

Coordenadores:

**Adélia Nunes**

**Luciano Lourenço**

# Análise e modelação de risco no ordenamento do território



**RISCOS**

Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

Coimbra, 2023

## **Análise e modelação de risco no ordenamento do território**

, o décimo primeiro volume da série *Estudos Cindínicos*, é constituído por seis capítulos que têm como denominador comum a análise e a modelação de riscos (hidrológicos, geomorfológicos, climáticos/meteorológicos) como ferramentas indispensáveis no ordenamento do território, na redução do risco de desastre e no fortalecimento da resiliência ambiental e social.

Tendo o ordenamento do território como finalidade acautelar a proteção da população e bens, através de uma ocupação, utilização e transformação do solo que tenham em conta a segurança de pessoas, prevenindo riscos coletivos e reduzindo os seus impactes nas pessoas e ecossistemas, torna-se imperioso conhecê-lo para que as decisões que venham a ser tomadas sejam informadas e eficientes.

Neste contexto, a análise e modelação da informação geográfica, quantitativa ou qualitativa, permite o conhecimento mais detalhado do território. Embora a modelação geográfica implique sempre uma simplificação da realidade, tornando-a manipulável, os resultados obtidos permitem uma aproximação à previsão do comportamento do território e dos fenómenos nele desenvolvidos, bem como dos agentes que intervêm no mesmo. Assume, assim, grande relevância na gestão e ordenamento do território, bem como ferramenta para a tomada de decisões sobre oportunidades, condicionantes, prevenção e mitigação de riscos.

Trata-se, sem dúvida, de um livro de elevada utilidade para investigadores, decisores públicos, professores e estudantes, com interesse nestas matérias ou com responsabilidade na análise e gestão dos riscos e no ordenamento do território.

### **Adélia Nunes**

Professora Associada, com Agregação em Geografia, na Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra



**RISCOS**  
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA  
DE RISCOS, PREVENÇÃO  
E SEGURANÇA

**ESTRUTURAS EDITORIAIS | EDITORIAL STRUCTURES**

Estudos Cindínicos

**DIRETOR PRINCIPAL | MAIN EDITOR**

Luciano Lourenço

RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

**DIRETORES ADJUNTOS | ASSISTANT EDITORS**

António Amaro, Adélia Nunes, António Vieira, Fátima Velez de Castro

RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

**ASSISTENTE EDITORIAL | EDITORIAL ASSISTANT**

Fernando Félix

RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

**COMISSÃO CIENTÍFICA | EDITORIAL BOARD**

**Adélia Nunes**

Universidade de Coimbra

**Ana Meira Castro**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

**António Betâmio de Almeida**

Instituto Superior Técnico, Lisboa

**António Duarte Amaro**

Universidade Nova de Lisboa

**António Vieira**

Universidade do Minho

**Bruno Martins**

Universidade de Coimbra

**Cristona Queirós**

Universidade do Porto

**Fátima Velez de Castro**

Universidade de Coimbra

**Helena Fernandez**

Universidade do Algarve

**Humberto Varum**

Universidade de Aveiro

**João Luís Fernandes**

Universidade de Coimbra

**José Simão Antunes do Carmo**

Universidade de Coimbra

**Luciano Lourenço**

Universidade de Coimbra

**Romero Bandeira**

Inst. de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Porto

**Tomás de Figueiredo**

Instituto Politécnico de Bragança

**Antenora Maria da Mata Siqueira**

Universidade Federal Fluminense, Brasil

**Antonio Carlos Vitte**

Universidade Estadual de Campinas, Brasil

**Carla Juscélia Oliveira Souza**

Universidade de São João del Rei, Brasil

**Jorge Olcina Cantos**

Universidade de Alicante, Espanha

**José Arnaez Vadillo**

Universidade de La Rioja, Espanha

**Lidia Esther Romero Martín**

Universidade Las Palmas de Gran Canaria, Espanha

**María Augusta Fernández Moreno**

Universidade Católica de Ibarra, Equador

**Miguel Castillo Soto**

Universidade do Chile

**Montserrat Díaz-Raviña**

Inst. Inv. Agrobiológicas de Galicia, Espanha

**Norma Valencio**

Universidade Federal de São Carlos, Brasil

**Tiago Ferreira**

University of the West of England

**Virginia Araceli García Acosta**

CIESAS, México

**Xavier Ubeda Cartaña**

Universidade de Barcelona, Espanha

**Yolanda Teresa Hernández Peña**

Univ. Distrital Francisco José de Caldas, Colômbia

**Yvette Veyret**

Universidade de Paris X, França

ADÉLIA NUNES  
LUCIANO LOURENÇO  
(COORDS.)



# ANÁLISE E MODELAÇÃO DE RISCO NO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO

**EDIÇÃO**

RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

**Email:** [riscos@riscos.pt](mailto:riscos@riscos.pt)

**URL:** <https://www.riscos.pt/publicacoes/sec/>

**OBRA SUJEITA AO PROCESSO DE REVISÃO POR PARES**

**COORDENAÇÃO EDITORIAL**

Adélia Nunes e Luciano Lourenço

**IMAGEM DA CAPA**

Karine Nieman

**PAGINAÇÃO**

Fernando Félix

**EDIÇÃO GRÁFICA**

Fernando Félix

**ISSN**

2184-5727

**DOI (Série)**

<https://doi.org/10.34037/978-989-54295-1-6>

**ISBN Digital**

978-989-9053-18-2

**DOI**

[https://doi.org/10.34037/978-989-9053-18-2\\_11](https://doi.org/10.34037/978-989-9053-18-2_11)

## SUMÁRIO

<b>PREFÁCIO</b> .....	9
<b>A importância dos modelos numéricos na previsão dos efeitos das alterações climáticas e dos eventos extremos em áreas estuarinas</b> Isabel Iglesias, José Luís Pinho, Ana Bio, Paulo Avilez-Valente, Willian Melo, José Vieira, Luísa Bastos e Fernando Veloso-Gomes .....	13
<b>Áreas sujeitas a inundação e alagamento na cidade de Maricá, RJ - Brasil</b> Alessandra Conde de Freitas, Fabíola de Souza Freitas e Lidiane dos Santos Lima ....	45
<b>Aplicação do modelo Height Above the Nearest Drainage (HAND) para mapeamento de inundação na bacia hidrográfica do rio Cuiá, João Pessoa, Paraíba, Brasil</b> Mária Luisa Palitot Remígio Alves, Hamilcar José Almeida Filgueira e Jessé Pedro Gomes Júnior .....	83
<b>Índice para avaliação de áreas sujeitas a risco de movimentos em massa</b> Thyago Anthony Soares Lima, Fernando Granja-Martins e Helena Fernandez .....	111
<b>O fator LS (EUPS) aplicado ao ordenamento do território para delimitação da Reserva Ecológica Nacional (REN)</b> António Alves da Silva e Fernando Lagos Costa .....	151
<b>Contributos para a análise de riscos em ambientes condicionados pelo ar húmido – estudos de caso</b> Mário Talaia .....	193





## PREFÁCIO

**Análise e modelação de risco no ordenamento do território** é o tema do décimo primeiro volume da série *Estudos Cindínicos*, lançada em 2018, a qual pretende compilar contributos diversos, provenientes tanto de autores de diferentes nacionalidades, cujas realidades estão sujeitas a vários tipos e graus de riscos, como de distintas áreas de investigação, cobrindo assim uma vasta diversidade de regiões e de temas, dentro das ciências cindínicas.

O ordenamento do território tem como fim acautelar a proteção da população, através de uma ocupação, utilização e transformação do solo que tenham em conta a segurança de pessoas, prevenindo riscos coletivos e reduzindo os seus efeitos nas pessoas e bens e, desta forma, aumentando a resiliência do território aos impactes decorrentes de manifestação de processos potencialmente perigosos. O território, por sua vez, constitui-se como um domínio complexo resultante da interação e influência de diversos elementos, também eles de elevada complexidade, os quais influenciam e condicionam a sua gestão e utilização. Como tal é imperioso conhecê-lo para que as decisões que venham a ser tomadas sejam informadas e eficientes.

Neste contexto, a análise da informação geográfica, quantitativa ou qualitativa, permite o conhecimento mais detalhado desse território. Embora a modelação geográfica implique sempre uma simplificação da realidade, tornando-a manipulável, os resultados obtidos permitem uma aproximação à previsão do comportamento do território e dos fenómenos nele desenvolvidos, bem como dos agentes que intervêm no mesmo. Assume, assim, grande relevância na gestão e ordenamento do território, bem como ferramenta para a tomada de decisões sobre oportunidades, condicionantes, prevenção e mitigação de riscos.

Este volume, que agora dá à estampa, é constituído por seis capítulos que têm como denominador comum a análise e a modelação de riscos (hidrológicos, geomorfológicos, climáticos/meteorológicos) como ferramentas indispensáveis no ordenamento do território, na redução do risco de desastre e no fortalecimento da resiliência ambiental e social.

No primeiro capítulo, da autoria de Isabel Iglesias, José Luís Pinho, Ana Bio, Paulo Avilez-Valente, Willian Melo, José Vieira, Luísa Bastos e Fernando

Veloso-Gomes, intitulado “*A importância dos modelos numéricos na previsão dos efeitos das alterações climáticas e dos eventos extremos em áreas estuarinas*” analisa-se a hidrodinâmica estuarina do Douro e do Minho, como o intuito de reduzir a vulnerabilidade e aumentar a resiliência dos estuários. Para o efeito, combinaram diferentes modelos, considerando diversos cenários, atuais e futuros, fluxos de cheia e valores extremos do nível do mar segundo as projeções dos RCPs do IPCC. Os resultados obtidos fornecem informações essenciais para o desenvolvimento de protocolos e estratégias de mitigação, para proteger os recursos naturais, populações e infraestruturas costeiras, mais bem-adaptadas a eventos extremos futuros e às condições de alterações climáticas.

Alessandra Conde de Freitas, Fabíola de Souza Freitas e Lidiane dos Santos Lima são os autores do segundo capítulo, o qual tem como principal objetivo localizar as “*Áreas sujeitas a inundação e alagamento na cidade de Maricá, RJ – Brasil*”, recorrendo a metodologias diversas. Assim, das 32 localidades avaliadas, 5 foram afetadas por inundações, 15 por alagamentos e 12 foram afetadas por inundações e alagamentos, sendo esses processos típicos de regiões de média a alta suscetibilidade. Com efeito, esta cidade costeira do estado do Rio de Janeiro, Brasil, assinalou, nas últimas décadas, um crescimento populacional urbano significativo, potencializando a ocorrência de desastres hidrológicos. Os Autores são perentórios ao afirmar que os resultados obtidos através deste trabalho permitiram “[...] *verificar que fatores como urbanização, planeamento urbano, mudanças nos usos da terra, gerenciamento dos recursos naturais (por exemplo, água) e ações educativas, podem afetar a abrangência, frequência e a severidade de desastres associados a inundações e alagamentos, em termos de perdas de vidas, prejuízos económicos e impactos no meio ambiente*”.

O terceiro capítulo, com o título “*Aplicação do modelo Height Above the Nearest Drainage (HAND) para mapeamento de inundação na bacia hidrográfica do rio Cuiá*”, é da autoria de João Pessoa, Maria Luisa Palitot Remígio Alves, Hamilcar José Almeida Filgueira e Jessé Pedro Gomes Júnior. Tem como objetivo cartografar episódios de inundação numa secção da Bacia Hidrográfica do rio Cuiá, utilizando o modelo descritor de terreno *Height Above the Nearest Drainage* (HAND), antes e após a realização de desassoreamento no leito do rio. Para o efeito, obtiveram fotografias métricas que permitiram a realização de um Modelo Digital de Terreno

(MDT), com resolução espacial de 0,30 m. Os resultados obtidos, de acordo com o modelo HAND, mostraram que o desassoreamento reduziu em 50,8% o número de casas suscetíveis a inundação e em 31,5% a área total afetada pelas cheias. Apesar da intervenção no leito do rio poder ser considerada de eficiente, na minimização dos problemas relacionados com as inundações na área de estudo, os Autores classificam esta dragagem como uma medida paliativa, podendo ser classificada como uma prática agressiva ao rio.

O capítulo da autoria de Thyago Anthony Soares Lima, Fernando Granja-Martins e Helena Fernandez, com o título “*Índice para avaliação de áreas sujeitas a risco de movimentos em massa*” propõe-se apresentar um índice de risco de movimentos em massa, à escala regional, tendo sido aplicado à cidade de Maceió, Alagoas, Brasil, muito suscetível à manifestação deste risco. Na equação para o cálculo do Índice de Movimentos em Massa (IMM) consideraram duas componentes; a primeira inclui sete fatores de perigosidade (Litologia, Unidades do Relevo, Pedologia, Declive, Precipitação, Vegetação e o Uso e Ocupação do Solo) e a segunda o fator da vulnerabilidade (Densidade Demográfica e a Situação da Moradia e os Registos de Ocorrências). Os resultados obtidos mostram a existência de áreas muito suscetíveis à ocorrência de movimentos em massa, sendo que a elevada densidade demográfica dos bairros e a má qualidade de construção contribuem para o incremento da vulnerabilidade da população residente.

“*O fator LS (EUPS) aplicado ao ordenamento do território para delimitação da Reserva Ecológica Nacional (REN)*” é o título do quarto capítulo, de António Alves da Silva e Fernando Lagos Costa. Neste trabalho de investigação, os Autores visam definir os limites da Reserva Ecológica Nacional (REN) a nível municipal, tendo por base as Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo (AEREHS), definidas pela Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) Revista (RUSLE), de acordo com a legislação em vigor. Para o efeito, compararam os resultados da aplicação de métodos e variantes de cálculo do fator topográfico LS na perda potencial de solo em contextos geomorfológicos variáveis, no intuito de optar por uma solução genérica mais adequada. Os resultados obtidos sugerem que a versão 2 da RUSLE (RUSLE2), que limita o comprimento do escoamento não organizado a 305 m (máximo previsto pelos autores da EUPS), é a mais adequada ao cálculo do LS e delimitação das AEREHS no

âmbito da REN. Consideram os Autores, ainda, que esta versão da RUSLE se adapta melhor a regiões em que a erosão hídrica se concentra no inverno, discriminando as áreas de escoamento em toalha de sulcagem, consoante o declive. Reforçam, todavia, a necessidade de diferenciar contextos geomorfológicos em cada município, pois o método usado e sobretudo a cartografia de base afetam os resultados, com impactos substanciais na demarcação da REN.

Mário Talaia é o Autor do último capítulo deste livro, com o tema “*Contributos para a análise de riscos em ambientes condicionados pelo ar húmido – estudos de caso*”, no qual são explorados ambientes que podem gerar riscos para a saúde pública, nomeadamente ambiente térmico, mobilidade de vírus no ar húmido, riscos de saúde num incêndio florestal e riscos de saúde num mergulho em apneia. A análise deste tipo de risco assume particular relevância com a problemática das alterações climáticas, do aquecimento global e em cenários de novos ecossistemas. O Autor, com base em diferentes cenários, com risco para a saúde humana apresentou leis físicas e/ou químicas de modo a serem geradas expressões ou modelos simples para a interpretação dos estudos de caso considerados. Propôs ainda, para cada estudo de caso, estratégias de intervenção de modo a estabelecer limiares de segurança e manter limites de tolerância.

