

Redução de Riscos de Desastres: Métodos e Práticas 2

Luis Ricardo Fernandes da Costa
(Organizador)



Atena
Editora

Ano 2020

Redução de Riscos de Desastres: Métodos e Práticas 2

Luis Ricardo Fernandes da Costa
(Organizador)



Atena
Editora

Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Lorena Prestes

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
R321	Redução de riscos de desastres [recurso eletrônico] : métodos e práticas 2 / Organizador Luis Ricardo Fernandes da Costa. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-86002-43-0 DOI 10.22533/at.ed.430201203 1. Conservação da natureza. 2. Impacto ambiental. I. Costa, Luis Ricardo Fernandes da. CDD 363.7
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A coleção “Redução de Riscos de Desastres: Métodos e Práticas 2” é uma obra que tem como foco principal a discussão científica, com uma abordagem teórica e prática, abordando diversos temas com singular importância na esfera ambiental, com destaque para a mitigação de riscos e desastres em diferentes escalas de análise.

A abertura do livro, com o capítulo “Acidentes ambientais: brumadinho e os impactos socioambientais”, trás uma ampla discussão sobre os impactos ambientais decorrentes do rompimento da barragem Córrego do Feijão, em Brumadinho (MG), com uma abordagem acerca dos problemas sociais, econômicos e de outras naturezas.

Nos capítulos 2 e 3 são discutidos aspectos relevantes acerca da dinâmica geomorfológica em sítios urbanos e áreas susceptíveis a deslizamento de terra. No capítulo 2 “Inventário de magnitude e frequência dos eventos hidrológicos e geomorfológicos da grande Aracaju” é apresentada uma discussão com base no inventário de eventos e desastres ligados à dinâmica hidrológica e geomorfológica da região da Grande Aracaju, em Sergipe.

No capítulo 3 “Mapeamento das áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos na bacia do rio Taquari, Paraty-RJ” o leitor poderá visualizar produtos oriundos de técnicas de geoprocessamento, com objetivo de elaboração de um mapeamento de riscos de deslizamentos na região.

No capítulo 4 “Crise e escassez da água: a questão da segurança hídrica e a alternativa pela construção de barragens” é apresentada uma importante discussão sobre a temática segurança hídrica como ponto imprescindível para a sobrevivência da humanidade.

Em tempos de comunicação, o capítulo 5 “O papel da comunicação no atendimento emergencial – desastre ambiental” analisa o papel da comunicação no atendimento emergencial em situações de desastres ambientais, com base em pesquisas bibliográficas e consultas a diferentes veículos de pesquisa e informação.

Nos capítulos 6, 7 e 8, são apresentadas importantes contribuições acerca da atuação de diferentes órgãos na mitigação de desastres, com foco no estado do Rio de Janeiro. O capítulo 6 “Cooperação técnica - SEDEC-RJ e Banco do Brasil: fomento à adesão ao cartão de pagamento de defesa civil” apresenta um estudo de como a Secretaria de Estado de Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro e Banco do Brasil fomentaram a adesão municipal ao cartão de pagamento de defesa civil.

No capítulo 7 “O papel do voluntário de defesa civil em ações de resposta a desastres: estudo comparativo dos NUPDEC’S da REDEC metropolitana do Rio de Janeiro” é apresentada uma correlação entre vida em sociedade, que objetiva apresentar os Núcleos de Proteção e Defesa Civil Comunitários – NUPDEC’s como resposta para este paradigma.

No capítulo 8 “Otimização do atendimento do centro de operações de atendimento pré hospitalar / COGS – CBMERJ” é exposto um estudo que propõe uma otimização

dos serviços prestados pelo COGS, através da Programação Linear e do uso do *MS Office Excel*, através do pacote Solver.

Para o encerramento da presente obra, apresentamos ao leitor importante contribuição intitulada “Simulador de realidade virtual para capacitação em segurança do trabalho de funcionários da construção civil” que buscou analisar o potencial de um simulador de realidade virtual para estimular a percepção de perigos e medidas preventivas de funcionários da construção civil.

Assim, a coleção de artigos dessa obra é ponto importante na discussão acerca da mitigação de riscos de desastres, bem como estimula a produção de trabalhos interdisciplinares na área, como especial atenção a gestão dos mais diferentes ambientes.

