

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2024/220

Gestão do Risco em Áreas Urbanizadas Suscetíveis a Instabilização de Encostas: Indicadores da Vulnerabilidade e Capacidade

Bárbara Chiodeto de Paula Silva

Programa de Pós-Graduação em Desastres Naturais do ICT/UNESP/CEMADEN, São José dos Campos-SP, Brasil e YTA-Y-YBY ENGENHARIA, barbara.chiodeto@unesp.br

Tatiana Sussel Gonçalves Mendes

UNESP – Docente do Programa de Pós-Graduação em Desastres Naturais (ICT/UNESP/CEMADEN), São José dos Campos-SP, Brasil, tatiana.mendes@unesp.br

RESUMO: O aumento populacional, a ocupação de áreas mais suscetíveis, assim como os eventos extremos decorrentes, ou não, dos efeitos das alterações climáticas, repercutem diretamente no agravamento do risco de ocorrência de deslizamentos de encostas. Considerando-se como pressuposto abordagens modernas de gestão do risco, este trabalho propõe a análise de indicadores dos três principais fatores do risco de deslizamentos de encostas: a suscetibilidade (ambiental), a vulnerabilidade (social) e a capacidade (econômica). São analisados dados demográficos atualizados (IBGE, 2022) associados aos dados da população exposta ao risco no Litoral Norte de São Paulo (IBGE, 2018). Apresenta-se proposta da atualização da população em risco de deslizamentos de encostas no Litoral Norte tendo por base os dados censitários atualizados (IBGE, 2022) e de IPT (2018). De posse dos resultados obtidos, estima-se que cerca de 22 mil pessoas residentes no Litoral Norte estejam sujeitas a estes eventos. Entretanto, considerando-se a vocação turística, este contingente pode ser triplicado no verão, ilustrando como as propriedades dos sistemas sociais são dinâmicas e interdependentes.

PALAVRAS-CHAVE: encosta, deslizamento, risco, suscetibilidade, vulnerabilidade, capacidade.

ABSTRACT: The population growth, the susceptible areas occupation, as well as extreme events arising, or not, from the effects of climate change, directly exacerbate the risk of landslides. Considering modern risk management approaches, this work proposes indicators analysis of the three main risk factors for landslides: susceptibility (environmental), vulnerability (social) and capacity (economic). Demographic data (IBGE, 2022) associated with data on the population exposed to risk at Litoral Norte (North Coast) of Sao Paulo Estate published by IBGE (2018) are analyzed. A proposal for updating the population at landslides risk at Litoral Norte based on the updated census data (IBGE, 2022) and IPT (2018). According to the estimates around 22 thousand people residing in the Litoral Norte are subject to these events. However, considering the touristic vocation of the region, this contingent could triple in the summer, illustrating how the properties of social systems are dynamic and interdependent.

KEYWORDS: hillside area, landslide, risk, susceptibility, vulnerability, capacity.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as alterações climáticas a nível global, seja por efeito da variabilidade natural e/ou por interferência das atividades humanas, tem resultado em **ameaças**¹ configuradas por eventos extremos com potencial para superar a capacidade de adaptação dos sistemas ecológicos e humanos. Segundo a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE)², o resultado destes eventos são denominados ‘desastres naturais’, entretanto, termos como desastres socionaturais tem sido adotados em detrimento à controversa afirmação de que desastres sejam causados por causas naturais. Wisner et al. (2004), definem que não são apenas eventos de origem natural que causam tais desastres, sendo estes o produto de ambientes sociais, políticos e econômicos, refletindo a estruturação da vida de diferentes grupos de pessoas. Portanto, considerando-se que os desastres deflagrados por eventos meteorológicos têm potencial para indução de

¹ Processo, fenômeno ou atividade humana, de origem natural, antrópica ou socionatural, que pode causar perda de vidas, lesões ou outros impactos na saúde, danos materiais, perturbação social e econômica ou degradação ambiental (UNDRR, 2023).

² Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protacao-e-defesa-civil-sedec>.