Trata-se, sem dúvida, de um livro de elevada utilidade para investigadores, decisores públicos, professores e estudantes, com interesse nestas matérias ou com responsabilidade na análise e gestão dos riscos e no ordenamento do território. A expectativa é a de que, com o envolvimento e articulação de todos, se possa gerir o território de modo reduzir os riscos e aumentar capacidade de antecipação e mitigação dos danos, através de comunidades e ecossistemas mais resilientes.

Coimbra, 12 de julho de 2023

**Adélia Nunes**

**ÍNDICE PARA AVALIAÇÃO DE ÁREAS SUJEITAS A  
RISCO DE MOVIMENTOS EM MASSA**  
**INDEX FOR EVALUATION OF AREAS SUBJECT TO  
RISK OF MASS MOVEMENTS**

**Thyago Anthony Soares Lima**

Universidade do Algarve, Instituto Superior de Engenharia (Portugal)  
ORCID: 0000-0002-4607-2953 thyagoanthonysoares@yahoo.com.br

**Fernando Miguel Granja-Martins**

Universidade do Algarve  
Centro de Investigação em Turismo, Sustentabilidade e Bem-estar (Portugal)  
ORCID: 0000-0002-2709-804X fmmartin@ualg.pt

**Helena Maria Fernandez**

Universidade do Algarve  
Centro de Investigação em Turismo, Sustentabilidade e Bem-estar (Portugal)  
ORCID: 0000-0002-3677-1064 hfernand@ualg.pt

**Resumo:** Os índices para a avaliação de riscos são instrumentos essenciais na monitorização, no planeamento, na gestão e nas tomadas de decisão num território. Este trabalho de investigação propõe apresentar um índice de risco de movimentos em massa, aplicado a grandes escalas, de modo a trazer respostas mais realistas na prevenção. Neste trabalho, é feita uma abordagem regional com enfoque em registos das ocorrências classificadas de nível elevado, num mapeamento pormenorizado e numa análise espacial exaustiva. O procedimento partiu de dois pressupostos: (i) os locais de movimentos passados poderão ser fonte de movimentos futuros; (ii) os movimentos futuros terão as mesmas condições, ou condições similares, às dos movimentos ocorridos anteriormente. O índice proposto resulta da integração de fatores de suscetibilidade (geologia,

geomorfologia, pedologia, uso e ocupação do solo, vegetação, declividade e pluviosidade), com o número de registos de ocorrências e com a vulnerabilidade (população exposta ao fenómeno e a fragilidade da habitação). O índice foi aplicado na cidade de Maceió, Alagoas, Brasil, tendo-se verificado que existem áreas muito suscetíveis à ocorrência de movimentos em massa, nomeadamente, o Vale do Reginaldo, a Lagoa Mundaú, o Tabuleiro e o litoral da Ponta Verde. A elevada densidade demográfica dos bairros e a má qualidade de construção contribuem para o incremento da vulnerabilidade da população residente.

**Palavras-chave:** Movimento em massa, riscos, suscetibilidade, vulnerabilidade.

**Abstract:** Risk assessment indices are essential tools for monitoring, planning, management, and decision making in a territory. This research paper proposes to present a risk index of mass movements applied to large scales, in order to arrive at more realistic responses. This regional approach focused on a high-occurrence inventory, detailed mapping and exhaustive spatial analysis. The procedure started from two assumptions, these being, (i) the locations of past movements may be a source of future movements, and (ii) future movements shall have the same conditions, or conditions similar to those of previous movements. The proposed index results from the integration of susceptibility factors (geology, geomorphology, pedology, land use and occupation, vegetation, slope and rainfall), with the number of occurrence records and vulnerability (population exposed to the phenomenon and fragility of housing). The index was applied in the city of Maceió, Alagoas, Brazil, and it was confirmed that there are areas very susceptible to the occurrence of mass movements, with the Reginaldo Valley, Mundaú Lagoon, the Tabuleiro, and the Ponta Verde coastline being among them. The high demographic density of the neighbourhoods and the poor quality of construction are factors in the increased vulnerability of the resident population.

**Keywords:** Mass movement, risks, susceptibility, vulnerability.

## Introdução

A nível global, os desastres naturais têm aumentado em frequência, em magnitude e em extensão (Kobiyama *et al.*, 2006). Devido às características do meio físico, do clima tropical e da alta pluviosidade, o Brasil, principalmente nas áreas urbanas, apresenta um conjunto de fatores que favorecem, o desencadeamento de movimentos em massa, com muita frequência e intensidade, causando prejuízos sociais, ambientais, e económicos, e principalmente a perda de vidas humanas (IBGE, 2019). As repercussões económicas são elevadas, por exemplo, os danos estimados após os episódios ocorridos nos estados de Santa Catarina, Pernambuco, Alagoas e Rio de Janeiro, entre os anos de 2008 e 2011 foram na ordem de R\$ 15,5 bilhões (URBR, 2013). O Brasil tem efetivamente falhado na prevenção destes desastres há décadas, segundo o Banco Mundial entre 1995 e 2014, o país teve prejuízos na ordem dos R\$ 800 milhões por ano, por não dar uma resposta adequada aos desastres naturais (Mori, 2019).

Este cenário é ainda mais preocupante quando se observa que os valores estimados são parciais, já que a avaliação completa de perdas e danos de desastres é geralmente limitada pela disponibilidade de dados e pela impossibilidade prática de análise de todos os eventos registados no país (URBR, 2013). A economia brasileira sofreu perdas diretas de R\$ 58,3 bilhões (US\$ 15,7 bilhões) por causa de desastres naturais no período 1998-2017, segundo um novo relatório da Agência da Organização das Nações Unidas (ONU) para Redução de Riscos de Catástrofes (UNISDR, 2017).

Para garantir a sustentabilidade de uma região, a identificação dos riscos deve ser um dos aspetos mais importantes no planeamento e na prevenção (Ganoulis, 2008). Identificar e medir riscos antes que o desastre ocorra é uma tarefa essencial para a redução efetiva do risco a longo prazo (Welle e Birkmann, 2015). Para compreender que o desastre “não é natural” é importante considerar os elementos do risco. O risco é uma função da ameaça (Inundações, deslizamentos de terras, ciclones, terremotos), da exposição de pessoas e bens a essa ameaça, e das condições de vulnerabilidade das populações e bens expostos (ONU, 2012).

As mudanças climáticas e os eventos climáticos extremos tendem a aumentar a exposição das cidades tornando o risco maior. Menos óbvio, é o desenvolvimento das cidades, que pode contribuir para uma alteração ambiental complexa, caso não sejam colocadas em prática ações de resiliência (Pereira e Almeida, 2018).

As cidades brasileiras têm apresentado um crescimento demográfico muito rápido, principalmente nas áreas periféricas, sendo precisamente nestas áreas, que o poder público tem tido grandes dificuldades de ação, nomeadamente, no desenvolvimento de infraestruturas adequadas (Holz, 2010).

A evolução destes paradigmas exige cada vez mais, aos *stakeholders*, compreender e gerir com mais eficácia os riscos existentes e futuros. Torna-se assim, primordial o avanço de ações integradas de gestão de risco, a fim de os minimizar e assegurar a formação das comunidades resilientes à ocorrência de eventos desta natureza.

A identificação e a análise espacial das áreas de ocorrência de movimentos em massa, poderá vir a contribuir para apresentação de metodologias para avaliar se existe a ocorrência de padrões de comportamento e de dinâmica destes processos, no sentido de estabelecer diferentes áreas de risco dentro de uma cidade.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a capital do estado de Alagoas, Maceió, é proporcionalmente, a cidade com mais habitantes na região nordeste, possuindo cerca 39% da população do estado (IBGE, 2018). Maceió é uma cidade do litoral, com muito turismo e com uma área totalmente urbanizada. Portanto, torna-se ainda mais relevante a identificação de áreas suscetíveis a desastres, nomeadamente, a espacialização das áreas de risco aos fenómenos de movimentos em massa.

Sendo assim, propõe-se trabalhar um índice de movimentos em massa, na cidade de Maceió, partindo da premissa que antes mesmo das questões, relativamente ao aumento de intensidade e frequência da precipitação devido às mudanças climáticas ou a problemas de urbanização e de impermeabilização do solo, existem regiões naturalmente mais propensas a sofrer com este fenómeno devido à sua elevada declividade (Kobiyama *et al.*, 2006).

A partir das características físicas, como a topografia, o tipo de solo, a geologia e a precipitação, é possível estimar quais os locais de uma determinada região que são suscetíveis aos movimentos em massa. Além das características naturais também é possível adicionar as informações relativas à urbanização e identificar novos locais suscetíveis. Estes aspetos estão relacionados na avaliação do risco de movimentos em massa sempre sustentado na ameaça e na vulnerabilidade (Rotava, 2014).

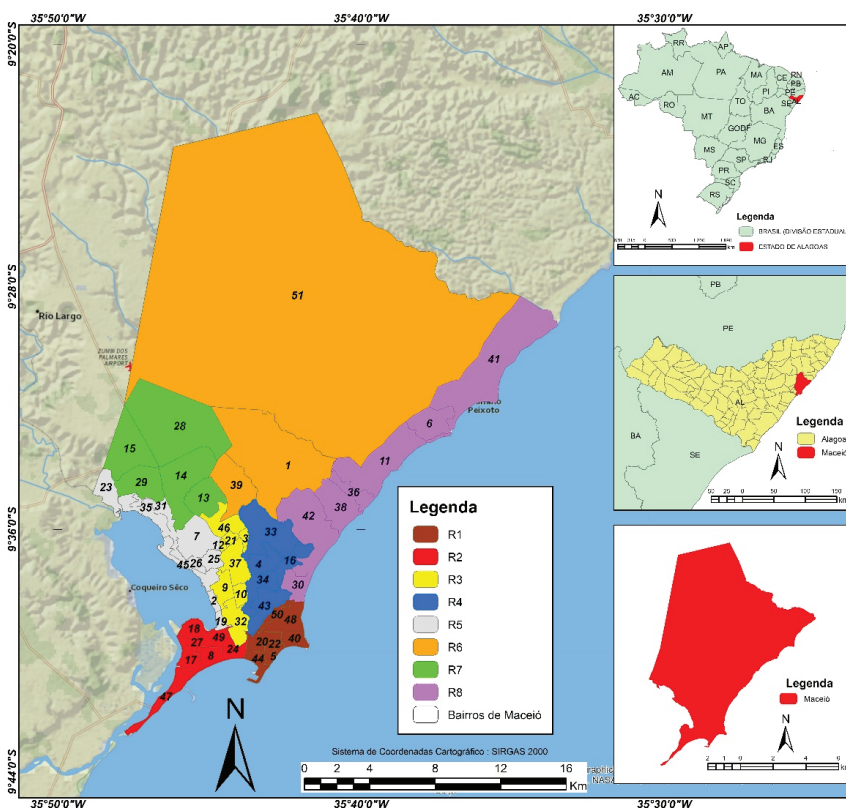


O objetivo principal deste trabalho consiste no desenvolvimento e aplicação de uma metodologia de estudo do risco de movimentos em massa, que considera não só as propriedades do fenômeno em si, mas também características socioeconômicas da população e da região afetada. Foram considerados os parâmetros de suscetibilidade (geologia, geomorfologia, pedologia, uso e ocupação do solo, vegetação, declividade e pluviosidade), o número de registros de ocorrências e os parâmetros de vulnerabilidade (população exposta ao fenômeno e a fragilidade da habitação). Além disso, cada um desses fatores pode apresentar importância diferenciada na avaliação, que é conjugada num índice quantitativo, variável de 1 a 5 (1-Risco Muito Baixo, 2 – Risco Baixo, 3- Risco Moderado, 4-Risco Alto, 5-Risco Muito Alto), denominado Índice de Movimentos em Massa (IMM).

### **Área de Estudo**

Este índice foi aplicado à cidade de Maceió, no estado de Alagoas, no Nordeste do Brasil, Latitude: 9° 39' 59" Sul Longitude: 35° 44' 6" Oeste, Sistema de projeção Sirgas 2000 (fig. 1). A cidade possui de acordo com os censos do IBGE, aproximadamente 1.012.382 habitantes (IBGE, 2018), sendo a capital mais adensada da região nordeste brasileira. É possível perceber que a cidade está organizada e agrupada em 51 bairros em oito regiões administrativas (R1 a R8). (fig. 1). As regiões R1, R2, R5 e R8 estão contidas na unidade geomorfológica Zona Costeira e as regiões R3, R4, R6 e R7 na unidade geomorfológica Tabuleiro Costeiro. A cidade de Maceió tem assistido a um crescimento urbano acelerado e desordenado. Grande parte das residências de má construção ocupam áreas indevidas, sem vegetação e muito declivosas, o que favorecem a ocorrência de movimentos em massa, contribuindo todos os anos para o aumento de perda de vidas humanas, principalmente nos períodos chuvosos (dos Santos *et al.*, 2017). Segundo os dados Prefeitura Municipal da cidade de Maceió, entre 2013 e 2019, as regiões administrativas com maior número de ocorrências foram

as regiões R7 (com 190) e a R4 (com 128). A região R7 corresponde à parte mais nobre da cidade, enquanto a R4 inclui bairros com os problemas descritos anteriormente, suscitando por isso riscos diferentes.



Nome	Número	Nome	Número	Nome	Número	Nome	Número
Benedito Bentes	1	Santa Lucía	13	Chã de Bebedouro	26	Guaxuma	38
Mutange	2	Tabuleiro do Martins	14	Ponta Grossa	27	Antares	39
Ouro Preto	3	Santos Dumont	15	Cidade Universit	28	Ponta Verde	40
Barro Duro	4	São Jorge	16	Clima Bom	29	Ipioca	41
Pajuçara	5	Trapiche da Barra	17	Cruz das Almas	30	Jacarecica	42
Pescaria	6	Vergel do Lago	18	Santa Amélia	31	Jaraguá	44
Petropolis	7	Bom Parto	19	Farol	32	Bebedouro	45
Prado	8	Poço	20	Serraria	33	Jardim Petr	46
Pinheiro	9	Canaã	21	Feltoza	34	Pontal da Barra	47
Pitanguiinha	10	Ponta da Terra	22	Fernão Velho	35	Jatiuca	48
Riacho Doce	11	Rio Novo	23	Garça Torta	36	Levada	49
Santo Amaro	12	Chã da Jaqueira	25	Gruta de Lourdes	37	Mangabeiras	50
						Área Rural	51

Fig. 1 - Bairros de Maceió.  
 Fig. 1 - Neighbourhoods of Maceió.

## Índice de Movimentos em Massa

Os grandes prejuízos, nomeadamente sociais, económicos e ambientais provocados pelos fenómenos naturais dependem das características do local onde ocorre o evento, da frequência e da intensidade. Na área de estudo, os movimentos em massa são muito frequentes e muito importantes na modelação geomorfológica da superfície terrestre. Este fenómeno consiste no deslocamento de material, de solo e de rocha pelas vertentes abaixo, sendo desencadeados pela ação direta da água ou do vento e podendo ser potencializado pela ação antrópica (Lucamba, 2019).