Luis Ricardo Fernandes da Costa

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ACIDENTES AMBIENTAIS: BRUMADINHO E OS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS	
Maria Débora Mendonça Cosmo	
Darlan Alves Moulin	
Célio de Mendonça Clemente	
Ricarda Mendonça Cosmo	
Malena Aquino da Silva	
Daniele Alessandra dos Reis	
DOI 10.22533/at.ed.4302012031	
CAPÍTULO 2	16
INVENTÁRIO DE MAGNITUDE E FREQUÊNCIA DOS EVENTOS HIDROLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS DA GRANDE ARACAJU	
Alizete dos Santos	
Hélio Mário de Araújo	
DOI 10.22533/at.ed.4302012032	
CAPÍTULO 3	28
MAPEAMENTO DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS À OCORRÊNCIA DE DESLIZAMENTOS NA BACIA DO RIO TAQUARI, PARATY-RJ	
Lucélia Granja de Mello	
Reiner Olíbano Rosas	
DOI 10.22533/at.ed.4302012033	
CAPÍTULO 4	40
CRISE E ESCASSEZ DA ÁGUA: A QUESTÃO DA SEGURANÇA HÍDRICA E A ALTERNATIVA PELA CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS	
Mônica de Aquino Galeano da Hora Rocha	
Mônica de Aquino Galeano Massera da Hora	
DOI 10.22533/at.ed.4302012034	
CAPÍTULO 5	49
O PAPEL DA COMUNICAÇÃO NO ATENDIMENTO EMERGENCIAL – DESASTRE AMBIENTAL	
Marcia Magalhães de Arruda	
Marcelle Teodoro Lima	
Alexandre Diniz Breder	
Carla Regina Lopes Azevedo	
Amanda Almeida Fernandes Lobosco	
Daniele Borges	
DOI 10.22533/at.ed.4302012035	
CAPÍTULO 6	63
COOPERAÇÃO TÉCNICA - SEDEC-RJ E BANCO DO BRASIL: FOMENTO À ADESÃO AO CARTÃO DE PAGAMENTO DE DEFESA CIVIL	
Robson Luís do Nascimento	
DOI 10.22533/at.ed.4302012036	

CAPÍTULO 7	75
O PAPEL DO VOLUNTÁRIO DE DEFESA CIVIL EM AÇÕES DE RESPOSTA A DESASTRES: ESTUDO COMPARATIVO DOS NUPDEC'S DA REDEC METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO	
Estevão Pereira Escudeiro Alexandre Luís Belchior dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.4302012037	
CAPÍTULO 8	89
OTIMIZAÇÃO DO ATENDIMENTO DO CENTRO DE OPERAÇÕES DE ATENDIMENTO PRÉ HOSPITALAR / COGS – CBMERJ	
Estevão Pereira Escudeiro Alexandre Luís Belchior dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.4302012038	
CAPÍTULO 9	100
SIMULADOR DE REALIDADE VIRTUAL PARA CAPACITAÇÃO EM SEGURANÇA DO TRABALHO DE FUNCIONÁRIOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Mateus Vessoni Barbosa Kasuya Wanessa Roberta Fazinga Arthur Felipe Echs Lucena Fernanda Aranha Saffaro	
DOI 10.22533/at.ed.4302012039	
SOBRE O ORGANIZADOR	112
ÍNDICE REMISSIVO	113

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

Data de aceite: 06/03/2020

Data de submissão: 13/12/2019

Lucélia Granja de Mello

Universidade Federal Fluminense, Mestrado em
Defesa e Segurança Civil

Niterói - RJ

ID Lattes: 5962929822670269

Reiner Olíbano Rosas

Universidade Federal Fluminense, Mestrado em
Defesa e Segurança Civil

Niterói - RJ

ID Lattes:4484335621458630

RESUMO: O presente estudo está vinculado a um projeto maior denominado “Elaboração de Proposta Metodológica para a Identificação e Classificação de Áreas Quanto ao Risco de Fluxos de Detritos”. O objetivo geral do projeto é elaborar um mapa de riscos de deslizamentos da bacia do rio Taquari, município de Paraty, estado do Rio de Janeiro, fazendo o uso de técnicas de geoprocessamento para integrar os diversos fatores ambientais envolvidos neste tipo de ocorrência a partir da combinação de diversos tipos de mapas (geologia, vegetação, uso do solo, declividade, tipo de solo) aos quais serão atribuídos pesos, tanto para as variáveis mapeadas como para as classes identificadas em cada mapa, baseados no grau de importância

