

Análise da Suscetibilidade a Movimentos de Massa para as Regiões Metropolitana, Litoral Sul e Vale do Paraíba, São Paulo

Tamara Vieira Pascoto

Doutoranda, Universidade Estadual Paulista, Bauru, Brasil, tamara.pascoto@unesp.br

Renato Macari

Geólogo, Departamento de Água e Esgoto (DAE), Bauru, Brasil, remacari@yahoo.com.br

Anna Silvia Palcheco Peixoto

Professora, Universidade Estadual Paulista, Bauru, Brasil, anna.peixoto@unesp.br

RESUMO: Vários são os fatores desencadeadores dos movimentos de massa e analisá-los são uma maneira de auxiliar o poder público a tomar decisões capazes de mitigar riscos e aumentar a resiliência da população. Esse trabalho teve como objetivo desenvolver cartas de suscetibilidade a movimentos de massa para a região oeste do estado de São Paulo. Utilizou-se o inventário dos desastres de origem geológica, ocorridos entre 1996 a 2020, feito com base no banco de dados do IPMet/Unesp, Pellegrina (2011). Considerou-se a geologia, o uso e ocupação e a declividade. As classes geológicas classificadas como muito alta suscetibilidade foram Corpo Alcalino de Jacupiranga e Formação Setuva. A área urbanizada, que representa 6,51% da área de estudo, foi classificada como muito alta suscetibilidade. Para a declividade, as classificações como muito alta suscetibilidade foram as classe suave ondulado, seguido da classe Plano e Ondulado, totalizando 56% da área de estudo. As cartas de suscetibilidade em função dos fatores desencadeadores fornecem informações valiosas para o acompanhamento da região, como por exemplo, uma possível mudança na suscetibilidade ao alterar um fator desencadeador.

PALAVRAS-CHAVE: Carta de Suscetibilidade, Geologia, Uso e ocupação, Declividade

ABSTRACT: There are numerous factors that trigger mass movements, and analyzing them provides a means to aid the government in making decisions capable of mitigating risks and enhancing the resilience of the population. The objective of this work was to develop susceptibility maps for mass movements in the western region of the state of São Paulo. An inventory of geological disasters between 1996 and 2020 was used, based on the database of the Meteorological Research Institute (Unesp), Pellegrina (2011). The geological classes classified as very high susceptibility were the “Corpo Alcalino de Jacupiranga” and the “Setuva Formation”. The urbanized area, which represents 6.51% of the study area, was classified as very high susceptibility. For slope, the classifications as very high susceptibility was the gentle wavy class, followed by the flat and wavy class, totaling 56% of the study area. Susceptibility maps based on trigger factors provide valuable information for monitoring the region, such as a possible change in susceptibility when changing a trigger factor. However, in order to help develop specific, long-term public policies to minimize risks, it is necessary to analyze these factors together.

KEYWORDS: Map of susceptibility, Geology, Use and Occupation, Slope

1 INTRODUÇÃO

O último boletim disponibilizado pelo EM-DAT, no ano de 2022, salientou 387 desastres de grande porte em todo o mundo que resultaram em 30704 mortes e 185 milhões de pessoas afetadas. As perdas econômicas foram da ordem de US\$ 223,8 bilhões em todo o globo (CRED, 2023). Por outro lado, no último boletim disponibilizado pelo CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Avertência de Desastres Naturais), no Brasil, o ano de 2023 foi o ano em que se registrou mais ocorrências de desastres hidro-geo-climáticos desde a sua criação. Ao todo foram 1161 desastres, dos quais 445 foram de origem geológica e 716 de origem hidrológica. Esses desastres resultaram na morte de 132 pessoas, na perda de aproximadamente R\$ 5,1 bilhões em danos materiais (infraestrutura e instalações públicas e unidades habitacionais) e R\$ 24,9 bilhões em prejuízos econômicos, públicos e privados (CEMADEN, 2024).

De todas as ocorrências dos desastres acontecidos em 2023 no país, o estado de São Paulo possui 3 cidades no ranking das cidades com maior número de ocorrências no território nacional: a cidade de São Paulo com 22 ocorrências (segundo lugar no ranking), Itaquaquecetuba com 10 ocorrências e Ubatuba com 9 ocorrências (oitava e nona posição no ranking, respectivamente) (CEMADEN, 2024). O estado de São Paulo também se destacou pelo desastre de maior magnitude naquele ano. No mês de fevereiro, após um temporal histórico no país, ocorreram deslizamentos de terra no litoral norte do estado, onde 65 pessoas morreram, sendo 64 na cidade de São Sebastião e 1 em Ubatuba. Em 24 horas, a região chegou a registrar um volume acumulado de chuva de 683 mm (G1 - VALE DO PARAÍBA E REGIÃO, 2023).