Segundo Highland e Bobrowsky (2008), os movimentos em massa são classificados em diversas categorias, de acordo com os mecanismos inerentes ao movimento e aos diferentes materiais envolvidos, nomeadamente: Quedas, Tombamentos, Escorregamento Rotacional, Escorregamento Translacional, Espalhamento Lateral, Fluxo de Detritos, Avalanche de Detritos e Fluxo de Terra. Neste estudo não houve discriminação do tipo de movimento em massa.

Existem dois grandes grupos de condicionantes de movimentos em massa: os naturais e os antrópicos. Os condicionantes naturais estão relacionados com as características geomorfológicas, como o relevo, o declive, a geologia e a pedologia e com as características climáticas, como a precipitação e o vento. Os condicionantes antrópicos são determinados pelo padrão de uso e ocupação do solo, por parte da sociedade (Mantovani, 2016).

As características intrínsecas do terreno irão determinar a capacidade de suporte do solo aos diversos tipos de uso e ocupação e à ocorrência de chuvas (Avancini, 2018).

A atividade humana é um dos agentes mais importantes neste fenómeno. O desmatamento das encostas, os aterros mal dimensionados, as habitações clandestinas e com poucas infraestruturas, a ausência de rede drenagem de águas pluviais e de esgotos, a pavimentação inapropriada, a incompatibilidade de determinadas habitações com o relevo existente e a ausência de um padrão urbanístico, podem ser os principais proporcionadores de acidentes, causando prejuízos materiais e até em alguns casos perdas de vidas humanas (Pereira *et al.*, 2016).

As soluções para o problema de movimentos em massa, sejam elas preventivas ou mitigadoras, podem passar pelo correto planeamento do uso do solo, pelas

melhorias das condições de habitação e educação da população. No entanto, também passa pela ação dos gestores públicos, intervencionando nas zonas críticas, realizando estudos de impacto do crescimento urbano em áreas mais sensíveis e analisando diferentes tipos de solução. A análise de risco de movimento em massa é com certeza uma das ferramentas indispensáveis na gestão do território (Fonseca, 2014).

Normalmente, essa análise resulta na simples identificação de zonas críticas (presença/ausência), não sendo possível compará-las ou estimar o impacto de distintas alternativas para a gestão do problema. A tarefa dos gestores é dificultada pela inexistência de uma metodologia padronizada de análise de risco ou mesmo de consenso quanto à definição deste conceito (Rotava, 2014).

Com isso, o risco é avaliado de forma subjetiva, levando-se em conta somente alguns dos fatores que contribuem para o problema e deixando de parte outros que podem ser importantes na análise. A avaliação é feita de acordo com um julgamento particular, com base em informações técnicas disponíveis e em conhecimento e experiência anteriores, inviabilizando muitas vezes a justificação ou repetição da análise. Nem sempre é feita a distinção quanto à importância relativa de cada fator (Rotava, 2014).

Crepani *et al.* (2001) com base em modelos geosistemáticos e através do conhecimento de base sobre a dinâmica associada aos movimentos em massa identificou os principais fatores que condicionam ou aumentam o efeito, a intensidade e o grau de dano causado por esta tipologia de eventos. Assim, foi reunido um conjunto de bases de dados espaciais que, não só permitem uma análise à escala da área em estudo, como reúnem a capacidade de explicar a ocorrência deste tipo de eventos potencialmente danosos. Este conjunto de dados foi integrado no Índice de Movimento em Massa (IMM), no qual as diferentes variáveis espaciais são interpretadas como partes de uma equação algébrica que permite estabelecer em teoria as suas relações factuais.

O IMM constitui, uma metodologia simples de análise multicritério com possíveis limitações. Este índice pode ser usado como ferramenta de suporte à decisão, dado que permite uma comparação quantitativa entre zonas críticas, o que é útil na hierarquização de obras e na justificação dos investimentos públicos.

## Materiais e Métodos

A metodologia proposta para a análise do risco de movimentos em massa, assenta em variáveis geomorfológicas, climáticas e antrópicas. A classificação hierárquica de cada variável foi adaptada do trabalho desenvolvido por Tricart (1977) e continuado por Ross (1994) e Crepani *et al.* (2001). Segundo Tricart (1977) a estabilidade de um terreno resulta do equilíbrio da dinâmica natural onde há atividade/ocupação antrópica. Assim, o autor integrando a geologia, a geomorfologia, a pedologia, a climatologia e fatores sociais, atribuindo diferentes pesos, estabeleceu classes hierárquicas de fragilidade do terreno. Neste trabalho de investigação foi definida a equação do IMM adaptada da expressão canónica de riscos de Almeida (2014) sendo a componente de suscetibilidade baseado em Crepani *et al.* (2001) (Eq.1).

$$IMM = \frac{Lito \times Relev \times Pedo \times Decl \times Prec \times Veg \times UOS}{7} \times \frac{Dens \times Stm \times RO}{3} \quad \text{Eq.1}$$

Onde, *Lito* é a Litologia, *Relev* são as Unidades do Relevo, *Pedo* a Pedologia, *Decl* o declive, *Prec* a Precipitação, *Veg* a Vegetação, *UOS* o Uso e Ocupação do Solo, *Dens* a Densidade Demográfica, *Stm* é a Situação da Moradia e *RO* os Registos de Ocorrências

A equação para o cálculo do IMM tem com base duas componentes, a primeira representa os sete fatores de perigosidade (Litologia, Unidades do Relevo, Pedologia, Declive, Precipitação, Vegetação e o Uso e Ocupação do Solo) e a segunda o fator da vulnerabilidade (Densidade Demográfica e a Situação da Moradia e os Registos de Ocorrências).

A descrição litológica permite identificar as zonas de maior ou menor plasticidade e resistência. As unidades do Relevo permitem compreender a dinâmica da paisagem. A caracterização do solo é outro elemento influente, uma vez que, o conhecimento das suas características, nomeadamente, o gradiente textural, os horizontes, a porosidade, a dureza e as propriedades químicas, permitem identificar o poder de sustentação, compactação e hidrofobicidade do solo, favorecendo ou não, os processos de erosão. O fator Declive é determinante na evolução das vertentes, especialmente na ausência de coberto vegetal, pois quanto maior for o declive maior será a influência da força da gravidade sobre o terreno das vertentes (exceto

movimentos de queda livre) (Teixeira, 2005). A precipitação extrema juntamente com a ocupação desordenada do território tendem a desencadear a ocorrência de movimentos em massa, sendo o cálculo da intensidade pluviométrica importante num estudo com este âmbito. A vegetação possui outro papel importante na sustentação do solo, sobretudo quando solo é esquelético e/ou situado em áreas com declives elevados.

Os dados de litologia provêm da base de dados da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) a uma escala 1:250000. Os dados de Precipitação advêm de uma análise estatística de relatórios históricos e reconstruções de uma série climática de 1 de abril de 1980 a 30 de abril de 2018, fornecidos pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos / Superintendência de Meio Ambiente (SEMARH). As Unidades de Relevô, a Pedologia, a Vegetação e o Uso e Ocupação do Solo, foram obtidos de diversos projetos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), nomeadamente, o Zoneamento Agroecológico do Estado de Alagoas (ZAAL), o Brasil em Relevô e o Diagnóstico Ambiental do Município de Maceió (EMBRAPA, 2006, 2008, 2017), à escala 1:25000. Em particular, as Unidades de Relevô resultaram do projeto ZAAL, que integrou a informação dos solos, clima, relevô, uso das terras, aptidão pedológica, pedoclimática e potencial de terras para irrigação para mostrar as potencialidades e limitações do estado de Alagoas (De Araújo Filho *et al.*, 2020). A variável Declive foi obtida do Modelo Digital de Elevação (MDE) referente à missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com uma resolução espacial de 30 m (Hott *et al.* 2006). A determinação do declive,  $\delta$  de cada pixel na linha  $l$  e coluna  $k$  baseou-se nos valores de elevação  $E$  dos pixels vizinhos e na resolução espacial  $R$  do MDE (Eq.2)

$$\delta = \sqrt{\left(\frac{E(l,k+1)-E(l,k-1)}{2R}\right)^2 + \left(\frac{E(l-1,k)-E(l+1,k)}{2R}\right)^2} \quad \text{Eq.2}$$

Os declives foram classificados em 5 classes: 0-2% (muito suave), 2-6% (suave), 6-20% (mediano), 20-50% (acentuado) e superior a 50% (escarpado) de acordo com Crepani *et al.* (2001).

As variáveis de suscetibilidade, foram classificadas de acordo com Crepani *et al.* (2001) numa escala de números reais de 0 a 5 de acordo com a relação morfogênese/pedogênese.

Para uniformizar as diferentes variáveis de suscetibilidade os mapas produzidos foram reclassificados de 1 a 5 (TABELA I).

**TABELA I** - Grau de suscetibilidade.

*TABLE I - Degree of susceptibility.*

<b>Índice de Suscetibilidade</b>	<b>Suscetibilidade reclassificada</b>
≤ 1	1 – Muito Baixo
>1 e ≤2	2 - Baixo
> 2 e ≤3	3 - Médio
>3 e ≤4	4 - Alto
>4 e ≤5	5 – Muito Alto

No que diz respeito às variáveis de vulnerabilidade, a Densidade Demográfica que resulta da divisão da população pela área em km<sup>2</sup> de cada bairro de Maceió, foi dividida em cinco classes do mais denso (valor 5) ao menos denso (valor 1), de acordo com Fagundes (2002). Os dados utilizados foram obtidos dos censos, de 2018 (IBGE, 2018).

Procedeu-se da mesma forma para os dados de Situação da Moradia (divisão em 5 classes). Adaptado da classificação do IBGE (2003), as casas e apartamentos particulares permanentes com paredes predominantemente de alvenaria (tijolo, adobe, pedra), foram classificados de vulnerabilidade “Muito Baixa” (valor 1) e os prédios com as paredes de cimento (pré-moldado ou aparente) de vulnerabilidade “Baixa” (valor 2). As casas de taipa revestidas de madeira aparelhada ou recobertas de mármore, metal, vidro ou lambris; foram classificados de vulnerabilidade “Média” (valor 3) e as casas de madeira aproveitada (madeira de embalagem, tapumes, andaimes etc.) de vulnerabilidade “Alta” (valor 4). Os aglomerados subnormais, construídos de material frágil não durável (palha, sapé, folha ou casca de vegetal) foram considerados de vulnerabilidade “Muito Alta” (valor 5). Salienta-se ainda, que as informações sobre as habitações consideradas para cada bairro, foram as predominantes ao nível do setor censitário e consistiram não só no material utilizado na construção das casas, mas também nos serviços de infraestrutura básica (abastecimento de água potável, sistemas de águas residuais, tratamento dos

resíduos sólidos e iluminação elétrica), no tipo de ocupação, na gestão pública da habitação entre outros aspetos.

Os registos dos movimentos em massa e a sua frequência são de extrema importância para caracterizar movimentos futuros, uma vez que estes têm tendência para ocorrerem com as mesmas condições, ou condições muito similares nos mesmos locais. Neste trabalho foi considerado os registos entre 2013 a 2019 obtidos a partir de vários documentos, nomeadamente, os documentos oficiais da Prefeitura Municipal da cidade de Maceió (PMRR,2013;CONDEC, 2017). Foram criadas cinco classes dos Registos de Ocorrências, de acordo com a frequência em que o evento ocorria (do valor 1 que corresponde à frequência de ocorrência Muito Baixa até ao valor 5 que corresponde à frequência de ocorrência Muito Alta).

Com o cruzamento de todas as variáveis descritas foi obtido um mapa IMM para cidade de Maceió com resolução espacial de 1 km × 1 km . O IMM é o produtório que assume em teoria um valor máximo de 465029.7619 e adaptando os critérios de Gusmão Filho *et al.* (1992) foi reclassificado em cinco classes de Risco utilizando o algoritmo Natural Breaks (Jenks, 1963) (TABELA II).

**TABELA II** - Classificação dos valores de risco.

*TABLE II - Classification of risk values.*

Valor Indexado	Risco
≤ 1600	I - Muito baixo
>1600 e ≤4800	II - Baixo
>4800 e ≤9000	III - Moderado
>9000 e ≤16000	IV - Alto
>16000	V - Muito alto

Fonte: Adaptado de Gusmão Filho *et al.*, 1992.

Source: Adapted from Gusmão Filho *et al.*, 1992.

Para avaliar a continuidade espacial do Risco de Movimento em Massa de Maceió foi calculado, para uma significância de 95%, o Índice Global de Moran (Moran,1950), que mede a autocorrelação espacial com base no produto dos desvios em relação à média (Eq. 3):

$$I = \frac{n}{W} \left( \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} z_i z_j}{\sum_i z_i^2} \right) \quad \text{Eq. 3}$$



Em  $i$  é o número de observações, o elemento da matriz de vizinhança para o par  $i$  e  $j$ ,  $W$  é a soma dos ponderadores da matriz, e  $\bar{x}$  são os desvios em relação à média.

## **Resultados e Discussão**

Nesta secção são apresentados os resultados intermédios referentes ao IMM, os fatores de (A) Suscetibilidade, (B) Vulnerabilidades e (C) Registo de Ocorrências, e o mapa final (D) referente ao Risco de Movimento em Massa.

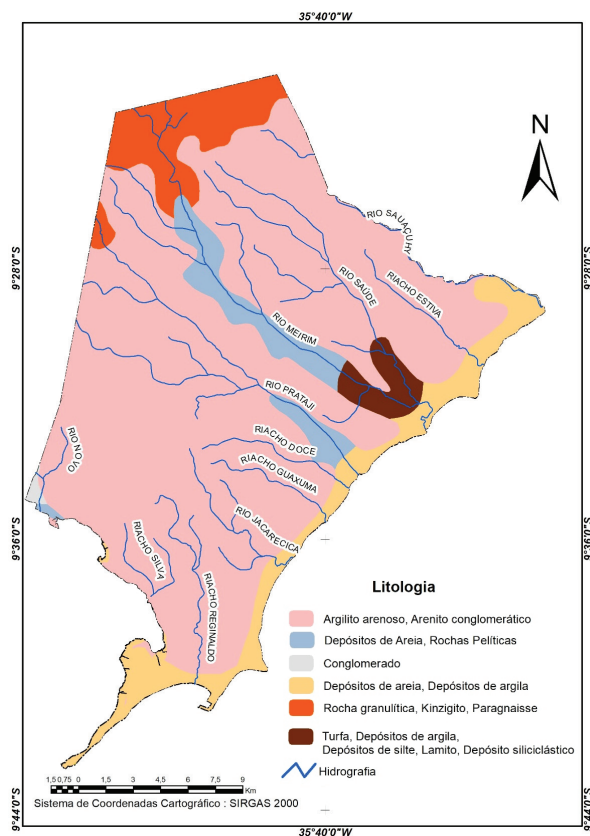
### **(A) Suscetibilidade**

Os mapas indicadores do grau de suscetibilidade da área de estudo, que identificaram as zonas de maior ou menor fragilidade quando sujeitas a um movimento em massa foram os seguintes:

#### *Litologia*

Maceió está situada geologicamente numa formação quaternária, constituída por rochas não consolidadas como areias, arenitos e por vezes cascalheiras formando uma plataforma ocupada por tais sedimentos, sobretudo os arenosos, muito alterados devido à atividade antrópica. As praias do litoral são formadas principalmente por areias resultantes da erosão do substrato rochoso, constituído na sua maioria por quartzitos e argilitos da Formação Barreira (fig. 2).