de cada um. Tal método baseia-se na Análise Hierárquica de Processos (AHP). O recorte espacial da pesquisa corresponde ao município de Paraty, estado do Rio de Janeiro, onde o crescimento desordenado leva a ocupação das encostas e de áreas planas que podem ser atingidas por deslizamentos de terra/rocha. Como produto obteve-se um mapa indicando as diversas áreas com os graus de suscetibilidade a deslizamentos associados, indicando que 57% da área da bacia é de risco muito alto/alto, que combinado com informações sobre o uso do solo constitui-se em valioso instrumento de planejamento.

PALAVRAS-CHAVE: Deslizamentos; Geoprocessamento; Risco de Desastres.

MAPPING OF SUSCEPTIVE FIELD TO LANDSLIDES IN THE TAQUARI RIVER BASIN, PARATY-RJ

ABSTRACT: The present study is linked to a larger project called “Elaboration of a Methodological Proposal for the Identification and Classification of Areas Regarding the Risk of Debris Flows”. The general objective of the project is to draw up a sliding hazard map (mass movements) of the municipality of Paraty, state of Rio de Janeiro, making use of geoprocessing techniques to integrate the

various environmental factors involved in this type of occurrence from the (geology, vegetation, land use, declivity, soil type) to which weights will be assigned, both for the mapped variables and for the classes identified in each map, based on the degree of importance of each one. Such a method is based on AHP. The spatial distribution of the survey corresponds to the municipality of Paraty, in the state of Rio de Janeiro, where disordered growth leads to slope occupancy and flat areas that can be reached by debris flows, which are not normally mapped as areas of risk. As a product a map was obtained indicating the various areas with susceptibility to associated landslides, indicating that 57% of the area of the basin is very high / high risk, combined with information on land use constitutes valuable planning instrument.

KEYWORDS: Landslides; Geoprocessing; Risk of Disasters.

1 | INTRODUÇÃO

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

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

No Brasil, destaca-se a classificação proposta por Guidicini & Nieble (1984) que define os deslizamentos como: escoamentos (rastejos e corridas), escorregamentos (translacionais e rotacionais), subsidências e movimentos complexos.

Outra classificação importante é a apresentada por Augusto Filho (1992) que classifica os movimentos de massa em quatro tipos: rastejo (*creep*), quedas de bloco (*rock fall*), fluxo ou corrida de detritos (*debris flow*) e deslizamento ou escorregamento (*landslide*).

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

O município de Paraty está localizado na região costeira no extremo sul do Estado do Rio de Janeiro. Teve um importante papel na história brasileira tendo sido palco de importantes ciclos de desenvolvimento econômico e abriga um dos mais importantes conjuntos arquitetônicos do país. Localiza-se no litoral sul do estado do Rio de Janeiro e dista aproximadamente 260 km da capital, Rio de Janeiro. Faz limite, a nordeste, com o município de Angra dos Reis e a sudoeste com o município de Ubatuba. As

principais vias de acesso são feitas pelas BR's 494 e 101.