Deslizamento de terra é um dos tipos de desastres de origem geológica que constituem os desastres nomeados de movimento de massa. Movimento de massa é o deslocamento de solo ou rocha, com ou sem contribuição da água, mas que segue a força da gravidade (AHRENDT, 2005). De maneira geral, o movimento de massa acontece quando a resistência ao cisalhamento do solo é superada e, normalmente ocorre, quando os vazios do solo são preenchidos com água em chuvas intensas (GUIMARÃES *et al.*, 2017; ZUQUETTE, 2018).

Desse modo, os movimentos de massa estão correlacionados a fatores físicos e as condições climáticas da região. Existem inúmeros fatores físicos que são capazes de desencadear esse tipo de desastre. A depender da área de estudo, uns possuem uma influência maior que outros (ADITIAN *et al.*, 2018; HADER *et al.*, 2020; QUEVEDO *et al.*, 2020; SANDES, 2023). Por exemplo, as propriedades hídricas do solo se relacionam com muitos desses fatores. A permeabilidade do solo, que está correlacionada com a composição mineralógica e a estrutura do maciço, tem grande influência na resistência ao cisalhamento do solo (DAI; LEE, 2002). A declividade também pode ser outro fator desencadeador de grande importância aos movimentos de massa, uma vez que a estabilidade da encosta está relacionada ao ângulo de inclinação da encosta (DAI; LEE, 2002; METEN *et al.*, 2015), do mesmo modo que a quantidade de material a ser movimentado (QUEVEDO *et al.*, 2020).

Além disso, ações antrópicas podem estar diretamente ligadas ao surgimento de movimento de massa. Estudos mostram que áreas urbanizadas (BRAGAGNOLO *et al.*, 2019; SESTRAS *et al.*, 2019) e em encostas (HADER, 2021) costumam ser mais suscetíveis aos desastres desse tipo, uma vez que o homem acaba por modificar o meio em que vive.

Assim, o objetivo foi desenvolver mapas de suscetibilidade a desastres do tipo movimento de massa, na Região Metropolitana de São Paulo, litoral Sul e Vale do Paraíba, em função de alguns dos fatores desencadeadores de desastres, sendo eles a geologia, uso e ocupação do solo e a declividade da região.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A região de estudo compreende a região oeste do estado de São Paulo, a qual é composta pelas regiões administrativas de São José dos Campos, São Paulo, Baixada Santista e registro. A região possui uma área de 38.672,7 Km², sendo que A região de São José dos Campos possui 41,8% da área, São Paulo 20,6%, Baixada Santista 6,2% e Registro 31,4% da área total (Figura 1).

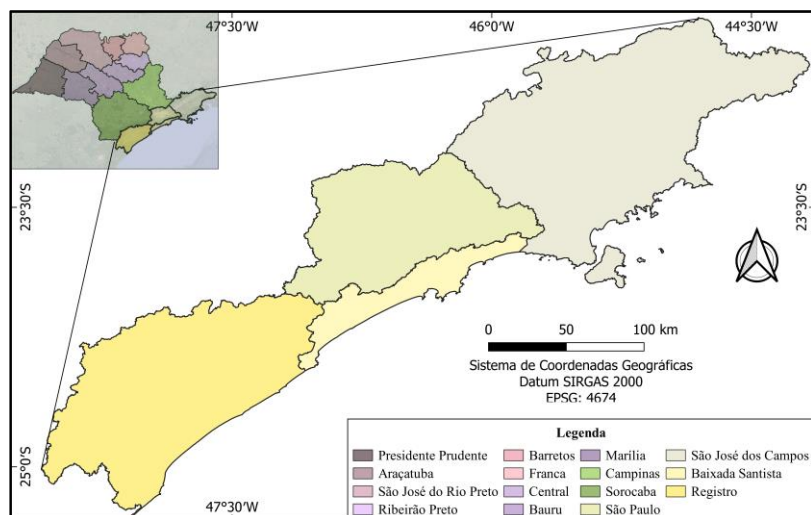


Figura 1. Área de Estudo

Ao todo, na área de estudo ocorreram 940 movimentos de massa entre os anos de 1996 a 2020. Os movimentos de massa compreendem aos deslizamentos de terra, escorregamento de encostas e quedas de barreira. A região administrativa de São José dos Campos possui 24,9% dos movimentos de massa da região, São Paulo 49,2%, Baixada Santista 13,1% e Registro 12,8% (PASCOTO et al., 2022).

3 METODOLOGIA

Foram geradas três cartas de suscetibilidade, uma para o fator geológico, outra para o uso e ocupação e outra para a declividade. Para tanto, foram levantados os mapas de geologia, uso e ocupação e declividade da área de estudo. O mapa geológico utilizado foi o desenvolvido pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) (IPT, 1981) na escala de 1:50.000. As imagens de satélites para análise do uso e ocupação foram obtidas por meio da Coleção 8 do Projeto MapBiomas Brasil (MAPBIOMAS BRASIL, 2023). O mapa morfométrico foi proveniente do modelo digital de elevação (MDE) disponível no Portal do DataGeo do Sistema Ambiental Paulista. O MDE utilizado é proveniente de curvas de nível, a cada 5 metros, na escala de 1:50.000.