A maioria destas litologias (cerca de 95% da área), apresentam um grau muito alto de suscetibilidade, com valores que variam entre 4,2 (os Conglomerados) a 5 (os Depósitos de Areias e os Depósitos de Argilas). Aproximadamente 5% da área apresenta uma suscetibilidade baixa (zona litológica de Rocha Granulítica, Kinziguito, Paragnaisse)(TABELA III e fig. 3).



**Fig. 2 - Litologia de Maceió.**

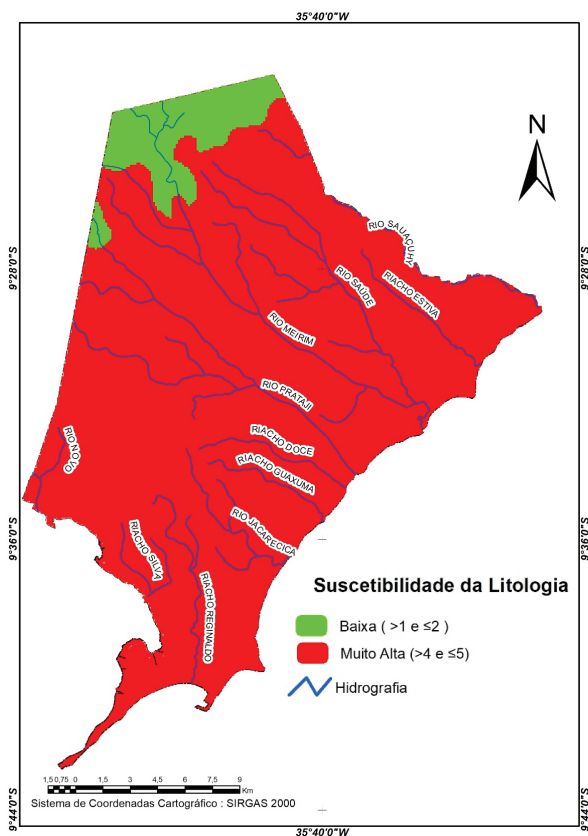
*Fig. 2 - Maceió Lithology.*

**TABELA III - Litologia e o grau de suscetibilidade.**

*TABLE III - Geology and degree of susceptibility.*

Litologia	Suscetibilidade a movimentos de massa	Grau de Suscetibilidade
Argilito Arenoso, Arenito conglomerático	4,5	5- Muito Alto
Conglomerado	4,2	5- Muito Alto
Depósitos de Areias e Depósitos de Argilas	5,0	5 -Muito Alto
Rocha Granulítica, Kinziguito, Paragnaisse	2,0	2- Baixo
Turfa, Depósito de Argila, Silte , Lamito, Silicástico	4,5	5- Muito Alto

Fonte: Adaptado de Tricart, 1977, Ross, 1994 e Crepani *et al.*, 2001.  
 Source: Adapted of Tricart, 1977, Ross, 1994 and Crepani *et al.*, 2001.



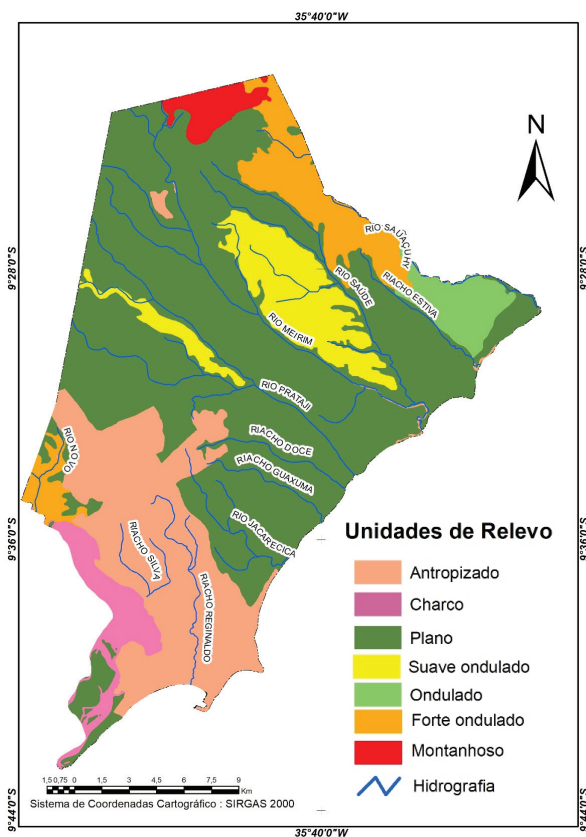
**Fig. 3 - Grau de suscetibilidade da Litologia em Maceió.**  
*Fig. 3 - Lithology degree of susceptibility in Maceió.*

### *Unidades de Relevô*

As unidades de relevô para o município de Maceió, foram classificadas em sete unidades de relevô de acordo com o projeto ZAAL da seguinte forma: Antropizado, Charco, Plano, Suave ondulado, Ondulado, Forte ondulado e Montanhoso.

As áreas planas são as mais expressivas (superior a 50% de área de Maceió) e o relevô Montanhoso o menos representativo (cerca de 7% da área total) (fig. 4).

Grande parte dos relevôs foram classificadas com um grau de suscetibilidade Baixo e Muito Baixo com valores compreendidos entre 0,5 no Charco e 2,0 na unidade de relevô Plano. A área Antropizado foi classificada com um grau de suscetibilidade Muito Alto, correspondendo a um índice 5,0 (TABELA IV e fig. 5).



**Fig. 4** - Unidades do Relevo de Maceió.

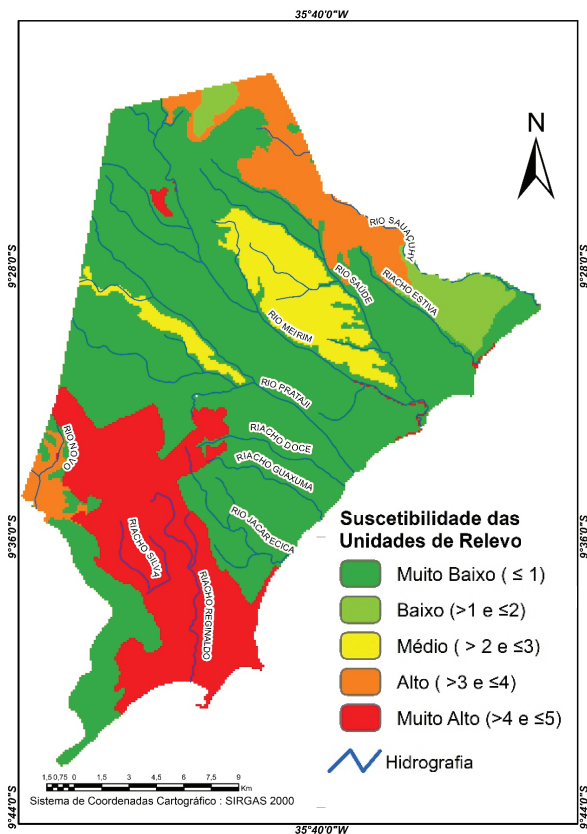
*Fig. 4* - Relief Units of Maceió.

**TABELA IV** - Dissecação do relevo e grau de suscetibilidade.

*TABLE IV* - Relief dissection and degree of susceptibility.

Unidades do Relevo	Suscetibilidade a movimentos de massa	Grau de Suscetibilidade
Antropizado	5,0	5-Muito Alto
Charco	0,5	1-Muito Baixo
Plano	1,0	1-Muito Baixo
Suave ondulado	2,0	2-Baixo
Ondulado	2,5	3-Médio
Forte ondulado	3,0	4-Alto
Montanhoso	3,5	4-Alto

Fonte: Adaptado de Tricart, 1977, Ross, 1994 e Crepani *et al.*, 2001.  
*Source: Adapted from Tricart, 1977, Ross, 1994 and Crepani et al., 2001.*

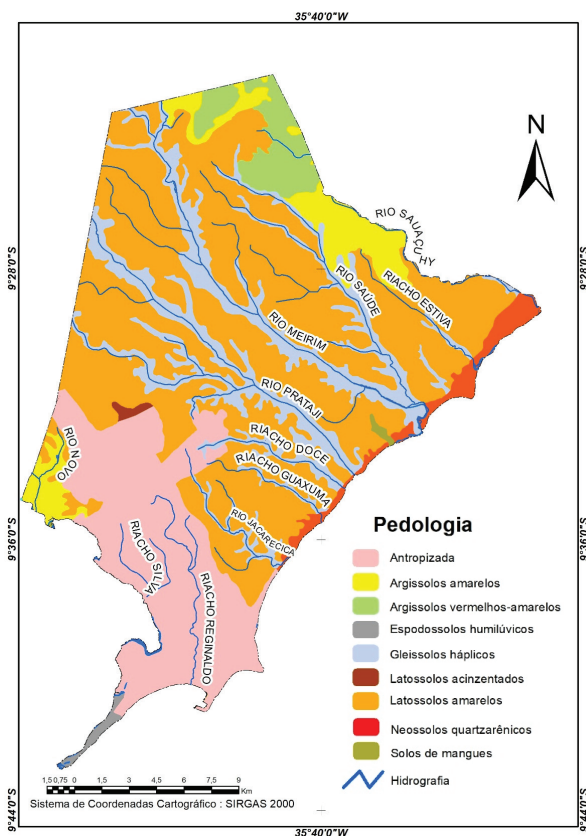


**Fig. 5** - Grau de suscetibilidade das Unidades do Relevo em Maceió.

*Fig. 5 - Relief Units degree of susceptibility in Maceió.*

### *Pedologia*

Os três tipos de solo mais representativos na área de estudo são os Latossolos Amarelos com um índice de suscetibilidade Muito Baixo (1,0), os Argissolos com Médio (3,0) e os Gleissolos Hápicos com Muito Alto (5,0). Estão localizados maioritariamente no Tabuleiro Costeiro. A área Antropizada apresenta um índice de suscetibilidade Muito Alto (5,0). O mesmo acontece na zona costeira, onde predominam os Neossolos (fig. 6, TABELA V e fig. 7).



**Fig. 6** - Pedologia de Maceió.

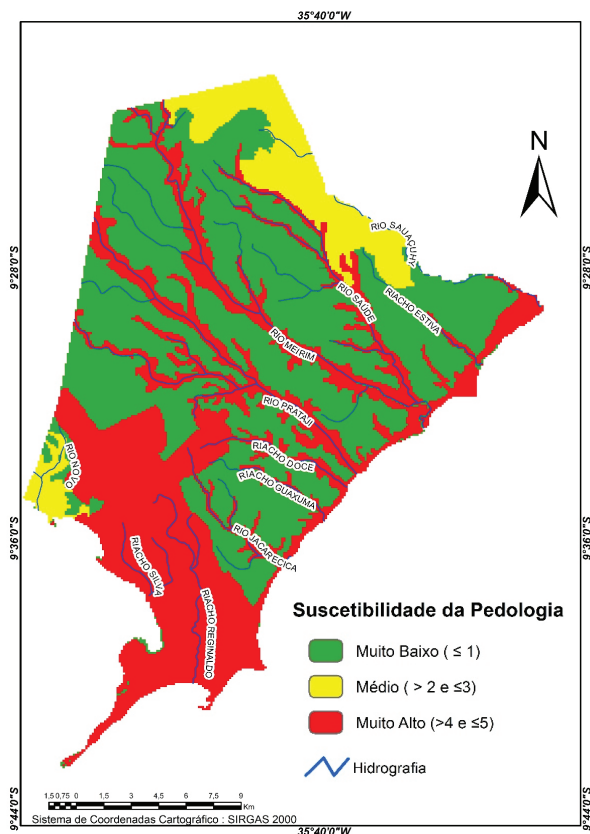
*Fig. 6 - Maceió Pedology.*

**TABELA V** - Tipos de solo e grau de suscetibilidade.

*TABLE V - Soil types and degree of susceptibility.*

Pedologia	Suscetibilidade a movimentos de massa	Grau de Suscetibilidade
Antropizado	5,0	5-Muito Alto
Argissolo amarelo	3,0	3-Médio
Argissolo vermelhos-amarelos	3,0	3-Médio
Espodosolos humilúvicos.	5,0	5-Muito Alto
Gleissolos háplicos	5,0	5-Muito Alto
Latossolos acinzentados	1,0	1-Muito Baixo
Latossolos amarelos	1,0	1-Muito Baixo
Neossolos flúvicos	5,0	5-Muito Alto
Neossolos quartzorênicos	5,0	5-Muito Alto
Solos de mangues	5,0	5-Muito Alto

Fonte: Adaptado de Tricart, 1977, Ross, 1994 e Crepani *et al.*, 2001.  
*Source: Adapted from Tricart, 1977, Ross, 1994 and Crepani et al., 2001.*

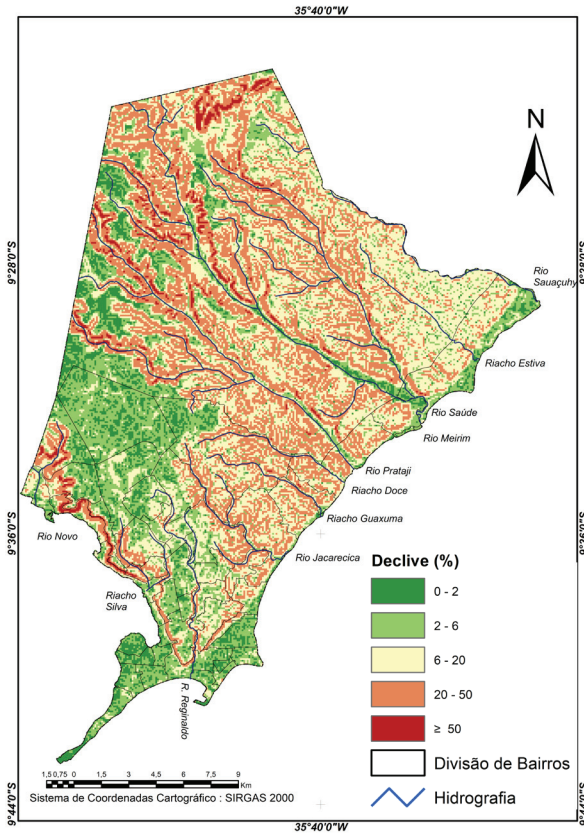


**Fig. 7 - Grau de suscetibilidade da Pedologia em Maceió.**

*Fig. 7 - Degree of susceptibility of pedology in Maceió.*

### *Declive*

A área urbana, a zona costeira entre a foz dos rios Sauçuhy e Saúde e ao longo do rio Meirim observam-se na sua maioria declives inferiores a 6%, o que corresponde a um grau de suscetibilidade de Muito Baixo (1,0) a Baixo (2,0). O Tabuleiro Costeiro apresenta principalmente declives entre os 6% e 50%, com um grau suscetibilidade Médio (3,0) a Alto (4,0) (fig. 8, TABELA VI e fig. 9).