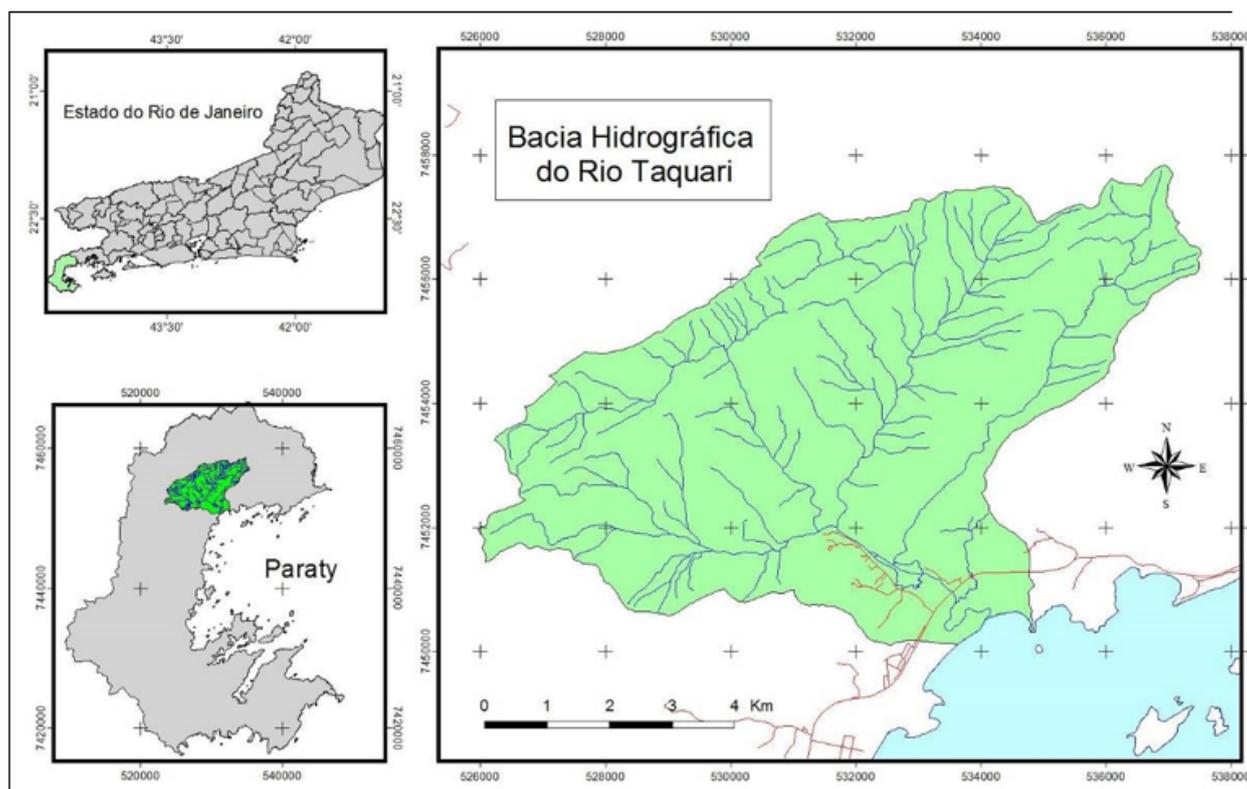


Figura 1 – Localização da área de estudo.

O tema desastres de origem natural deve ser tratado em todos os setores da sociedade, pois podem causar mortes e danos irreparáveis. Atualmente grandes desastres vêm ocorrendo, causando estragos e mortes em vários locais do país. Segundo o Anuário Brasileiro de Desastres Naturais (2013), organizado pelo Ministério da Integração Nacional, em relação aos movimentos de massa, a avaliação quantitativa totalizou no ano de 2013 mais de 6 mil desalojados e aproximadamente 233 mil pessoas afetadas, estando predominantemente localizados na região sudeste.

O trabalho foi realizado por meio de mapeamento de campo, técnicas de geoprocessamento e Análise Hierárquica de Processos (AHP). Ela auxilia na tomada de decisões e é indicado para problemas que envolvem a priorização de soluções a partir de um conjunto de critérios. No momento em que essas hierarquias são definidas, os tomadores de decisão avaliam cada um desses critérios por meio de uma comparação par a par.

É largamente utilizada para mapeamentos de escorregamentos, haja vista a facilidade de seu uso e confiabilidade no método.

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

qualitativos e quantitativos.

O problema é decomposto em fatores e os elementos selecionados são organizados em uma hierarquia, além disso, a tomada de decisão se baseia na construção de níveis hierárquicos. Ademais, a metodologia norteia-se no princípio de que, para a tomada de decisão, a experiência e o conhecimento das pessoas é pelo menos tão valioso quanto os dados utilizados. O método pode ser utilizado para hierarquizar a importância dos fatores ou variáveis utilizadas na elaboração de mapas de suscetibilidade à ocorrência de deslizamentos.

Quando se adotam pesos relativos para cada mapa de acordo com a importância da ocorrência do fenômeno estudado, deve-se realizar uma análise de sensibilidade, ou seja, da coerência dos julgamentos realizados pelos especialistas. Para Faria & Filho (2013), a incorporação do método AHP nos mapeamentos de escorregamentos permite diminuir a subjetividade desses mapeamentos e melhora o grau de confiabilidade do diagnóstico de risco, tornando a análise de perigo mais objetiva e consistente.