movimentação gravitacional de massa, os riscos tendem a aumentar significativamente em decorrência do incremento populacional, pela ocupação de áreas mais suscetíveis como as encostas e sopés de serras e pelas alterações nos padrões de frequência e intensidade climáticos. Ou seja, é o aumento gradual **da exposição ao risco**³, que, na ausência de medidas de gestão pública, resultam em elementos cada vez mais vulneráveis e menos adaptados aos efeitos das alterações climáticas. No cenário das ocupações urbanas da Serra do Mar paulista os eventos relacionados a deslizamentos de encostas e fluxos de detritos tornaram-se cotidianos para muitas comunidades durante as estações chuvosas. Nunes et al. (2019) analisam eventos extremos de precipitação em diferentes escalas de tempo no município de Santos-SP ocorridos entre 1980 a 2015. Os autores concluem que a elevada variabilidade da precipitação é particularmente importante no caso da distribuição diária, pois 25% dos dias chuvosos responderam por 71% do total da precipitação, sendo as piores situações registradas quando episódios extremos de precipitação coincidem com tempestades. Cunha et al. (2022), que apresentam revisão histórica e técnica do fluxo de detritos ocorrido em Caraguatatuba (março de 1967), alertam as autoridades públicas, tendo em conta que a região é suscetível a repetições desse fenômeno: “talvez não com a mesma intensidade observada em 1967, mas, em decorrência do incremento populacional após 55 anos do desastre, atuais eventos de debris flow vitimizariam número maior de pessoas”.

Diante do exposto, o trabalho tem como objetivo a análise das relações entre os três principais fatores do risco de deslizamentos de encostas: a suscetibilidade, a vulnerabilidade e a capacidade, através da técnica de indicadores capazes de auxílio à sua gestão.

2 HISTÓRICO

Além de eventos de escorregamentos de encostas e taludes decorrentes das obras rodoferroviárias para transposição da Serra do Mar desde o século XIX (Vargas, 1999), destacam-se aqueles ocorridos nas áreas urbanas da Baixada Santista (1928 e 1956) e em Caraguatatuba em 1967 (Cunha et al., 2022). Estes episódios foram propulsores para criação da Defesa Civil do Estado de São Paulo e da Secretaria Nacional de Defesa Civil (SDEDEC) em 1979. Uma década depois, o Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC) específico para a Serra do Mar foi implementado a partir das conclusões do Relatório de Instabilidade da Serra do Mar no Estado de São Paulo (1988) realizado pelo IPT e pelos Institutos Botânico, Geológico e Florestal. Entretanto, somente no ano seguinte ao desastre ocorrido na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, em 2012, foram publicados a Política Nacional de Redução do Risco de Desastres e de Gestão do Risco de Desastres (BRASIL, 2012-a) e o Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres (BRASIL, 2012-b), assim como o estabelecimento do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) e a reestruturação do Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (Cenad). O Atlas Digital de Desastres no Brasil (BRASIL, 2023) indica que entre 2000 a 2022 ocorreram 20 óbitos decorrentes de 44 eventos relacionados a alagamentos, chuvas intensas, enxurradas, inundações e movimento de massa no Litoral Norte paulista. Entretanto, nesta estatística não está incluído o evento ocorrido entre 18 e 19 de fevereiro de 2023 que resultou em 64 mortes, confirmando a recorrência e a severidade dos desastres nesta região da mesma maneira que as precipitações pluviométricas que os deflagraram. Segundo os registros do Cemaden (**Figura 1**), o volume de chuva registrado em Bertioga (681mm) e São Sebastião (625mm) naquela data foi o maior registrado em 24 horas no país, seguido do ocorrido em 2022 no município de Petrópolis-RJ (534 mm). Especialistas elencam como preponderantes para ocorrência do atual evento recorde a ocorrência de fatores como a baixa pressão atmosférica no litoral norte de São Paulo, a frente fria vindo pelo mar, os ventos quentes vindos do Nordeste, a presença de nuvens sobrecarregadas associadas ao contexto geomorfológico das escarpas da Serra do Mar (chuvas orográficas).

3 RISCO DE DESASTRES

A despeito do marco da expressão prática da priorização de riscos antevistos em função da associação da sua probabilidade de ocorrência e de seu potencial impacto ser creditado a Frank Farmer (Farmer, 1967), a estruturação da ‘ciência do perigo’ somente foi impulsionada no final de 1980, pelo esforço das grandes seguradoras americanas e europeias, após década marcada pelos desastres de Bopal (Índia, 1984), Challenger

³ Situação das pessoas, infraestruturas, habitação, capacidades de produção e outros bens humanos tangíveis localizados em áreas propensas a riscos (UNDRR (2023)).

(EUA, 1986) e Chernobyl (Ucrânia, 1986). O objeto da ciência, batizada originalmente em francês como *cindyniques*, é a prevenção de riscos, independentemente de sua natureza, cuja abordagem é centrada nos aspectos humanos e organizacionais. No contexto da língua portuguesa a denominação *cindínica* foi consolidada em 2010 no II Congresso Internacional e VI Encontro Nacional de Riscos em Coimbra (Assis et al., 2019).

