a consulta dos investimentos em obras públicas e obras privadas. As geotecnologias, até o momento, se mostram ferramentas eficazes, tanto para aplicações no ordenamento urbano quanto em ações preventivas ou de resposta a desastres para Defesas Civis e outros órgãos associados. Por fim, essa metodologia pode ser útil não somente para o município de Angra dos Reis, mas também para outras áreas do Brasil que disponham de fragilidades semelhantes em seus territórios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÁNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazard, vulnerability and prevention of natural disasters developing countries. Geomorphology, v. 47, p.107-124, 2002.

ARONOFF, S. Geographical Information Systems: A Management Perspective. Ottawa. WDI. Publications, 1989.

BARBOSA, Z.N.T.; DE OLIVEIRA, W.N.; ALVES, P.R. – Uso de geotecnologias para mapeamento de áreas de riscos Estudo de caso: Angra dos Reis – RJ. Anais: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. INPE, Curitiba, 2011.

BENAVIDES SILVA, V. C.; MACHADO, P. S.. SIG na análise ambiental: suscetibilidade erosiva da bacia hidrográfica do córrego Mutuca, Nova Lima – Minas Gerais. Revista de Geografia (UFPE) v. 31, n. 2, 2014.

BONNA, J. L. Mapeamento Pedológico e de Suscetibilidade Erosiva no Alto Córrego Prata (Ouro Preto-MG). Dissertação de Mestrado em Geografia na Universidade Federal de Minas Gerais, p, 119. Belo Horizonte, 2011.

BORDIN, M.; DA SILVA, J. P.; MANSKE, K. V.; COSTA, A.; CANEPARO, S. C.O uso do geoprocessamento na segurança pública do Estado do Paraná. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Foz do Iguaçu: Inpe, 2013.

BRAGA, T. M.; OLIVEIRA, E. L.; GIVISIEZ, G. H. N. Avaliação de metodologias de mensuração de risco e vulnerabilidade social a desastres naturais associados à mudança climática. São Paulo em Perspectiva, São Paulo: Fundação SEADE, v.20, n.1, p.81-95, jan./mar. 2006. Disponível em:<http://www.seade.gov.br>. Acesso em: 6 ago. 2019.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Institui o novo código florestal. Disponível em: <http://www.lei.adv.br/4771-65.htm> Acesso em: 09 jan. 2020.

BRASIL. Lei nº 6.766 de 19 de dezembro de 1979. Parcelamento do Solo Urbano, Brasília, Distrito Federal,1979.

BRASIL. Lei nº 12.608, DE 10 de ABRIL DE 2012. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm>. Acesso em 23 ago. 2019.

BURROUGH, P.A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Clarendon Press, Oxford. 193p. 1986.

CAMPOS, A. A. S.*et al*. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao uso da terra em microbacias hidrográficas, Botucatu – SP. Scielo, Jaboticabal, v. 24, n.2, p.431-435, maio/ago. 2004.

CASTRO, A. L. C. Manual de planejamento em Defesa Civil. Brasília: Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Defesa Civil, v. 1., 1999.

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.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes e movimentos de massa: Angra dos Reis, Rio de Janeiro. 2011. Disponível em: < http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/17878>. Acesso em 23 ago. 2019.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Angra dos Reis – RJ. 2015. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/15036?mode=simple>. Acesso em 23 ago. 2019.

EASTMAN, J.R. Idrisi for Windows: user's guide - version 2.0. Worcester, MA: Clark University, 1997.

EIRADO SILVA, L.G.. A interação entre os eventos tectônicos e a geomorfologia da região da Serra da Bocaina, sudeste do Brasil. Tese (Doutorado em Geologia), Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 2006.

FARIAS, H.S.; ALVES, G.F.S.. Caracterização espacial e temporal da precipitação na costa verde fluminense - 2001 a 2016 - Revista GEO UERJ, 2019.

FELTRAN-FILHO, A., LIMA S.C.; ROSA R. Mapeamento do uso do solo no município de Uberlândia – MG, através de imagens TM/LANDSAT. Sociedade & Natureza,1(2):127-145, 1989.

FERNANDES, N. F. e AMARAL, C. P. Movimentos de massa: uma abordagem geológica – geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (Org.) Geomorfologia e meio ambiente.Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 123-194, 1996.

GAZETA DO POVO. Disponível em: < https://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/vitimas-de-deslizamentos-em-angra-dos-reis-ja-chegam-a-30-9seuwfl6hx0njg61cy0jvm632/>. Acesso em 05/03/2020.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos solos e a Questão Ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA,A. J. T. (Orgs.). Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 225-256, 2005.

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

HORTA, I.T.L.G. Sistemas de Informação sobre Desastres e sua importância para estudos de clima. Núcleo de Climatologia Aplicada ao Meio Ambiente - Universidade de São Paulo, 2018. Disponível em: <https://sites.usp.br/climatologia/sistemas-de-informacao-sobre-desastres-e-sua-importancia-para-estudos-de-clima>. Acesso em 17 out. 2019.