2 | OBJETIVOS DO TRABALHO

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

Como objetivos específicos temos:

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

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para a execução do trabalho, elaborou-se um banco de dados espacial para a bacia do rio Taquari contendo informações extraídas da Base Cartográfica Vetorial Contínua do Estado do Rio de Janeiro (IBGE, 2018), da qual foram extraídos os dados topográficos (curvas de nível, os pontos cotados), a hidrografia (rede de drenagem e as massas de água) e as vias de comunicação. A base de dados foi convertida para o sistema de coordenadas planas com *projeção UTM - fuso 23 Sul*, mantendo o *datum SIRGAS 2000* (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas). Para o processamento das informações foi utilizado o *software QGIS 3.4.7* (QGIS Project, 2019) que é um Sistema de Informações Geográficas (SIG) livre e de código aberto licenciado segundo a Licença Pública Geral GNU.

A delimitação da bacia hidrográfica do rio Taquari foi realizada por digitalização

manual de um polígono a partir da identificação visual dos divisores topográficos identificados pela conformação das curvas de nível. Para tal foram utilizadas as ferramentas de edição do QGIS.

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

Os mapas temáticos foram gerados de diversas fontes. O mapa de uso e cobertura do solo foi gerado por classificação digital da imagem Digital Globe, através de processo de segmentação de imagem e posterior edição dos polígonos gerados. Os mapas geológicos (litologia e lineamentos estruturais), geomorfológico foram obtidos da base GeoSGB, o sistema de geociências do Serviço Geológico do Brasil.

O mapa de solos foi obtido da base de dados vetoriais GeoInfo da EMBRAPA. O mapa de declividade foi gerado a partir de classificação do modelo digital de terreno e o grau de influência dos lineamentos estruturais a partir do uso de uma função Kernel (mapa termal).

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

Para atingir o objetivo desejado, definiu-se uma estrutura hierárquica dos componentes para a avaliação da suscetibilidade à ocorrência de deslizamentos (Figura 02). Em seguida foram atribuídos os valores para os critérios definindo o grau de importância de cada um em relação ao outro, fazendo uma análise par em par, onde eles são comparados entre si e armazenados em uma tabela denominada matriz de comparações paritárias (Saaty (1980)) (Tabela 01).

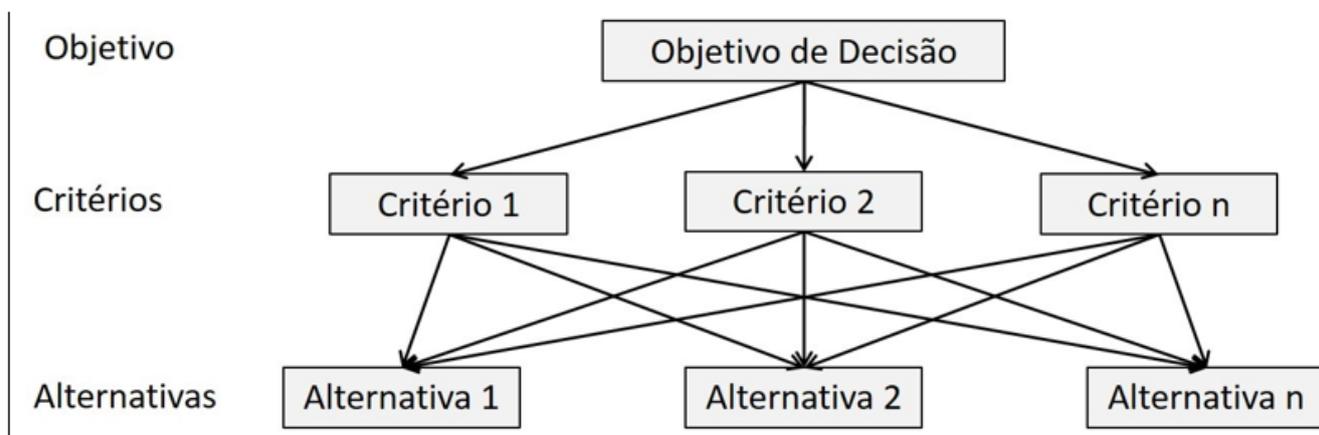


Figura 2: Estrutura Hierárquica.

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

Tabela 01 – Matriz de comparação paritária.

Fonte: Adaptado de Saaty (1980).

O preenchimento da matriz é realizado com base na intensidade de importância dos pesos propostos por Saaty (1980) e os valores atribuídos variam de 1 a 9 e indicam quanto um critério possui importância maior do que o outro. A próxima etapa do método consiste na obtenção do vetor de pesos associados que é a média aritmética de cada linha da matriz.