Para gerar cada carta de suscetibilidade, foram calculadas as áreas de cada classe para cada fator. Posteriormente foi determinada a quantidade de ocorrências de desastres para cada classe do fator, por exemplo: para a geologia, foi determinado a quantidade de desastres para cada classe geológica; para o uso e ocupação, a quantidade para cada uso do solo; e para a declividade, foi quantificado o número de desastres para cada classe de declividade.

Com a quantidade de desastres em cada classe e a área de cada classe, foi feita uma análise desses fatores em relação ao tamanho da área de cada classe. Dessa maneira, buscou-se excluir a hipótese de que só aconteceram muitos desastres em uma determinada classe devido ao seu grande tamanho, e não em função da classe do fator. A relação da quantidade de desastres em função da área, foi transformada em porcentagem, normalizada com a equação (1) e depois espacializada em SIG.

$$frecuencia_{normalizada} = \frac{v_{observado} - v_{mínimo}}{v_{máximo} - v_{mínimo}} \quad (1)$$

Ao todo foram geradas três cartas de suscetibilidade: uma em função do fator de geologia, uma em função do uso e ocupação e outra em função da declividade. O fator de ponderação foi calculado em função da frequência normalizada em cada classe. As três cartas foram divididas em cinco classes de suscetibilidade de igual proporção: para valores de frequência normalizada entre 0 a 0,2 foi classificada como muito baixa, entre 0,2 a 0,4 como baixa, entre 0,4 a 0,6 como média, 0,6 a 0,8 como alta e frequências normalizadas entre 0,8 a 1,0 como muito alta.

4 RESULTADOS

A Figura 2 a mostra o mapa de geologia da área de estudo. As classes que possuem maior área são as Fácies Cantareira - PSyc (21,43%), seguida do Complexo Embu - PSe (20,09%), Complexo Costeiro (13,77%) e Sedimentos Aluvionares - Qa (8,79%). Juntas essas classes compreendem mais de 64% de toda a área de estudo (Tabela 1).

Assim, foi possível observar uma maior suscetibilidade nas classes Corpo Alcalino de Jacupiranga (Kα1) e Formação Setuva (Pis) (ambas com muito alta suscetibilidade), seguida da classe Suítes Graníticas Indiferenciadas (Psc0y) (alta suscetibilidade). Para as duas primeiras classes, a constituição das rochas pode explicar a alta suscetibilidade. Os corpos alcalinos de Jacupiranga têm rocha carbonática na sua constituição, que é suscetível a erosões. A formação Setuva também possui rochas friáveis na sua constituição.

Por outro lado, a classe das Suítes Graníticas possui rochas duras na constituição, o que não explicaria o fato de ser alta suscetibilidade. Entretanto, ocorreram apenas dois eventos nessa classe geológica, como a área dessa classe é pequena (em torno de 0,04%), uma pequena quantidade de desastres nessa classe elevou a suscetibilidade. Também é possível notar que o uso e ocupação pode ter transformado a área em que esses desastres aconteceram, podendo então, a alta suscetibilidade dessa classe não ser função da geologia e sim dos outros parâmetros.

A Figura 3 mostra a espacialização da suscetibilidade em função da geologia para os desastres de origem geológica em ambiente SIG. A coloração da carta coincide com a coloração da tabela: vermelho para muito alta suscetibilidade, laranja para alta, amarelo para média, verde claro para baixa e verde escuro para muito baixa suscetibilidade.

As classes de muito alta e alta suscetibilidade para os desastres de origem geológica atingem apenas 0,21% da área total, sendo a maior extensão da área de estudo foi classificada como muito baixa suscetibilidade.