IBGE. Portal Cidades do IBGE.2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/angra-dos-reis/pesquisa/23/25359?tipo=ranking&indicador=25362>.Acesso em 11 set. 2019.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Tutorial de Geoprocessamento. Introdução ao Geoprocessamento.2006. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_geo.html>. Acesso em 22 ago. 2019.

KOBIYAMA, M.; CHECCHIA, T.; SILVA, R. V., SCHRÖDER, P. H., GRANDO, Â.; REGINATTO, G. M. P. Papel da comunidade e da universidade no gerenciamento de desastres naturais. Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004.

LUIZ-SILVA, W.; DERECZYNSKI, C. P. Caracterização Climatológica e Tendências Observadas em Extremos Climáticos no Estado do Rio de Janeiro. Anuário do Instituto de Geociências, v. 37, p. 123-138, 2014.

LUIZ-SILVA, W.; DERECZYSNKI, C. P.; CHOU, S.C.; CAVALCANTI, I. Future Changes in Temperature and Precipitation Extremes in the State of Rio de Janeiro (Brazil). American Journal of Climate Change, v. 3, p. 353-365, 2014.

MACHADO, M. dos S.; MACHADO, S. W. S.; COHEN, S. C. A rota das chuvas em Petrópolis: cenário de uma inundação. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE DEFESA CIVIL, 5., 2009, São Paulo. Anais Eletrônicos – Artigos. São Paulo: DEFENCIL, p. 1-9, 2009.

MAUNE, D. F.; NAYEGANDHI, A. Digital elevation model technologies and applications: the DEM users manual. ASPRS (The Imaging&GeospatialInformation Society), 539 p., 2001.

MILANEZ, B.; FONSECA, I.F. - Justiça climática e eventos climáticos extremos: uma análise da percepção social no Brasil. In: TERCEIRO INCLUÍDO - NUPEAT–IESA–UFG, v.1,n.2, jul./dez./2011, p. 82–100, Artigo 13. Disponível em:<http://www.revistas.ufg.br/index.php/teri/article/view/17842/10673>. Acesso em 19 ago. 2019.

MOURA, A. C. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise de Multicritérios. Anais – XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, 2007.

OBSERVA ANGRA – Observatório da Cidade de Angra dos Reis. Disponível em: <http://observa.angra.rj.gov.br/observatorio-osmapas.asp?om=28>. Acesso em 17 ago. 2019.

PENA, R. F. A. "O problema das enchentes"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/enchentes.htm>. Acesso em 25 set. 2019.

RESENDE, M. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. Informe Agropecuário, v. 11, n. 128, p. 3-18, 1985.

SAITO,S.M.; SAUSEN, T.M.; PARDI LACRUZ, M.S.; MADRUGA, R.; LIMA JUNIOR, E. R. – Avaliação dos desastres naturais ocorridos no Rio Grande do Sul em 2008. Anais: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. INPE, Curitiba, 2011.

SALVADOR, E. D.; PIMENTEL, J.. Avaliação da neotectônica no município de Angra dos Reis, setor sul-fluminense da Serra do Mar, com base em mapas morfométricos gerados em

Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, p. 3347-3354, 2009.

SEPDEC – Secretária Executiva de Proteção e Defesa Civil. Acervo fotografia aérea: Inundação no Parque Mambucaba em Angra dos Reis, 2010.

SEPDEC – Secretária Executiva de Proteção e Defesa Civil. Relatório SDCT.GENG – Nº 04/2013. Angra dos Reis, 2013.

SEPDEC – Secretária Executiva de Proteção e Defesa Civil. Relatório SDCT.GENG – Nº 16/2013. Angra dos Reis, 2013.

SEPDEC – Secretária Executiva de Proteção e Defesa Civil. Cadastramento de Moradores em Área de Risco. Angra dos Reis, 2020.

SEPPI, Inês da Cunha. Chuva provoca deslizamentos e deixa desabrigados em Angra. Online. Portal de Notícias Terra. Disponível em: https://www.terra.com.br/noticias/brasil/cidades/rj-chuva-provoca-deslizamentos-e-deixa-desabrigados-emangra,ced8ffc4daffb310VgnVCM4000009bcceb0aRCRD.html. Acesso em 05/03/2010.

SILVA, J. X.; ZAIDAN, R. T. Geoprocessamento &Análise ambiental: aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

SILVA, J. C. L.. "Enchentes e deslizamentos de terra no Brasil: Principais Causas"; Brasil Escola. Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/geografia/enchentes-deslizamentos-terra-no-brasil-principais-causas.htm. Acesso em 25/09/2019.

TEIXEIRA, A. L. A.; MORETI, E.; CHRISTOFOLETTI,A. Introdução aos sistemas de informação geográfica. Rio Claro: Edição do autor, 1992.

TOBIN, G. A; MONTZ, B. E. Natural hazards: explanation and integration. New York: The Guilford Press, 388, 1997.

TUCCI, C. E. M. (Coord.). Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Associação Brasileira de Recursos Hídrico/UFRGS - ABRH, 952 p., 1993.

VALERIANO, M. M. Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, p. 1-8, 2005.

WILLEN, D. W. Surfaces oil texturaland potencial erodibility characteristics of some Southern Sierra Nevada Forest sites. Soil Science Society Proceedings, v.29, p.213-218, 1965.