Em seguida, os componentes são normalizados dividindo-se pela soma, obtendo-se vetor de prioridades (autovetor), o qual fornece o peso relativo de cada indicador dos pesos dos critérios variando entre 0 e 1, cujas somas serão iguais a 1. A análise de sensibilidade (coerência dos julgamentos) é obtida estimando-se o autovalor máximo por meio da multiplicação da matriz original pelo autovetor máximo (multiplicação de matrizes). Em seguida verifica-se o Índice de Consistência (Consistency Index), que mede a consistência das comparações.

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

Onde:

IC: índice de consistência;

λ_{max} : autovalor máximo;

n: número de critérios (mapas) adotados.

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

$$RC = \frac{IC}{RI}$$

Onde:

RC: razão de consistência;

IC: índice de consistência;

RI: índice de consistência aleatória para n.

O mapa de suscetibilidade a ocorrência de deslizamentos foi obtido através do cruzamento dos diversos mapas elencados ponderando os pesos atribuídos através da equação 3 utilizando a função *calculadora raster* do QGis. Para os diversos graus de suscetibilidade foi atribuída uma classe de acordo com a Tabela 02.

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

onde:

S_{ij}: suscetibilidade à ocorrência de deslizamentos no elemento (pixel) i,j da matriz (mapa) resultante;

P_{ij(k)}: peso da contribuição do parâmetro "k", em relação aos demais, para a suscetibilidade à ocorrência de deslizamentos;

N_{ij(k)}: nota, dentro da escala de "0 a 5", da suscetibilidade à ocorrência de deslizamentos, na presença da classe encontrada na linha i, coluna j do mapa k;

n: número de mapas utilizados;

Tabela 2: Graus de suscetibilidade.

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

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapa de suscetibilidade à ocorrência de deslizamentos foi elaborado a partir do cruzamento de diversos atributos (fatores condicionantes), tais como: litologia, declividade, geomorfologia, tipos de solos, uso e ocupação do solo e estrutura geológica (Figura 03).

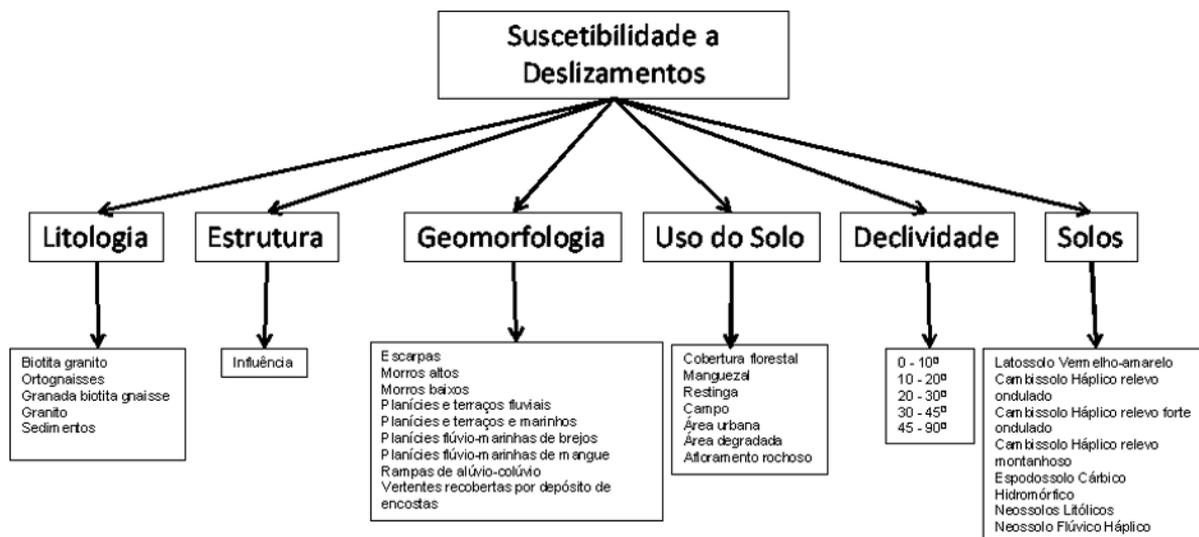


Figura 03 - Estrutura e componentes do modelo AHP de suscetibilidade a deslizamentos.