**Fig. 8 - Declives de Maceió.**

*Fig. 8 - Slopes in Maceió.*

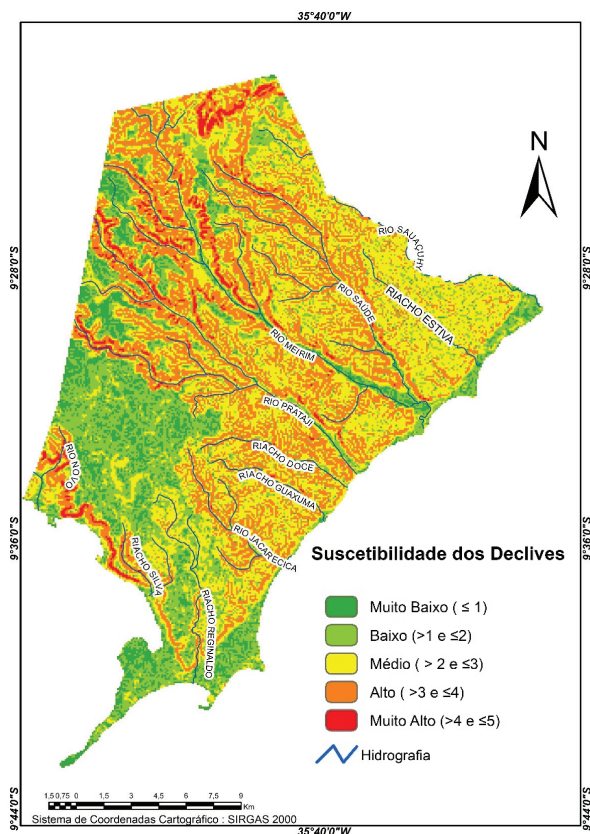
**TABELA VI - Declives e grau de suscetibilidade.**

*TABLE VI - Slopes and degree of susceptibility.*

Declive %	Suscetibilidade a movimentos de massa	Grau de Suscetibilidade
0-2	1,0	1-Muito Baixo
2-6	2,0	2-Baixo
6-20	3,0	3-Médio
20-50	4,0	4-Alto
>50	5,0	5-Muito Alto

Fonte: Adaptado de Tricart, 1977, Ross, 1994 e Crepani *et al.*, 2001.  
*Source: Adapted from Tricart, 1977, Ross, 1994 and Crepani et al., 2001.*



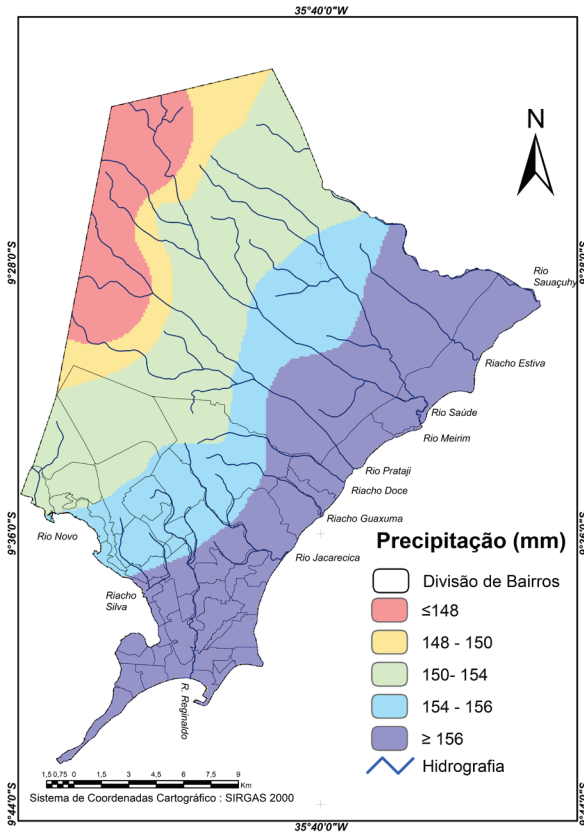


**Fig. 9** - Grau de suscetibilidade dos Declives em Maceió.

*Fig. 9 - Degree of susceptibility of slopes in Maceió.*

### Precipitação

Os valores de precipitação média mensal variam entre 148 mm no interior e 158 mm no litoral, o que corresponde a um grau de suscetibilidade média em todo o território, com índices a variar de 2,30 a 2,50 (fig. 10 e TABELA VII). Estes valores estão em conformidade com os dados da SEMARH (2018), em que regista na cidade de Maceió precipitação durante o ano inteiro, atingindo valores máximos durante o mês de junho com uma média de 158 mm e um mínimo em novembro, com uma média de 148 mm.



**Fig. 10** - Precipitação Média Mensal de Maceió.

*Fig. 10 - Average Monthly Rainfall in Maceió.*

**TABELA VII** - Precipitação e grau de suscetibilidade.

*TABLE VII - Rainfall and degree of susceptibility.*

Precipitação (mm/mês)	Suscetibilidade a movimentos de massa	Grau de Suscetibilidade
≤148	2,30	3-Média
>148	2,50	3-Média

Fonte: Adaptado de Tricart, 1977, Ross, 1994 e Crepani *et al.*, 2001.  
*Source: Adapted from Tricart, 1977, Ross, 1994 and Crepani et al., 2001.*

## Vegetação

Na região de Maceió ainda existem áreas de florestas derivadas da Mata atlântica, o que ajuda a minimizar o risco. A floresta subperenifólia com ou sem cerrado subperenifólio são as mais representativas na área de estudo, apresentando-se como áreas de suscetibilidade Baixa com um índice que varia entre 1,2 e 1,5. A zona costeira onde está presente a vegetação Campo e floresta subperenifólia de restinga está classificada com uma suscetibilidade Alta com um índice de 4,0. Junto às linhas de água o tipo de vegetação é Cerrado subperenifólio e na área mais a norte da região a vegetação é do tipo Cerrado e floresta subperenifólia, ambas com uma suscetibilidade Média com o valor de 2,8. A área antropizada, sem vegetação tem-lhe associado uma suscetibilidade Muito Alta com índice de 5,0 (fig. 11, TABELA VIII e fig. 12).

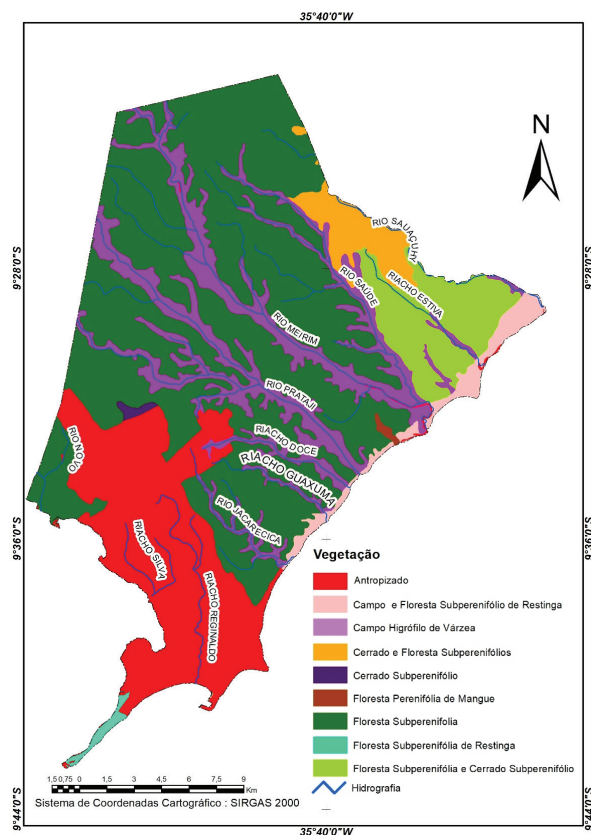
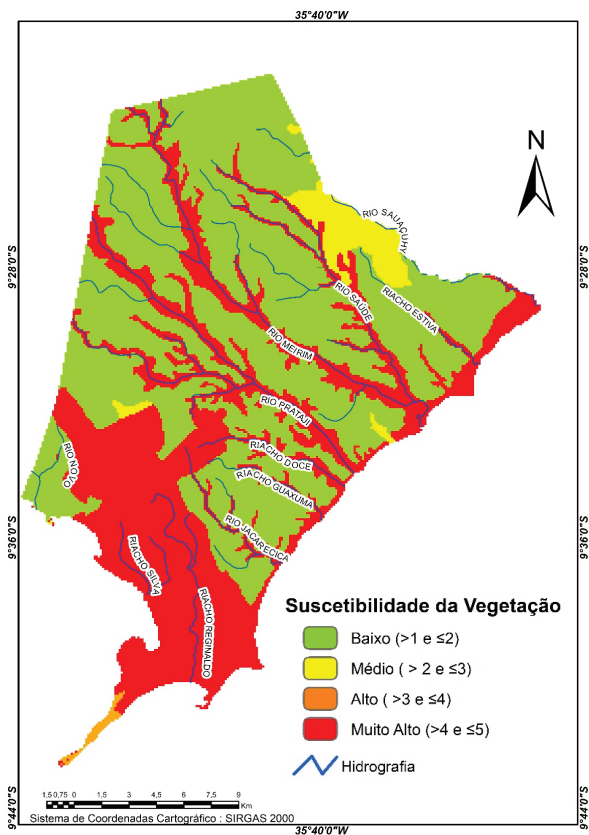


Fig. 11 - Vegetação de Maceió.

Fig. 11 - Maceió Vegetation.



**Fig. 12** - Grau de suscetibilidade da Vegetação em Maceió.

*Fig. 12* - Degree of vegetation susceptibility in Maceió.

**TABELA VIII** - Vegetação e grau de suscetibilidade.

*TABLE VIII* - Vegetation and degree of susceptibility.

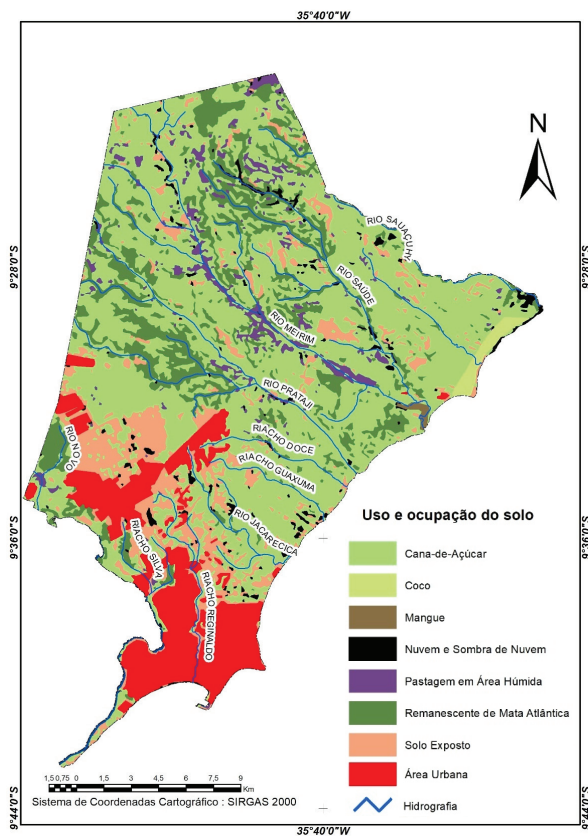
Vegetação Predominante	Suscetibilidade a movimentos de massa	Grau de Suscetibilidade
Antropizado	5,0	5-Muito Alta
Campo e floresta subperenifólia de restinga	4,0	4-Alta
Campo higrófilo de várzea	4,5	5-Muito Alta
Campo higrófilo e floresta subperenifólia de várzea	4,2	5-Muito Alta
Cerrado e floresta subperenifólia	2,8	3-Média
Cerrado subperenifólio	2,8	3-Média
Floresta perenifólia de mangue	2,9	3-Média
Floresta subperenifólia	1,2	2-Baixa
Floresta subperenifólia de restinga	4,3	5-Muito Alta
Floresta subperenifólia e cerrado subperenifólio	1,5	2-Baixa

Fonte: Adaptado de Tricart, 1977, Ross, 1994 e Crepani *et al.*, 2001.

Source: Adapted from Tricart, 1977, Ross, 1994 and Crepani *et al.*, 2001.

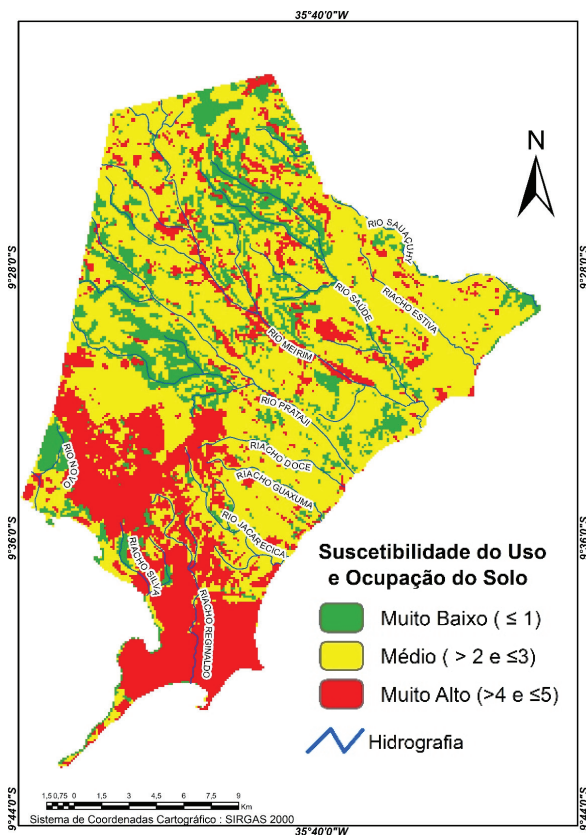
## Uso e Ocupação do Solo

A área é ocupada maioritariamente por plantação de cana-de-açúcar com um valor de suscetibilidade Médio, com um índice de 3,0. As áreas urbanas e solo exposto apresentam também grande representatividade com um grau suscetibilidade Muito Alto com um índice de 5,0 e 4,5, respetivamente. As zonas de valores de suscetibilidade Muito Baixo, foram atribuídas a zonas de floresta densa (Remanescente Mata Atlântica) com um índice 1,0 (fig. 13, TABELA IX e fig. 14).



**Fig. 13** - Uso e Ocupação do solo de Maceió.

*Fig. 13* - Maceió land cover.



**Fig. 14** - Grau de susceptibilidade do Uso e Ocupação do Solo em Maceió.

*Fig. 14* - Land cover degree of susceptibility in Maceió.

**TABELA IX** - Uso e Ocupação do solo e grau de susceptibilidade.

*TABLE IX* - Land cover and degree of susceptibility.

Uso do Solo	Susceptibilidade a movimentos de massa	Grau de Susceptibilidade
Cana-de-açúcar	3,0	3-Médio
Coco	2,5	3-Médio
Mangue	2,8	3-Médio
Pastagem em Área Úmida	4,0	5-Muito Alto
Remanescente Mata Atlântica	1,0	1-Muito Baixo
Solo Exposto	4,5	5-Muito Alto
Corpos de Água	0,1	1-Muito Baixo
Área Urbana	5,0	5-Muito Alto

Fonte: Adaptado de Tricart, 1977, Ross, 1994 e Crepani *et al.*, 2001.  
 Source: Adapted from Tricart, 1977, Ross, 1994 and Crepani *et al.*, 2001.

Em síntese verifica-se que o grau de suscetibilidade Muito Baixo, ocorre nos relevos planos, em declives inferiores a 2%, em latossolos e em áreas remanescente de Mata Atlântica. A suscetibilidade classificada de Muito Alto, surge em áreas antropizadas, em declives superiores a 50%, em áreas constituídas litologicamente por argilitos e areias, em solos do tipo espodossolos humilúvicos, gleissolos háplicos, neossolos e solos de mangues, em áreas de vegetação subperenifólia de restinga e em campos higrófilos de várzea e em áreas ocupadas por pastagens e solo exposto.