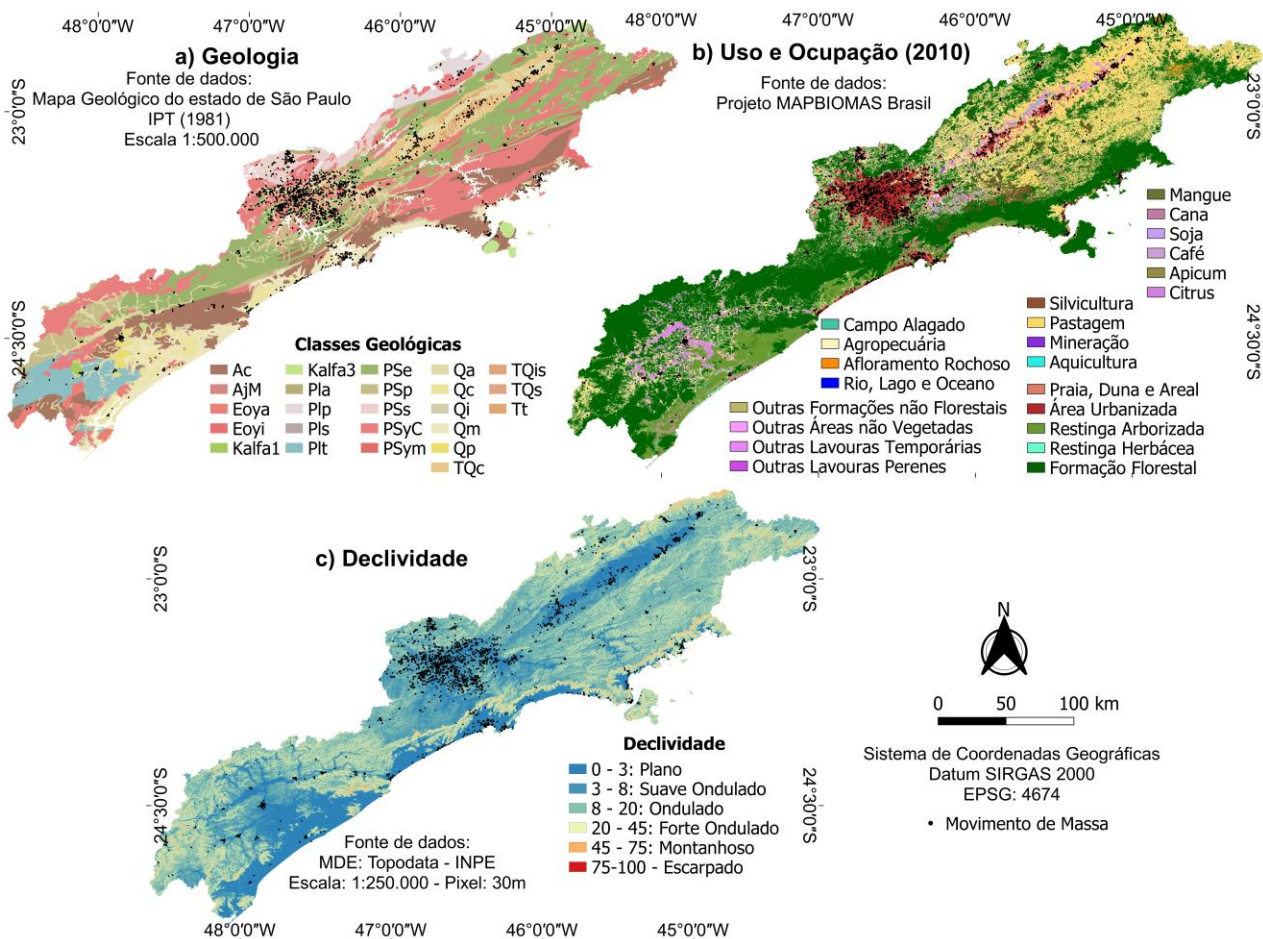


Figura 2. Mapa dos fatores desencadeadores da área de estudo: a) fator geológico, b) uso e ocupação dos anos de 1996, 2010 e 2020 e c) declividade

Tabela 1. Análise do fator geologia para a suscetibilidade, ilustrando apenas algumas classes.

Classes	Geologia	Área (%)	Qtdd. de desastres	% dos desastres	Qtdd/ área	Valores Norm.
Ka1	Corpo Alcalino de Jacupiranga	0,17	14	1,49	0,2074	0,981
PIs	Formação Setuva	0,04	3	0,32	0,2115	1,000
PSyM	Facies Migmatítica	1,24	11	1,17	0,0223	0,106
Pscoy	Suítes Graníticas Indiferenciadas	0,04	2	0,21	0,1410	0,666
Qa	Sedimentos Aluvionares	8,79	157	16,70	0,0448	0,212
TQs	Formação São Paulo	1,78	57	6,06	0,0804	0,380

O uso e ocupação da área de estudo foi analisada ano a ano, entre os períodos de 1996 a 2020. A Figura 2 b ilustra o mapa de uso e ocupação apenas para o ano de 2010. Ao calcular a área de cada classe de uso e ocupação, notou-se que a variação das áreas não foram muito significativas. Assim, a área utilizada foi a área média de cada classe ao longo dos anos. A formação florestal foi a classe com maior incidência no local ao longo dos anos (48,93% em média). A segunda classe de maior incidência foi a pastagem, com 16,68%, seguida da agropecuária, com 13,71% (Tabela 2).

A classe que apresentou a maior quantidade de desastres foi a área urbanizada (classe 24) com 587 desastres (62,45%) (Tabela 2). Isso era esperado, uma vez que se utilizou os chamados da defesa civil para

desenvolver o inventário dos desastres. Desse modo, quanto maior a concentração de pessoas, maior a probabilidade de haver chamado da defesa civil para a região.