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

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

A qualidade ou consistência dos julgamentos foi obtida pelo cálculo do autovalor máximo (λ_{max}) que apresentou o valor de 6,0626 que para o número de fatores condicionantes igual a 6 obteve-se um índice de coerência de 0,0125 (1,2%) e uma razão de coerência de 0,0101 (1,0%) o que, de acordo com Saaty (1991), demonstram que os valores atribuídos nos julgamentos são consistentes, pois apresentam valores inferiores a 20%. Os valores obtidos foram ajustados para uma escala entre zero e um (Tabela 03) e posteriormente aplicados na elaboração do mapa de suscetibilidade.

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

Tabela 03: Pesos dos fatores condicionantes.

No mapa resultante observa-se a variação dos níveis de suscetibilidade, em que cada pixel representa o valor recebido em todo o processo que considerou os critérios condicionantes adotados e padronizados, com seus respectivos pesos de importância relativa. Os pixels com maiores valores, representados com cores avermelhadas, indicam as áreas que apresentam maior suscetibilidade aos movimentos de vertente. Os pixels com cores de verde a azul representam os locais de menor suscetibilidade (Figura 04).

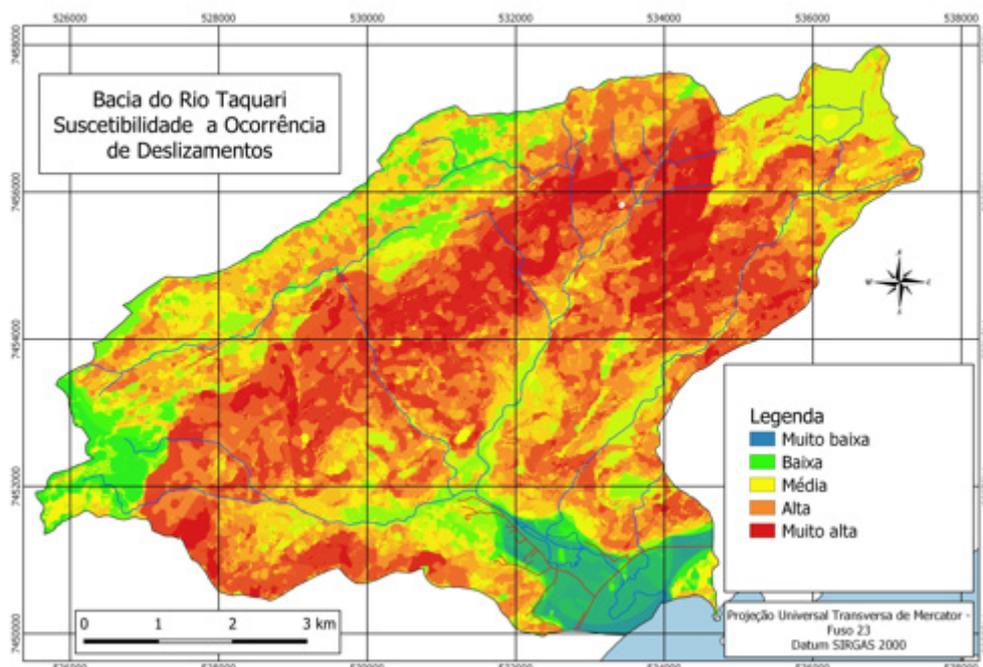


Figura 04 - Mapa de Suscetibilidade.

A partir do mapa de suscetibilidade, verifica-se os locais com elevada probabilidade de ocorrência de deslizamentos. A predominância foi da classe de alta suscetibilidade a eventos de deslizamento, seguido da classe de média e muito alta suscetibilidade, respectivamente. A classe de suscetibilidade muito alta corresponde a 16,8% da área, está situada na geomorfologia de escarpas, com predominância de embasamento de Granito Biotita Gnaiss e declividade que vai de 45 a 90°.

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

A classe de suscetibilidade média corresponde a 30% da área, com rochas diversas, metamórficas e ígneas e com declividade muito variável, com predominância de Cambissolo Háplico. A classe de suscetibilidade baixa a muito baixa corresponde a 12,5% da área. Refere-se a declividades baixas e área plana, com predominância de sedimentos, devida às planícies e terraços fluviais. Somadas as classes de suscetibilidade muito alta e alta, 57,8% da bacia possui grau relevante de possibilidade a deslizamentos (Tabela 04).