## **(B) Vulnerabilidade**

Os mapas indicadores do grau de vulnerabilidade da área de estudo, que representam as áreas de maior ou menor exposição ao eventual movimento em massa foram os seguintes:

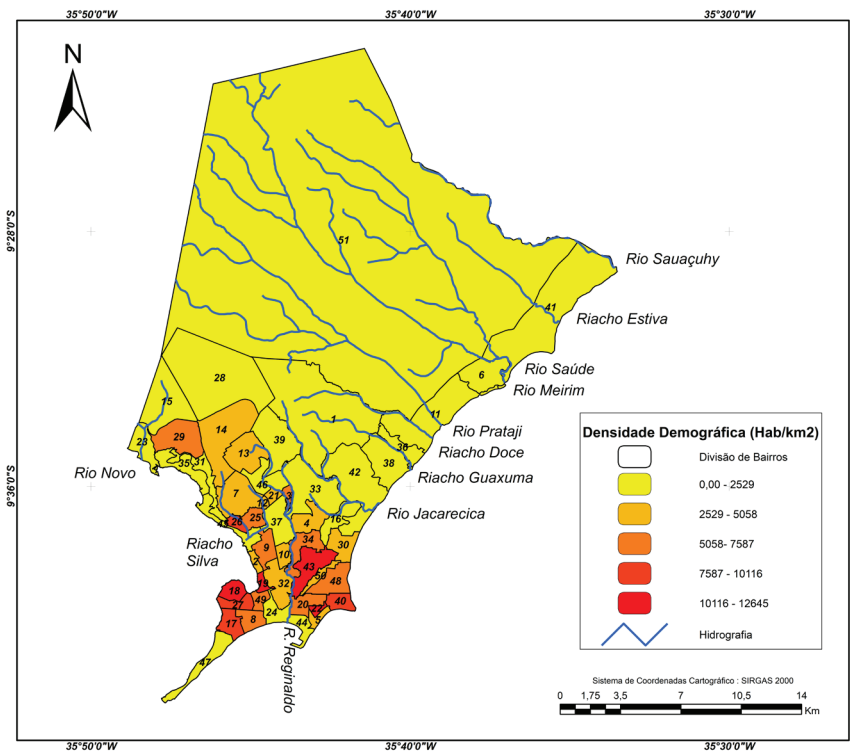
### *Densidade Demográfica*

É perceptível verificar que os bairros com maior concentração populacional (mais de 10116 habitantes por km<sup>2</sup>) são quatro, nomeadamente, os bairros, Jacintinho(43), Bom Parto(19), Vergel do Lago(18) e Pajuçara(5) e por isso com uma vulnerabilidade Muito Alta de índice 5,0. A maior parte dos bairros localizados no Tabuleiro Costeiro têm uma densidade populacional baixa (menor que 2529 habitantes por km<sup>2</sup>) e por isso com uma vulnerabilidade Muito Baixa, com um índice 1,0. (fig. 15, TABELA X e fig. 16).

**TABELA X** - Densidade Demográfica e grau de vulnerabilidade.

*TABLE X - Demographic density and degree of vulnerability.*

<b>Densidade Populacional</b>	<b>Índice de Vulnerabilidade</b>	<b>Vulnerabilidade reclassificada</b>
<2529	1,0	1-Muito Baixa
2529 – 5058	2,0	2-Baixa
5058 – 7587	3,0	3-Média
7587 – 10116	4,0	4-Alta
10116 – 12645	5,0	5-Muito Alta

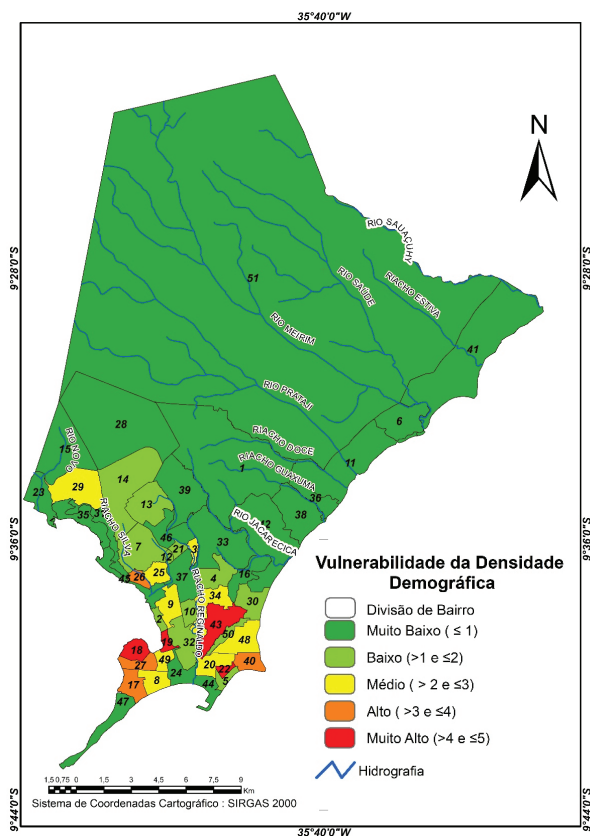


Nome	Número	Nome	Número	Nome	Número	Nome	Número
Benedito Bentes	1	Santa Lucia	13	Chã de Bebedouro	26	Guaxuma	38
Mutange	2	Tabuleiro do Martins	14	Ponta Grossa	27	Antares	39
Ouro Preto	3	Santos Dumont	15	Cidade Universit	28	Ponta Verde	40
Barro Duro	4	São Jorge	16	Clima Bom	29	Jacarecica	41
Pajuçara	5	Trapiche da Barra	17	Cruz das Almas	30	Jacintinho	42
Pescaria	6	Vergel do Lago	18	Santa Amélia	31	Jaragua	43
Petropolis	7	Bom Parto	19	Farol	32	Bebedouro	44
Prado	8	Canaã	20	Serraria	33	Jardim Petr	45
Pinheiro	9	Ponta da Terra	21	Feitosa	34	Pontal da Barra	46
Pitanguinha	10	Rio Novo	22	Fernão Velho	35	Jatiuca	47
Riacho Doce	11	Centro	23	Garça Torta	36	Levada	48
Santo Amaro	12	Chã da Jaqueira	24	Gruta de Lourdes	37	Mangabeiras	49
						Área Rural	50
							51

**Fig.15** - Densidade Demográfica dos bairros de Maceió.

*Fig. 15 - Demographic density of Maceió neighbourhoods.*





**Fig. 16** - Grau de vulnerabilidade da Densidade Demográfica em Maceió.

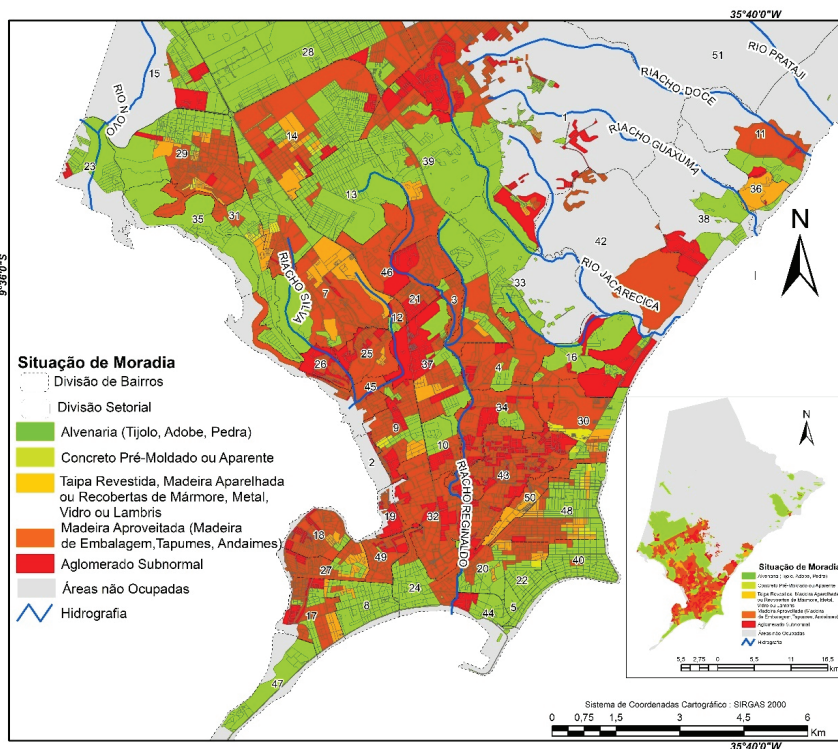
*Fig. 16 - Vulnerability degree of Demographic Density in Maceió.*

### *Situação de Moradia*

A maioria dos bairros da cidade de Maceió têm uma construção de Madeira Aproveitada a que lhe está associada uma vulnerabilidade Alta com um valor 4,0. Os bairros do Trapiche (17), Ponta Grossa (27), Vergel do Lago (18), Levada(49), Bom Parto(19), Mutange (2), Chã de Bebedouro (26), Chã da Jaqueira (25), Canaã(21), Clima Bom (29), Jardim Petrópolis (46), São Jorge (16) e Jacintinho (42), têm construções do tipo Aglomerado Subnormal, e por isso, apresentam uma vulnerabilidade Muito Alta com um valor 5,0. Os bairros Pontal da Barra (47), Prado (8), Centro (24), Antares (39), Santa Lúcia (13), Santa Amélia (31), Cidade Universitária (28), Pajuçara(5),Ponta Verde (40), Jatiúca (48) e Cruz das Almas

(30), com construção de alvenaria e localizados nas zonas distantes e altas, ou mais nobres da cidade bem como na zona costeira, apresentam uma vulnerabilidade Muito Baixa, com um valor 1,0 (fig. 17, TABELA XI e fig. 18).

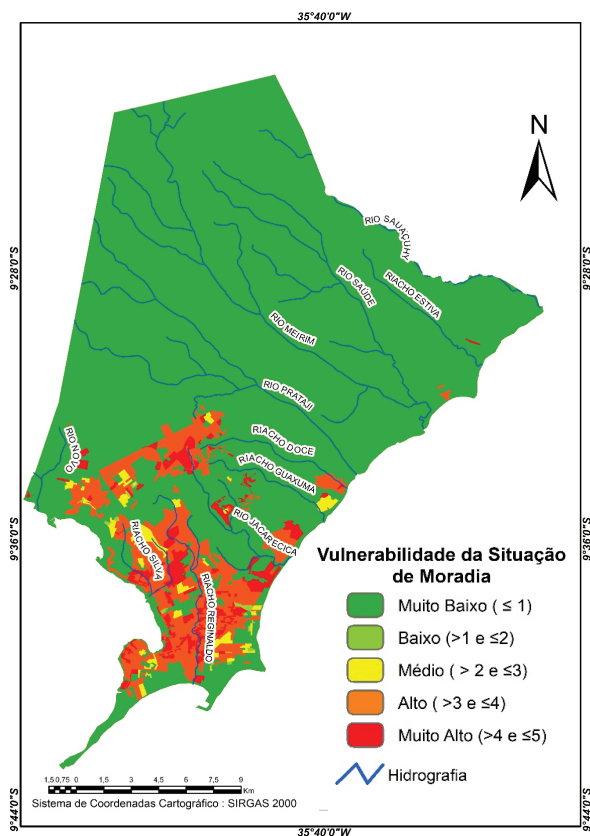
Em síntese verifica-se que o grau de vulnerabilidade Muito Baixo, ocorre em áreas com densidade populacional inferior a 2529 habitantes por km<sup>2</sup> e em



Nome	Número	Nome	Número	Nome	Número
Benedito Bentes	1	Santa Lucia	13	Chã de Bebedouro	26
Mutange	2	Tabuleiro do Martins	14	Ponta Grossa	27
Ouro Preto	3	Santos Dumont	15	Cidade Universit	28
Barro Duro	4	São Jorge	16	Clima Bom	29
Pajuçara	5	Trapiche da Barra	17	Cruz das Almas	30
Pescaria	6	Vergel do Lago	18	Santa Amélia	31
Petropolis	7	Bom Parto	19	Jacintinho	32
Prado	8	Canaã	20	Bebedouro	33
Pinheiro	9	Ponta da Terra	21	Jardim Petr	34
Pitanguinha	10	Rio Novo	22	Pontal da Barra	35
Riacho Doce	11	Centro	23	Fernão Velho	36
Santo Amaro	12	Chã da Jaqueira	24	Garça Torta	37
			25	Gruta de Lourdes	38
				Antares	39
				Ponta Verde	40
				Ipioca	41
				Jacareica	42
				Jaragua	44
				Bebedouro	45
				Pontal da Barra	47
				Jatluca	48
				Levada	49
				Mangabeiras	50
				Área Rural	51

Fig. 17 - Situação de moradia das residências em Maceió.

Fig. 17 - Housing conditions in Maceió residences.