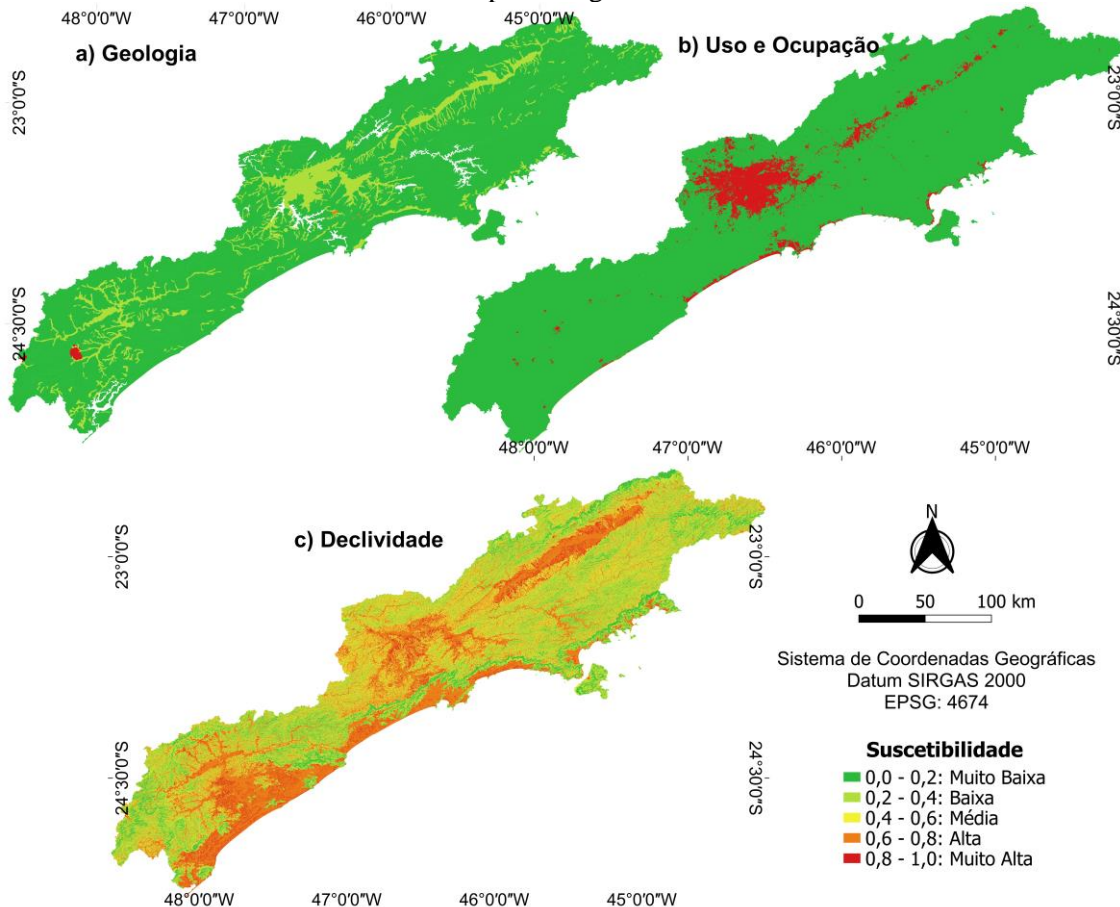


Figura 3. Carta de suscetibilidade dos fatores desencadeadores da área de estudo: a) geológica, b) uso e ocupação e c) declividade

Tabela 2. Análise do fator uso e ocupação para a suscetibilidade, ilustrando apenas algumas classes.

COD	Classe Descrição	Área média (%)	Qtdd. de desastres	% dos desastres	Qtdd/ área	Valores Norm.
3	Formação Florestal	48,93	95	10,11%	0,0050	0,022
15	Pastagem	16,68	58	6,17%	0,0089	0,039
21	Agropecuária - Mosaico de Usos	13,71	143	15,21%	0,0268	0,116
23	Praia, Duna e Areal	0,03	1	0,11%	0,0994	0,428
24	Área Urbanizada	6,51	587	62,45%	0,2320	1,000
25	Outras Áreas não vegetadas	0,21	12	1,28%	0,1440	0,621
29	Afloramento Rochoso	0,21	2	0,21%	0,0242	0,104

As classes com maiores áreas também tiveram valores expressivos de desastres: a agropecuária registrou 15,21% dos desastres, seguida da formação florestal com 10,11% dos desastres e a pastagem com 6,17% dos desastres ocorridos na região (Tabela 2). Por isso também foi feita análise do fator em relação a área ocupada e posteriormente normalizada essa relação.