Suscetibilidade	Área	
	Km ²	%
Muito baixa	2,3	4,2
Baixa	4,5	8,3
Média	15,9	29,7
Alta	22	41,0
Muito alta	9	16,8

Tabela 04 - Área das classes de suscetibilidade.

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

5 | CONCLUSÃO

Os resultados obtidos indicam que o uso da técnica da Análise Hierárquica de Processos (AHP) é satisfatório, uma vez que o resultado para a razão de coerência foi menor que 20, conforme requer o método. Os resultados também mostram que os fatores socioambientais são parte dos fatores que desencadeiam os deslizamentos, juntamente com os fatores antrópicos, tais como: cortes irregulares no talude, alijamento de resíduos sólidos em locais impróprios, construção de moradias em locais irregulares, despejo de água servidas nas encostas, entre outros.

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

É importante salientar que devido aos processos de desordem urbana, a área

que compreende a bacia do rio Taquari encontra-se em processo de franca expansão, com terrenos sendo loteados e muitas casas em construção. Assim, é interessante destacar o importante papel da Defesa Civil Municipal na gestão do risco de desastres e dos órgãos fiscalizadores para que evitem a ocupação em áreas impróprias. Além disso, é necessária a criação de estratégias entre o poder público e a população para ações de realocação, educação ambiental e obras de contenção visando à segurança dos moradores da área.

REFERÊNCIAS

FARIA, D.; FILHO, A. (2013). **Aplicação do processo de Análise Hierárquica (AHP) no mapeamento de perigo de escorregamentos em áreas urbanas**. 34th ed. [ebook] São Paulo. Available at: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rig/article/view/8945/8210> [Accessed 1 Aug. 2019].

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

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

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

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

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agricultura 50, 52, 60

Água 6, 7, 21, 24, 31, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 52

Ambiente 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 27, 40, 42, 43, 44, 48, 50, 52, 57, 60, 61, 76, 78, 81, 82, 84, 85, 101, 103, 104, 105, 107, 109, 110

B

Banco Mundial 42, 47, 77, 88

Brumadinho 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 52, 61

C

Cartão de pagamento de defesa civil 63, 64, 67, 69, 72, 73

Comunicação 31, 49, 50, 51, 53, 57, 58, 59, 60, 61, 85, 102, 104

Comunidade científica 54

Conflito 40, 47

Construção civil 100, 101, 102, 110, 111

Crise hídrica 41, 42, 46

D

Defesa Civil 16, 17, 20, 22, 23, 25, 27, 39, 51, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 98

Desabamentos 22

Desastre ambiental 3, 5, 6, 7, 12, 13, 49, 50, 51, 52, 53, 60

Desastres naturais 17, 26, 27, 30, 39, 47, 59, 62, 75, 88

Desenvolvimento nacional 4, 5, 6, 13

E

Eficiente 38, 76, 78, 87, 92, 110

Empresários 101

EPIs 105, 106, 107, 110

Escorregamento 24, 29

Estado 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 21, 23, 26, 28, 29, 31, 40, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 52, 55, 57, 62, 63, 64, 65, 66, 71, 72, 73, 74, 76, 79, 80, 83, 87, 89, 91, 98

G

Geomorfologia 16, 24, 34, 37, 112

Geoprocessamento 28, 30, 31

Gestão de voluntários 75

Grande Aracaju 16, 18, 19, 20, 21, 22, 26, 27

I

Inundações 18, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 40, 41, 42, 47, 77

M

Minas Gerais 5, 8, 11, 52

Modelagem 92, 104, 105

Modelo de leitura 51

Modelo Digital de Terreno 32

O

ONU 4, 14, 77, 78, 88

P

Perigos 55, 77, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108, 109, 110

Prejuízo humano 90

Projetos de gestão 50

Proteção individual 103

R

Recursos federais 63, 68, 69, 73

Redução de risco 64

Região Sudeste 30

Rio de Janeiro 14, 27, 28, 29, 31, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 81, 82, 83, 87, 88, 89, 90, 91, 98, 99

S

SAMU 89, 90, 91

Seca 40, 52, 55

Segurança 28, 39, 40, 41, 42, 46, 47, 53, 54, 55, 58, 60, 63, 75, 79, 87, 88, 89, 93, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 108, 110, 111

T

Transporte rodoviário 90

 **Atena**
Editora

2 0 2 0