**Fig. 18** - Grau de vulnerabilidade da Situação de Moradia em Maceió.

*Fig. 18 - Degree of vulnerability of housing condition in Maceió.*

**TABELA XI** - Situação de moradia e grau de vulnerabilidade.

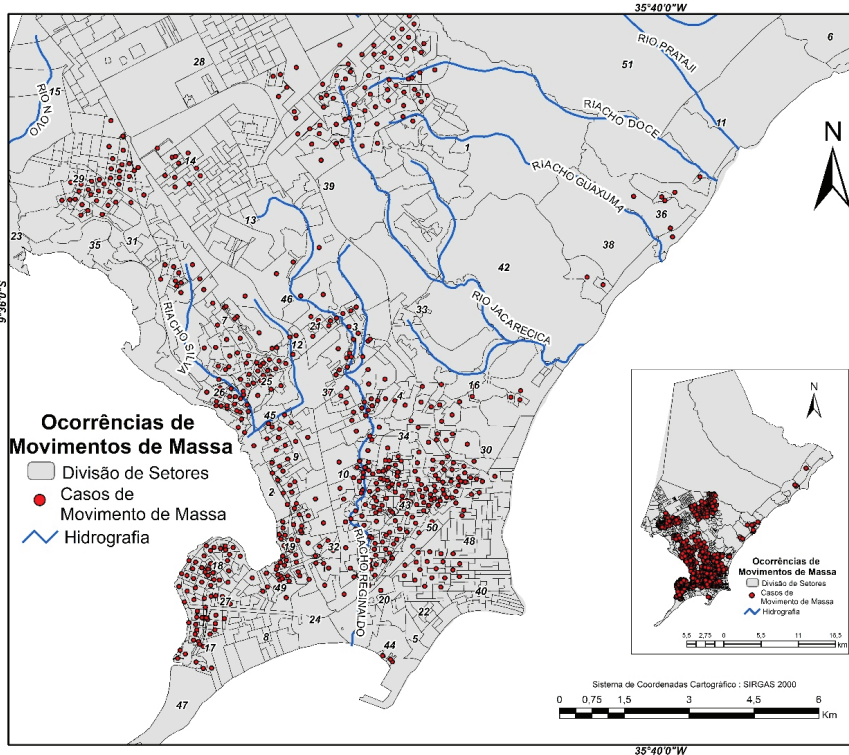
*TABLE XI - Housing conditions and degree of vulnerability.*

Condição da Moradia	Índice de Vulnerabilidade	Vulnerabilidade reclassificada
Alvenaria	1,0	1-Muito Baixa
Concreto Pré-Moldado ou Aparente	2,0	2-Baixa
Taipa Revestida, Madeira Aparelhada ou Recobertas de Mármore, Metal, Vidro ou Lambris	3,0	3-Média
Madeira Aproveitada (Madeira de Embalagem, Tapumes, Andaimés)	4,0	4-Alta
Aglomerado Subnormal	5,0	5-Muito Alta

habitações de alvenaria. Já a vulnerabilidade classificada de Muito Alto, acontece em áreas com densidade populacional superior a 10116 habitantes por km<sup>2</sup> e em aglomerados subnormais

### (C) Número de Ocorrências de Movimentos em Massa

Os locais com uma frequência de movimentos em massa Alta e Muito Alta (mais de 96 ocorrências entre 2013 e 2019) estão localizados (fig. 19, TABELA XII e fig. 20) nos bairros de Benedito Bentes (1), Chã da Jaqueira (25), Tabuleiro dos Martins (14),

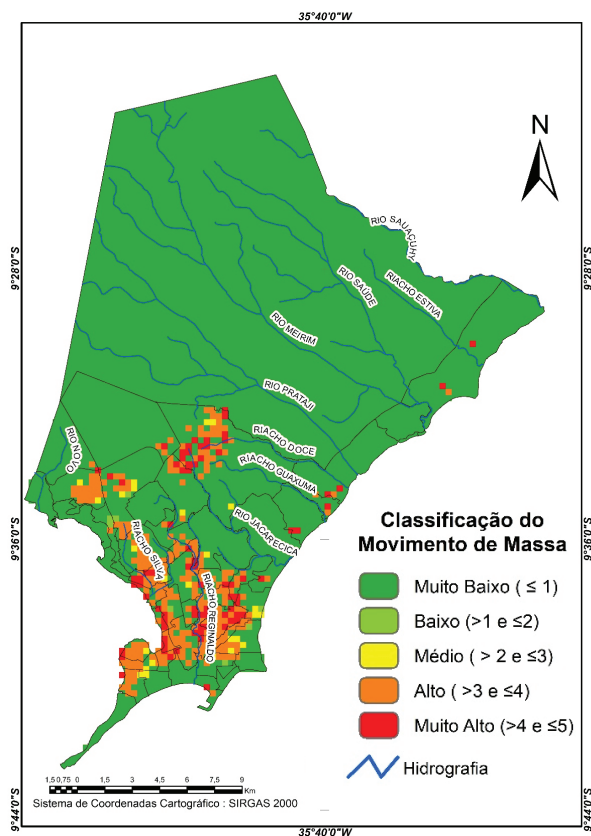


Nome	Número	Nome	Número	Nome	Número	Nome	Número
Benedito Bentes	1	Santa Lúcia	13	Chã de Bebedouro	26	Guaxuma	38
Mutange	2	Tabuleiro do Martins	14	Ponta Grossa	27	Antares	39
Ouro Preto	3	Santos Dumont	15	Cidade Universit	28	Ponta Verde	40
Barro Duro	4	São Jorge	16	Clima Bom	29	Ipioca	41
Pajuçara	5	Trapiche da Barra	17	Cruz das Almas	30	Jacareica	42
Pescaria	6	Vergel do Lago	18	Santa Amélia	31	Jacintinho	43
Petropolis	7	Bom Parto	19	Farol	32	Bebedouro	44
Prado	8	Poço	20	Serraria	33	Jardim Petr	46
Pinheiro	9	Canaã	21	Feltosa	34	Pontal da Barra	47
Pitanguinha	10	Ponta da Terra	22	Fernão Velho	35	Jatiuca	48
Riacho Doce	11	Rio Novo	23	Garça Torta	36	Levada	49
Santo Amaro	12	Chã da Jaqueira	25	Gruta de Lourdes	37	Mangabeiras	50
						Área Rural	51

Fig. 19 - Ocorrências de movimentos em massa em Maceió de 2013 a 2019.

Fig. 19 - Mass movement events in Maceió from 2013 to 2019.

na Orla Lagunar os bairros de Trapiche (17), Ponta Grossa (27), Vergel do Lago (18), Levada (49), Bom Parto (19), Bebedouro (45), Chá da Jaqueira (25), Mutange (2), Chá do Bebedouro (26), Canaã (21) e Fernão Velho (35) e no Vale do Reginaldo, os bairros do Jacintinho (43), Farol (32), e Mangabeiras (50). Estes locais estão dentro 575 áreas de risco definidas pela Defesa Civil da cidade de Maceió.



**Fig. 20** - Classificação da frequência de Ocorrências de Movimentos em Massa em Maceió.

*Fig. 20 - Mass Movements frequency classification in Maceió.*

**TABELA XII** - Frequência de ocorrências dos Movimentos de Massa e classificação.

*TABLE XII - Mass Movements: frequency and classification.*

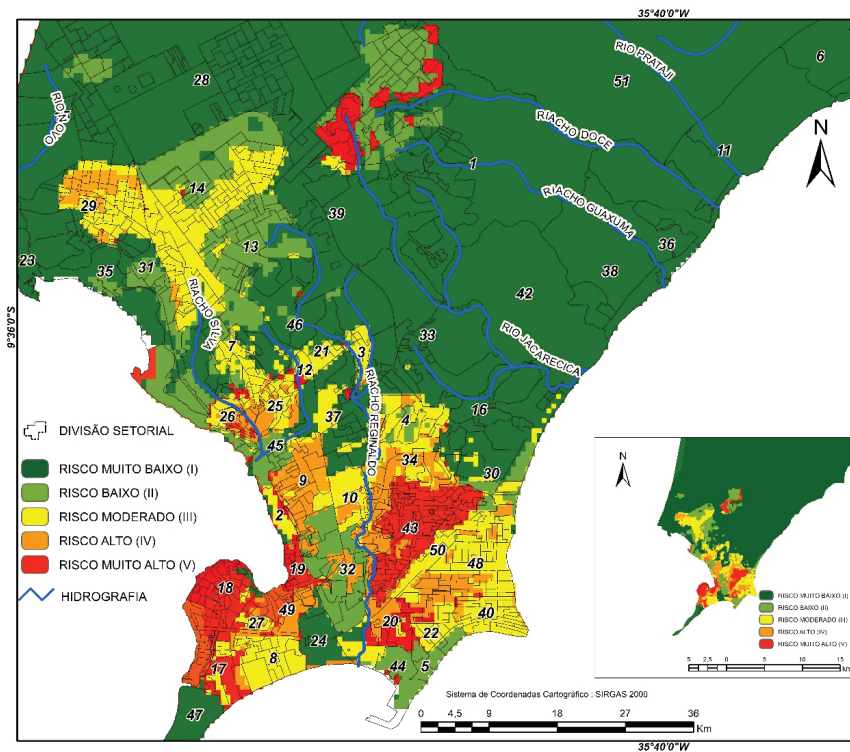
Frequência de Ocorrência	Valor Indexado	Classificação da Frequência
< 32	1,0	1-Muito Baixa
32-64	2,0	2-Baixa
64-96	3,0	3-Média
96-128	4,0	4-Alta
$\geq 128$	5,0	5-Muito Alta

#### **(D) Mapa de Risco de Movimentos em Massa**

As áreas classificadas com risco Alto e Muito Alto, localizam-se principalmente nos bairros: Poço (20), Jacintinho (43), Bom Parto (19), Pinheiro (9) e Feitosa (34), da bacia hidrográfica do Reginaldo, Trapiche da Barra (17), Ponta Grossa (27), Vergel do Lago (18) e Levada (49) da Lagoa Mundaú, Chã de Bebedouro (26) e Chã da Jaqueira (25), na bacia hidrográfica Riacho Silva e a nordeste de Benedito Bentes (1). Estas áreas são regiões suscetíveis (áreas com grandes declives e solos frágeis) e vulneráveis (construções subnormais, elevada densidade populacional) que por isso reúnem condições propícias à manifestação deste risco. Algumas áreas planas, com declives baixos, com construções de alvenaria, como Prado (8) e Ponta da Terra (22) e muitas vezes de alto padrão financeiro como Ponta Verde (40) e Jatiúca (48), foram consideradas áreas de risco Alto e Moderado, por ocuparem solos arenoso junto à costa e por existir uma densidade populacional Média a Muito Alta (fig. 21).

A região apresenta um índice Global de Moran de 0,120070 ( $p\text{-value} = 0,000234$  e um  $Z\text{-score} = 3,678877$ ), o que significa que há uma forte autocorrelação espacial, ou seja, áreas com níveis de risco similar estão mais próximas umas das outras.

O mapa de Risco de Movimento em Massa na cidade Maceió mostra conformidade com as fontes de informação. De acordo com de Lima Andrade (2018) foram identificadas as áreas de Alto Risco de ocorrência de deslizamentos de terra, nomeadamente em Pitanguinha (10), Feitosa (34) e Jacintinho (43). De Lima Santos e Fragoso Jr. (2019) mostraram que as áreas de Muito Alto Risco e Alto Risco de deslizamentos de terra no período de janeiro de 2015 a agosto de 2017, localizaram-se nas regiões do Reginaldo (R4) e da Lagoa de Mandaú (R3), respetivamente. Segundo o relatório CPRM (2019) as áreas classificadas com Alto Risco de Movimentos em Massa foram os bairros de Vergel do Lago (18), Chã de Bebedouro (26), Chã da Jaqueira (25), Pinheiro (9) e Pitanguinha (10). Também em 1/5/2020 na GazetaWeb de Alagoas foi notícia os deslizamentos de terra nos bairros do Jacintinho (43), Feitosa (34), Poço (20), Bom Parto (19) e Chã da Jaqueira (25), após a ocorrência de um evento extremo de precipitação que ocorreu nesse dia.



Nome	Número	Nome	Número	Nome	Número	Nome	Número
Benedito Bentes	1	Santa Lucia	13	Chã de Bebedouro	26	Guaxuma	38
Mutange	2	Tabuleiro do Martins	14	Ponta Grossa	27	Antares	39
Ouro Preto	3	Santos Dumont	15	Cidade Universit	28	Ponta Verde	40
Barro Duro	4	São Jorge	16	Clima Bom	29	Japioca	41
Pajuçara	5	Trapiche da Barra	17	Cruz das Almas	30	Jacarecica	42
Pescaria	6	Vergel do Lago	18	Santa Amélia	31	Jacintinho	43
Petropolis	7	Bom Parto	19	Farol	32	Jaragua	44
Prado	8	Canãã	20	Serraria	33	Bebedouro	45
Pinheiro	9	Ponta da Terra	21	Feltosa	34	Jardim Petr	46
Pitanguiinha	10	Rio Novo	22	Fernão Velho	35	Pontal da Barra	47
Riacho Doce	11	Centro	23	Garça Torta	36	Jatiuca	48
Santo Amaro	12	Chã da Jaqueira	24	Gruta de Lourdes	37	Levada	49
						Mangabeiras	50
						Área Rural	51

Fig. 21 - Áreas de risco de movimento em Maceió.

Fig. 21 - Areas at risk of mass movements in Maceió.

## **Conclusão**

Os impactos causados pelos movimentos em Massa preconizam um desafio para que os *stakeholders* formulem políticas mais eficazes na gestão do risco presente e futuro, sendo por isso emergente classificar o risco nos locais onde poderão ocorrer Movimentos em Massa. Neste trabalho foi desenvolvida uma metodologia para determinar o índice de Movimento em Massa e atribuir um grau de risco muito alto, alto, moderado, baixo e muito baixo, na cidade de Maceió. O risco muito alto e alto correspondem às áreas com grande densidade populacional conjugadas a condições ambientais suscetíveis e a edificações de padrões baixos ou subnormais. Também foram identificados bairros que apesar de terem edificações normais foram classificados com risco alto e moderado, pelo facto de ocuparem áreas suscetíveis. A metodologia pretendeu demonstrar que é possível estimar o risco de Movimentos em Massa de forma remota a partir de dados geoespaciais disponíveis. Em futuras investigações pretende-se melhorar a metodologia apresentada, utilizando imagens de satélite com maior resolução espacial e/ou imagens de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), que integrando com um Modelo Digital de Elevações de maior resolução e com cartografia Litológica, Pedológica, Unidades de Relevo e Ocupação e uso do Solo em escalas mais adequadas, permitirá obter uma maior precisão na identificação das áreas de risco. A substituição da unidade geográfica “bairro” pela “secção estatística” também permitirá melhorar a exatidão da identificação das áreas de risco, em particular nos bairros onde há maior heterogeneidade na ocupação habitacional e na densidade demográfica. Assim, poder-se-á replicar esta metodologia a diversas regiões, uma vez que utiliza padrões universais, tornando-se numa ferramenta de avaliação, essencial para tomadas de decisão, no planeamento, na gestão e na monitorização do risco.

## **Agradecimentos**

Este texto é financiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito do projeto UIDB/04020/2020.