Como esperado, a classe que apresentou maior suscetibilidade foi a classe das áreas urbanizadas. Isso porque, quanto mais pessoas em uma dada região, mais pessoas acabam sendo afetadas com os desastres, e desse modo, mais chamados a defesa civil tem. Outro ponto que se esperava ter uma elevada suscetibilidade a desastres é o fato de que o escoamento superficial e a infiltração de água no solo estão diretamente relacionadas com o uso e ocupação do local (KARYMBALIS et al., 2021). As áreas urbanas costumam

apresentar uma baixa infiltração e um escoamento superficial significativo, uma vez que as áreas são, em sua grande maioria, impermeável (OLII et al., 2021).

A classe de áreas não vegetadas (25) foi classificada como alta suscetibilidade e a classe de praia, dunas e areal (23) como média suscetibilidade. A falta de vegetação está diretamente relacionada com o aumento da suscetibilidade a movimentos de massa. As raízes das plantas auxiliam na estabilização do solo (GERSCOVICH, 2016), e a retirada da vegetação contribui para a rápida saturação do solo em chuvas intensas, aumentando a instabilidade (DIAS et al., 2002). As praias estão localizadas próximas a Serra do Mar, local onde o solo apresenta certa instabilidade quando não ocupado de maneira correta (WIGGERS, 2013).

A Figura 3b ilustra a espacialização da suscetibilidade dos desastres de origem geológica em função das classes de uso e ocupação. A maior parte da região foi classificada como muito baixa suscetibilidade aos desastres, exceto a região litorânea, da grande São Paulo e da BR-116. Essas áreas somam 6,72% da área total de estudo e foram classificadas como muito alta e alta suscetibilidade para os desastres de origem geológica.

Por fim, a Figura 2c mostra o mapa de declividade da área de estudo. A maior parte da área, 35,6%, possui declividade entre 20% a 45%, sendo classificada como forte ondulada. A declividade ondulada, de 8 a 20%, ocupa 26% da área de estudo. As classes planas (de 0 a 3%) e suave ondulado (3 a 8%), ocupa respectivamente 18,7% e 11,3% de toda a área. Por fim, a classe montanhosa ocupa 7,9% e a escarpado apenas 0,5% de toda a área de estudo.

Na Tabela 3 consta o levantamento dos desastres ocorridos no período estudado, entre 1996 a 2020, em cada classe de declividade. A classe que apresentou maior quantidade dos desastres foi a classe ondulada, com declividades entre 8 a 20%, com 290 (30,85%) desastres dos 940 que ocorreram em toda a área de estudo.

Tabela 3. Análise do fator uso e ocupação para a suscetibilidade

Declividade	Área (%)	Qtdd. de desastres	% dos desastres	Qtdd/ área	Valores Norm.
0 - 3: Plano	18,68	239	25,42	0,0332	0,770
3 - 8: Suave Ondulado	11,32	188	20,00	0,0431	1,000
8 - 20: Ondulado	26,00	290	30,85	0,0289	0,671
20 - 45: Forte Ondulado	35,55	203	21,60	0,0148	0,344
45- 75: Montanhoso	7,90	20	2,13	0,0066	0,152
75 - 100: Escarpado	0,55	0	0	0,0000	0,000

Nota-se que na classe escarpada não ocorreu nenhum desastre. Na realidade, essa classe está localizada nas regiões de serra, o que acaba tendo pouca, ou nenhuma residência, diminuindo assim a probabilidade de pessoas serem afetadas diretamente pelos desastres e, conseqüentemente, não haver chamado da defesa civil.

Apesar do fator declividade não ter ocorrido a maior quantidade dos desastres nas maiores áreas, também foi realizado a análise em relação a área da classe a fim de padronizar as análises. As classes com menor suscetibilidade à desastres de origem geológica foram a montanhosa e escarpado, as quais possuem declividade acima de 45%. Era esperado que a classe escarpada apresentasse suscetibilidade muito baixa, pois segundo Dai; Lee (2002), a estabilidade dos taludes aumenta acima dos 40°, ou seja, na classe escarpada. Porém, diversos autores apontam que a classe montanhosa e a forte ondulada (20 a 75% - em torno de 10 a 35°), que foram classificadas como muito baixa e baixa suscetibilidade, são as mais propensas a ocorrerem desastres de origem geológica (JIMÉNEZ-PERÁLVAREZ, 2018; METEN et al., 2015; PEREIRA, 2009; SESTRAS et al., 2019; TIEN BUI et al., 2016). Isso pode ter acontecido porque, apesar do elevado número da desastres na classe forte ondulada (203), essa é a classe com maior área, 35,6%.

As classes que foram classificadas com maior suscetibilidade a desastres de origem geológica foram as classes com declividades menores: de 3 a 8%, seguido da classe de 0 a 3% e de 8 a 20%. A Figura 3c mostra a espacialização dos dados de suscetibilidade à desastres geológicos em função da declividade do local.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As tres cartas de suscetibilidade foram capazes de indicar regiões mais suscetíveis a desastres de origem geológica. Nota-se que a região metropolitana de São Paulo e a região da BR-116, Rodovia Presidente Dutra são regiões, que independente da carta, apresenta suscetibilidade mais elevada que as demais regiões.