## Referências bibliográficas

- Avancini, T. G. P. (2018) Conservação do Solo e Planejamento do Uso da Terra: Uma proposta de certificação para loteamentos em franjas Urbano-Rurais. 2018, 250f. Tese (doutoramento), Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Acessado em 14 de fevereiro de 2021 em <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/332130>
- CONDEC (2017). Prefeitura de Maceió. Plano de Contingência. Acessado em 25 de fevereiro de 2021 em <http://www.maceio.al.gov.br/wp-content/uploads/2019/04/pdf/2019/04/PLANO-DE-CONTING%C3%8ANCIA-1.pdf>
- CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (2019). Apresentação dos Resultados - Estudos sobre a Instabilidade do Terreno nos Bairros Pinheiro, Mutange e Bebedouro, Maceió (AL). Acessado em 19 de fevereiro de 2021 em <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Acoes-Especiais/Apresentacao-dos-Resultados--Estudos-sobre-a-Instabilidade-do-Terreno-nos-Bairros-Pinheiro%2C-Mutange-e-Bebedouro%2C-Maceio-%28AL%29-5669.html>
- Crepani, E., Medeiros, J. D., Hernandez Filho, P., Florenzano, T. G., Duarte, V. e Barbosa, C. C. F. (2001). *Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial*, São José dos Campos: Inpe, 124 p. Acessado em 19 de fevereiro de 2021 em <http://www.dsr.inpe.br/laf/sap/artigos/CrepaneEtAl.pdf>
- de Almeida, A. B. (2014). Gestão do risco e da incerteza. Conceitos e filosofia subjacente. *In Realidades e desafios na gestão dos riscos: diálogo entre ciência e utilizadores*. Eds Lourenço, L. e Tedim, F. Imprensa da Universidade de Coimbra. Acessado em 26 de julho de 2021 em <https://www.uc.pt/fluc/nicif/Publicacoes/livros/dialogos/Artg02.pdf>
- de Araújo Filho, J. C., dos Santos, J. C. P., Parahyba, R., de Oliveira Neto, M. B., Barros, A., Marques, F., e do Amaral A. J. (2020). Zoneamento agroecológico do estado de Alagoas: levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do estado de Alagoas. *Embrapa Solos-Documents (INFOTECA-E)*. Acessado em 28 de julho de 2021 em <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1124244/zoneamento-agroecologico-do-estado-de-alagoas-levantamento-de-reconhecimento-de-baixa-e-media-intensidade-dos-solos-do-estado-de-alagoas>
- de Lima Andrade, E., Calheiros, S. Q. C., da Conceição, D. N. (2018). Áreas críticas à ocupação urbana sujeitas a deslizamento de terra na bacia hidrográfica do riacho Reginaldo, Maceió-AL. *Revista Contexto Geográfico*, 3(5), 1-11. Acessado em 19 de março de 2021 em <https://www.seer.ufal.br/index.php/contextogeografico/article/viewFile/6742/4820>
- de Lima Santos, D., e Fragozo Jr, C. R. (2019). Limiar de Precipitação com Potencial de gerar Deslizamentos nos Complexos de Risco em uma Zona Urbana. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 16. DOI: <https://dx.doi.org/10.21168/rega.v16e12>.
- dos Santos, A. C. C. S., Santos, K. S. S., de Moraes, M. S., Bezerra, S. G., & Silva, P. H. G. (2017). Deslizamentos de Terra na Cidade de Maceió, Mapeamento de Zonas de Risco, Aplicando Ferramentas Computacionais. *Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS*, 4(1), 63-63. Acessado em 26 de julho de 2021 em <https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/4391/2243>

- EMBRAPA (2006) Brasil em Relevo - Embrapa Monitoramento por Satélite 2006. Acessado em 15 de dezembro de 2020 em <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/>
- EMBRAPA (2008) Zoneamento Agroecológico de Alagoas. Mapa de Reconhecimento de Solos na escala de 1:100000. Dados Preliminares, 2008. Acessado em 15 de dezembro de 2020 em <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnicas/-/produto-servico/1931/zoneamento-agroecologico-do-estado-de-alagoas-zaal>
- EMBRAPA (2017) Embrapa\_Solos – Mapa exploratório - reconhecimento de solos do estado de Alagoas. Acessado em 15 de dezembro de 2020 em [http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Asolos\\_al\\_geogr\\_wgs84](http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Asolos_al_geogr_wgs84)
- Fonseca, J. (2014) *Riscos associados à instabilidade de taludes, Proposta de Metodologia de Abordagem a partir da análise comparada de diversos PDMS (Dissertação de Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais)*. Apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Acessado em 2 de março de 2021 em <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/75463/2/31769.pdf>
- Fagundes, L. (2002) *Elaboração de índice ambiental urbano através da análise de densidade populacional e superfície impermeável em bacias hidrográficas (Dissertação Mestrado em Planejamento Urbano e Regional)*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Acessado em 2 de fevereiro de 2021 em <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3332/000336491.pdf?sequence=1>
- Ganoulis, J. (2008). *Engineering risk analysis of water pollution: probabilities and fuzzy sets*. John Wiley & Sons. ISBN:3-527-30050-3
- GazetaWeb (2020). Deslizamento de barreiras em bairros de Maceió mobiliza Defesa Civil-Monitoramento hidrometeorológico aponta para acumulados significativos de chuva em alguns pontos da capital. 01/05/2020. Alagoas. Acessado em 19 de março de 2021 em [https://gazetaweb.globo.com/porta1/noticia/2020/05/deslizamento-de-barreiras-em-bairros-de-maceio-mobiliza-defesa-civil\\_104410.php#google\\_vignette](https://gazetaweb.globo.com/porta1/noticia/2020/05/deslizamento-de-barreiras-em-bairros-de-maceio-mobiliza-defesa-civil_104410.php#google_vignette)
- Gusmão Filho, J. A., Alheiros, M. M., MeIo, L. V. (1992) Análise de risco e tratamento dos morros urbanos de Jaboatão dos Guararapes (PE). In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 37, 1992, São Paulo. Boletim de resumos expandidos, São Paulo, (1) 113-115. Acessado em 2 de março de 2021 em: <http://www.sbgeo.org.br/home/pages/44>
- Highland, L. M. e Bobrowsky, P. (2008). O Manual de Deslizamento—Um Guia para a Compreensão de Deslizamentos. Reston, Virginia, *US Geological Survey Circular*, 1325. Acessado em 24 de março de 2021 em [http://www.sindsegsc.org.br/arquivo/biblioteca/obra/6949\\_97222754.pdf](http://www.sindsegsc.org.br/arquivo/biblioteca/obra/6949_97222754.pdf)
- Holz, J. (2010). *Levantamento e Mapeamento do Índice de Risco de Alagamento da Bacia do Riacho Reginaldo (Dissertação de Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento)*. Universidade Federal de Alagoas, Maceió. Acessado em 8 de fevereiro de 2021 em <http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/5256>
- Hott, M. C., Guimarães M., Miranda E. E. (2006). Brasil em relevo: processamento de modelos digitais de elevação oriundos da Missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). *Embrapa Territorial - Comunicado Técnico* (INFOTECA-E). Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite. Acessado em 12 de fevereiro de 2021 em <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1008583>
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2019). *Suscetibilidade a Deslizamentos do Brasil - Primeira aproximação*. Rio de Janeiro. ISBN 978-85-240-4515-8. Acessado em 8 de fevereiro de 2021, em <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101684.pdf>

- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2018). Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação. Rio de Janeiro, 1º de julho de 2018. Acessado em 8 de fevereiro de 2021 em <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101609.pdf>
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2003). Censo Demográfico 2000: IBGE. Agregado por Setores Censitários dos Resultados do Universo, 2.ed., Rio de Janeiro. Acessado em 8 de dezembro de 2020 em <https://www.ibge.gov.br/>
- Jenks, G. F. 1963. Generalization in statistical mapping. *Annals of the Association of American Geographers*, 53(1):15–26. Acessado em 3 de agosto de 2021 em <https://www.jstor.org/stable/2569134>
- Kobiyama, M., Mendonça, M., Moreno, D. A., Marcelino, I. P. V. O., Marcelino, E. V., Gonçalves, E. F., Brazetti, L. L. P., Goerl, R. F., Moller, G. S. F., Rudorff, F. D. M. (2006). Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos. Curitiba: Organic Trading, 109 p. Acessado em 23 de julho de 2021 em [https://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2014/07/Livro\\_Prevencao\\_de\\_Desastres\\_Naturais.pdf](https://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2014/07/Livro_Prevencao_de_Desastres_Naturais.pdf)
- Lucamba, E. C. (2019). Movimento de massa na serra do moco: um fenômeno geomorfológico a compreender. Associação Multidisciplinar de Investigação Científica (AMIC), *Revista Angolana de Ciências*. Publicação Arbitrada, Semestral. Vol.1, n.º 2, 279-303. ISSN: 2664-259X. Acessado em 12 de fevereiro de 2021 em <http://publicacoes.scientia.co.ao/ojs2/index.php/rac/article/download/42/104?inline=1>
- Mantovani, B. (2016). *Mapeamento de risco a movimentos de massa e inundação em áreas urbanas do município de Camaragibe (Dissertação Mestrado)*. Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 288 pp. Acessado em 12 de março de 2021 em <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/17957>
- Moran, P. A. P. (1950). Notes on continuous stochastic phenomena. *Biometrika* 37:17-23. DOI: <https://doi.org/10.2307/2332142>
- Mori, L. (2019). *Impunidade: 5 grandes tragédias brasileiras em que ninguém foi responsabilizado criminalmente*. British Broadcasting Corporation (BBC), BBC News Brasil, São Paulo. Acessado em 8 de fevereiro de 2021 em <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-47206026>
- ONU - ORGANIZAÇÕES DAS NAÇÕES UNIDAS (2012). *Como Construir Cidades Mais Resilientes - Um Guia para Gestores Públicos Locais: Uma contribuição à Campanha Global 2010-2015 - Construindo Cidades Resilientes – Minha Cidade está se preparando!* Genebra. Acessado em 8 de fevereiro de 2021 em [https://www.unisdr.org/files/26462\\_guiagestorepublicosweb.pdf](https://www.unisdr.org/files/26462_guiagestorepublicosweb.pdf)
- Pereira, L. C e Almeida, O. T. (2018). *Mudanças climáticas em pequenas cidades do Delta e Estuário Amazônicos: caminhos para a resiliência*. Belém: NAEA. E-book (115 p.). Acessado em 8 de fevereiro de 2021 em <https://livroaberto.ufpa.br/jspui/handle/prefix/570>
- Pereira, P. P., Polastri, P., Zamuner, L. D., Paredes E. A., Neto, G. D. A., Okawa, C. M. P. (2016). Avaliação da erosão e do Assoreamento no Córrego Mandacarú no Município de Maringá, Paraná in *Livro de resumo do 7.º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável: Pluris: contrastes, contradições, complexidades: desafios urbanos no século XXI*. Eds Barbirato G. M., Silva R. A. N., Souza C. L. L., Ramos R. A. R., Rodrigues D. S., Barbosa R. V. R., Barbirato J. C. C., Viva Editora, pp. 522. Acessado em 13 de março de 2021 em <http://hdl.handle.net/1822/46078>

- PMRR (2013). Prefeitura de Maceió . Plano Municipal de Redução de Risco e danos.
- Rotava, J. (2014.). *Índices de resiliência hídrica e de perigo para gestão do risco de inundações urbanas. 2014. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento)*. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. Acedido em 8 de fevereiro de 2021 em [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-30092014-170557/publico/Jairo\\_Rotava.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-30092014-170557/publico/Jairo_Rotava.pdf)
- Ross, J. L. S. (1994). Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*, 8, 63-74. DOI: <https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>
- Teixeira, M. (2005). *Movimentos de Vertente. Factores de Ocorrência e Metodologia de Inventariação*. Associação Portuguesa de Geólogos, 12 p. Acedido em 18 de fevereiro de 2021 em <https://gen2011urc.files.wordpress.com/2011/11/movimento-de-vertentes.pdf>
- Tricart, J. (1977). *Ecodinâmica* (No. 1). Secretaria de Planejamento da Presidência da República, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria Técnica, Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente. Acedido em 18 de fevereiro de 2021 em <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/ecodinamica.pdf>
- SEMARH - SECRETARIA EXECUTIVA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - ALAGOAS (2018). *Boletins Mensais de Precipitação*. Acedido em 18 de dezembro de 2020 em <http://www.semarh.al.gov.br/tempo-e-clima>
- UNISDR (2017). *United Nations Office for Disaster Risk Reduction, Geneva, Switzerland* 1202. Acedido em 8 de fevereiro de 2021 em [https://www.preventionweb.net/files/58158\\_unisdr2017annual-report.pdf](https://www.preventionweb.net/files/58158_unisdr2017annual-report.pdf)
- URBR (2013) - Understanding Risk Brazil: Proceedings from the 2012 UR Brazil Conference. *International Bank for Reconstruction and Development*, Washington, D.C. 20433. U.S.A. Acedido em 8 de fevereiro de 2021 em <https://www.gfdr.org/pt-br/publication/understanding-risk-brazil-proceedings-2012-ur-brazil-conference>
- Welle, T. e Birkmann, J. (2015). The World Risk Index—An approach to assess risk and vulnerability on a global scale. *Journal of Extreme Events*, 2(01), 1550003. DOI: <https://doi.org/10.1142/S2345737615500037>

## SÉRIE ESTUDOS CINDÍNICOS

### Títulos Publicados:

- 1 *Incêndios em Estruturas. Aprender com o Passado;*
- 2 *Educação para a Redução dos Riscos;*
- 3 *Metodologia de Análise de Riscos através de Estudos de Casos;*
- 4 *Riscos Hidrometeorológicos;*
- 5 *Pluralidade na Diversidade de Riscos;*
- 6 *Risco Sísmico - Aprender com o Passado;*
- 7 *Territórios em Risco;*
- 8 *Resiliência ao Risco;*
- 9 *Madeira Região Resiliente - Aprender com o Passado;*
- 10 *Risco de Cheias e Risco de Inundações Fluviais - Aprender com o Passado;*
- 11 *Análise e modelação de risco no ordenamento do território.*

### Tomos em preparação:

- 12 *Perceção e planeamento na redução e gestão do risco de catástrofes;*
- 13 *As paisagens dos riscos sociais. Educar para diminuir a vulnerabilidade;*
- 14 *Risco de Movimentos em Vertentes - Aprender com o Passado;*
- 15 *Os Riscos e a Energia;*
- 16 *Efeitos dos Incêndios Florestais nos Solos de Portugal.*



Adélia Nunes é Professora Associada, com Agregação em Geografia, na Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, onde exerce funções de docência e investigação. Ingressou na carreira docente universitária em 1999. Em 2001 concluiu o Mestrado em Geografia Física e em 2007 o Doutoramento em Geografia.

É Diretora do Departamento de Geografia e Turismo, da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, membro integrado do Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território (CEGOT), da RISCOS (Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança) e do NICIF (Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais).

Dinâmica da paisagem, riscos naturais e mistos e gestão de recursos naturais são as principais áreas de investigação, tendo publicado várias dezenas de trabalhos, onde se incluem capítulos de livros e artigos em revistas de especialidade. Desde 2008 colabora no Mestrado em Ensino de Geografia e em 2017 assumiu a Coordenação do Mestrado em Geografia Física, Ambiente e Ordenamento do Território.

Foi editora convidada de um número especial no *Journal of Sustainability (Natural Risk Perception and Geography Education)* e no *Journal of Applied Sciences (Wildland-Urban Interface e Risk of Wildfires)*. Participou em projectos de investigação, nacionais e internacionais, dedicados à avaliação dos impactos das mudanças do uso do solo na resposta hidrogeomorfológica dos solos e análise do risco de incêndios florestal nas áreas de interface urbano-florestal.

Esteve envolvida na organização de inúmeras conferências nacionais e internacionais.



Luciano Lourenço é doutorado em Geografia Física, pela Universidade de Coimbra, onde se jubilou como Professor Catedrático.

É Diretor do NICIF - Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais, da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra.

Atualmente desempenha funções de Presidente da Mesa da Assembleia Geral em várias Associações, designadamente:

- RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança;
- COBALCO - Associação para Cooperação entre Baldios do Distrito de Coimbra;
- ADGou - Associação de Desenvolvimento do Goulinho;
- INSP - Irmandade de Nossa Senhora das Preces.

É, ainda, Presidente da Direção da:

- ASSOAÇOR - Associação dos Baldios da Serra do Açor;
- CLBGCC - Comunidade Local do Baldio do Goulinho e Casal Cimeiro.

Exerceu funções de Diretor-Geral da Agência para a Prevenção de Incêndios Florestais e de Presidente da Direção da Escola Nacional de Bombeiros.

Consultor científico de vários organismos e de diversas revistas científicas, nacionais e estrangeiras, publicou mais de uma centena de artigos em revistas especializadas. Possui mais de 80 capítulos de livros e mais de 50 livros publicados. Organizou mais de uma centena de eventos científico-pedagógicos e participou com apresentação de 350 comunicações. Orientou e coorientou várias teses de doutoramento e dissertações de mestrado.

Foi investigador responsável de mais de 40 projetos, nacionais e internacionais. Nas suas atividades profissionais interagiu com centenas de colaboradores, designadamente com cerca de 300 coautorias de trabalhos científicos.



# RISCOS

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA  
DE RISCOS, PREVENÇÃO  
E SEGURANÇA