Na carta embasada na geologia essas regiões apresentaram média suscetibilidade, todavia essa carta apresentou uma pequena área como muito alta suscetibilidade, sendo a maior parte da área de estudo classificada como muito baixa ou baixa suscetibilidade, o que leva a indicar que regiões de média suscetibilidade requerem uma atenção especial nas políticas públicas voltadas a contenção e resiliência da área.

Na carta em função da declividade essas regiões apresentam muito alta e alta suscetibilidade. No entanto, nessa carta outras regiões também demandam por atenção das lideranças. Essas áreas são a região litorânea da Baixada Santista, do litoral Sul do estado e da região central da região administrativa de Registro.

Por outro lado, a carta de suscetibilidade em função do uso e ocupação deixa nítido que as áreas que exigem cuidados especiais do governo é a região metropolitana de São Paulo, a região da rodovia BR-116 e a Baixada Santista, uma vez que a carta é dividida, de maneira geral, em regiões de muito alta e de muito baixa suscetibilidade. Desse modo, os autores apontam que essas três regiões, região metropolitana de São Paulo, Baixada Santista e rodovia BR-116, são as regiões que provavelmente são mais suscetíveis a movimento de massa.

As cartas de suscetibilidade em função dos fatores desencadeadores fornecem informações indispensáveis para o acompanhamento da região pelos tomadores de decisão. Uma mudança em um fator desencadeador pode aumentar ou diminuir a suscetibilidade da área. Entretanto existem outros fatores que também podem ter correlação com a suscetibilidade da área, e analisar todos de maneira isolada, como foi feito nesse trabalho torna-se um trabalho árduo. Por esse motivo, para auxiliar no desenvolvimento de políticas públicas específicas, a longo prazo, que efetivamente minimizem os riscos, é indicado que seja construída uma única carta de suscetibilidade ponderando esses fatores analisados e outros que se julguem influentes nos desastres ocorridos na área de estudo.

De maneira geral, as cartas de suscetibilidade são ferramentas indispensáveis para o estudo dos desastres, uma vez que juntamente com as análises de pluviometria e vulnerabilidade social é possível apontar áreas de maiores ou menores riscos a ocorrência desses desastres nas áreas de interesse.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pela bolsa de doutorado concedida ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADITIAN, A.; KUBOTA, T.; SHINOHARA, Y. (2018) Comparison of GIS-based landslide susceptibility models using frequency ratio, logistic regression, and artificial neural network in a tertiary region of Ambon, Indonesia. *Geomorphology*, v. 318, p. 101–111.
- AHRENDT, A. (2005) *Movimentos de massa gravitacionais- Proposta de um sistema de previsão: aplicação na área urbana de Campos de Jordão - SP*. Ph.D. Thesis - São Carlos: Universidade de São Paulo, Doutorado em Geotecnia, p. 364.
- BRAGAGNOLO, L.; SILVA, R. V.; GRZYBOWSKI, J. M. V. (2019) Mapeamento da suscetibilidade a deslizamentos com Redes Neurais Artificiais a partir do módulo gratuito e de código aberto r.landslide. *In: XII Simpósio de Práticas de Engenharia Geotécnica da Região Sul - GEOSUL Joinville*.
- CEMADEN. (2024) Reunião de Impactos do CEMADEN: *Avaliação e previsão de impactos de extremos de origem hidro-geo-climático em atividades estratégicas para o Brasil*. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Governo Federal do Brasil.
- CRED (2023). Disasters Year in Review 2022. *Cred Crunch*, n. 70, abr.
- DAI, F. C.; LEE, C. F. (2022) Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS, Lantau Island, Hong Kong. *Geomorphology*, v. 42, n. 3–4, p. 213–228,
- DIAS, F. P.; LÚCIA, M.; HERRMANN, P. (2002) Suscetibilidade a deslizamentos: Estudo de caso no bairro Saco Grande, Florianópolis – SC. *Caminhos de Geografia*, v. 6, p. 57–73.
- G1 - VALE DO PARAÍBA E REGIÃO (2023). *Temporal devastador no Litoral Norte de SP completa um mês: confira um resumo da tragédia*. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba-regiao/noticia/2023/03/19/temporal-devastador-no-litoral-norte-de-sp-completa-um-mes-confira-um-resumo-da-tragedia.ghtml>>. Acesso em: 13 mar. 2024

- GERSCOVICH, D. M. S. (2016) *Estabilidade de taludes*. 2 ed ed. São Paulo: Oficina de Textos.
- GUIMARÃES, R. F., MACHADO, W. P., DE CARVALHO JR, O. A., MONTGOMERY, D. R., GOMES, R. A. T., GREENBERG, H. M., CATALDI, M., MENDONÇA, P. C. (2017) Determination of areas susceptible to landsliding using spatial patterns of rainfall from Tropical Rainfall Measuring Mission data, Rio de Janeiro, Brazil. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v. 6, n. 10.
- HADER, P. R. P., Kaiser, I. M., Manzato, G. G, Peixoto, A. S. P. (2020) Hazard Assessment of Landslides Disasters in the City of Cubatão, State of São Paulo, Brazil. *INCREaSE*, p. 1–15.
- HADER, P. R. P. (2021) *Metodologia para avaliação de perigo de movimentos de massa considerando fatores socionaturais*. Bauru: Universidade Estadual Paulista: Mestrado em Geotecnia .
- IPT, I. DE P. T. (1981) *Mapa Geológico do Estado de São Paulo*. Escala 1:500.000, Volumes I e II.
- JIMÉNEZ-PERÁLVAREZ, J. D. (2018) Landslide-risk mapping in a developing hilly area with limited information on landslide occurrence. *Landslides*, v. 15, n. 4, p. 741–752.
- KARYMBALIS, E., ANDREOU, M., BATZAKIS, D.-V., TSANAKAS, K., KARALIS, S. (2021) Integration of GIS-Based Multicriteria Decision Analysis and Analytic Hierarchy Process for Flood-Hazard Assessment in the Megalo Rema River Catchment (East Attica, Greece). *Sustainability*, 13, 10232. <https://doi.org/10.3390/su131810232>
- MapBiomias Brasil*. (2023) Disponível em: <<https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>>. Acesso em: 28 jun. 2023.
- METEN, M.; PRAKASHBHANDARY, N.; YATABE, R. (2015) Effect of Landslide Factor Combinations on the Prediction Accuracy of Landslide Susceptibility Maps in the Blue Nile Gorge of Central Ethiopia. *Geoenvironmental Disasters*, v. 2, n. 1.
- OLII, M. R.; OLII, A.; PAKAYA, R. (2021) The integrated spatial assessment of the flood hazard using AHP-GIS: The case study of gorontalo regency. *Indonesian Journal of Geography*, v. 53, n. 1, p. 126–135.
- PASCOTO, T. V.; RODRIGUES, J.; PEIXOTO, A. S. P. (2022) Carta de Suscetibilidade Geomorfológica a Movimentos de Massa para as Regiões Administrativas de São Paulo , São José dos Campos , Baixada Santista e Registro. In: *VIII Conferencia Brasileira sobre Estabilidade de Encostas*, v. 1, p. 212.
- PELLEGRINA, G. J. (2011) *Proposta de um procedimento metodológico para o estudo de problemas geoambientais com base em banco de dados de eventos atmosféricos severos*. Dissertação - Bauru: Universidade Estadual Paulista, Mestrado em Geotecnia, 184 f.
- PEREIRA, S. DA S. (2009) *Perigosidade a movimentos de vertente na região norte de Portugal*. Dissertação de doutoramento em Geografia Física. Faculdade de Letras da universidade do Porto.
- QUEVEDO, R. P.; OLIVEIRA, G. G. DE; GUASSELLI, L. A. (2020) Mapeamento de Suscetibilidade a Movimentos de Massa a partir de Redes Neurais Artificiais. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, v. 43, p. 128–138.
- SANDES, M. DOS S. (2023) *MAPEAMENTO DE RISCO DE MOVIMENTOS DE MASSA EM CORREDORES RODOVIÁRIOS: ESTUDO DE CASO NA BR-116 ENTRE OS MUNICÍPIOS DE JACAREÍ E QUELUZ (SP)*. Dissertação de mestrado—Bauru: Universidade Estadual Paulista (UNESP).
- SESTRAS, P., BILASCO, S., ROSCA, S., NAS, S., BONDREA, M. V., GÂLGAU, R., VERES, I., SALAGEAN, T., SPALEVIĆ, V., CÎMPEANU, S. M. (2019) Landslides susceptibility assessment based on GIS statistical bivariate analysis in the hills surrounding a metropolitan area. *Sustainability (Switzerland)*, v. 11, n. 5, p. 1–23.
- TIEN BUI, D., TUAN, T. A., KLEMPE, H., PRADHAN, B., REVHAUG, I. (2016) Spatial prediction models for shallow landslide hazards: a comparative assessment of the efficacy of support vector machines, artificial neural networks, kernel logistic regression, and logistic model tree. *Landslides*, v. 13, n. 2, p. 361–378.
- WIGGERS, M. M. (2013) *Zoneamento das áreas de risco a movimentos de massa no perímetro urbano do município de Caxias do Sul (RS)*. Dissertação (Mestrado em Geografia) – , Porto Alegre, 2013.: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- ZUQUETTE, L. V. (2018) *Riscos, desastres e eventos naturais perigosos*. Vol 2. q ed. Rio de Janeiro: Elsevier.