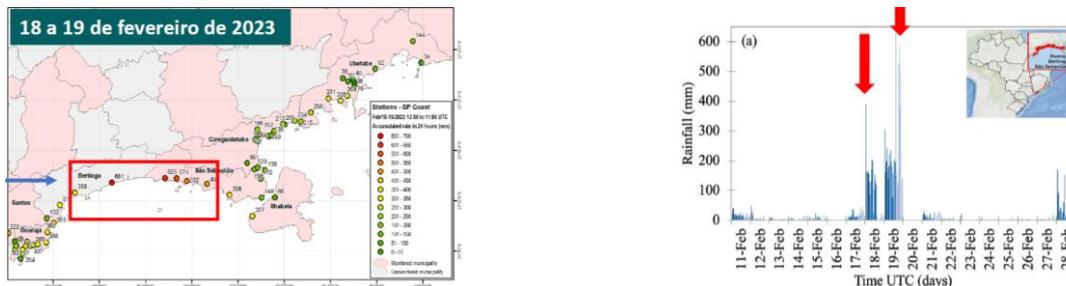


Figura 1. Precipitação diária acumulada (mm) das 12:00 às 12:00 UTC e variabilidade diária da precipitação (mm/dia) para a região de São Sebastião, Bertioga e Guarujá. Fonte: Cemaden (2024).

Ao abordar risco de desastre, o IPCC (2012) define como sendo a *probabilidade, durante um período de tempo especificado, de ocorrência de alterações graves no funcionamento normal de uma comunidade ou sociedade devido a eventos físicos perigosos interagindo com condições sociais vulneráveis, levando a danos materiais e humanos adversos generalizados, efeitos econômicos ou ambientais que exijam uma resposta de emergência imediata para satisfazer necessidades humanas críticas e que possam exigir suporte externo para recuperação.*

3.1 Abordagem do Risco pelas Ciências Físicas e Sociais

Considerando-se o desenvolvimento das teorias probabilísticas basais por matemáticos e estatísticos⁴, e sua massiva aplicação em projetos complexos de engenharia, o estudo do risco pelas **ciências físicas** é pautado pela ameaça e pela exposição. Neste paradigma, os sistemas humanos são passivos, cujo comportamento na mediação das consequências não é considerado, assumindo-se que a fórmula elementar do Risco (R) seja o produto da Probabilidade (P) de ocorrência de uma ameaça pelo seu Impacto (I). Em contraste às ciências físicas, o foco da ciência do risco pelos **cientistas sociais** é a vulnerabilidade, a capacidade de enfrentamento e de adaptação ao desastre. Nesta abordagem a ameaça configura um processo estático.

Entretanto, na literatura recente já é possível encontrar inúmeras derivações da equação elementar do risco, dentre as quais destaca-se Corominas et al. (2014), que propõem que a exposição pode ser calculada como a probabilidade temporal e espacial de que um elemento em risco esteja dentro da trajetória do deslizamento de terra. Para os autores, o cálculo da exposição depende principalmente da escala da análise e do tipo de elemento potencialmente exposto, incluindo parcela para quantificação do impacto, resultante do produto entre a vulnerabilidade do elemento a um deslizamento de terra e o valor do elemento em risco.

Neste contexto, rememora-se o episódio de 2011 ocorrido na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, cujas cidades mais afetadas foram Nova Friburgo, Teresópolis e Petrópolis. Neste evento foram contabilizados cerca de 900 mortos e mais de 300 mil pessoas foram afetadas (IBGE, 2018), além de causar sérios danos a infraestrutura, economia e ao ecossistema da região. Em fevereiro de 2022 outro episódio ocorrido em Petrópolis causou mais de 230 fatalidades, número três vezes maior do que o registrado no município em 2011 (cerca de 70 mortes). Em 2011 não houve aviso prévio. Em 2022, a rede de observação na região de Petrópolis contava com mais de 40 pluviômetros automáticos, além da implantação de robusta estrutura de resposta, cuja defesa civil municipal é considerada uma das mais estruturadas do país. O Cemaden emitiu um alerta com nível moderado de desastre hidrológico com 24 horas de antecedência em 2022. Moraes (2023) discorre sobre diversos elementos para responder à questão elementar: *como o número de mortes em*

⁴ A evolução das teorias probabilísticas como um ramo da matemática data do início do século XVIII, após as publicações de J. Bernoulli (A Arte da Conjectura, em 1713), A. de Moivre (A Doutrina da Probabilidade, em 1718), seguidas por T. Bayes e P.S. Laplace (Théorie Analytique des Probabilités, em 1812).

2022 pôde ser três vezes superior ao de 2011, mesmo após o estabelecimento de ações práticas e da implementação de moderna legislação sobre o tema? Um dos elementos que compõe a resposta deste questionamento, e que permeia a análise dos indicadores sociais, é que a população exposta ao desastre em 2022 foi maior do que em 2011.

3.2 Vulnerabilidade, Capacidade de Adaptação e Suscetibilidade

O conceito **vulnerabilidade** é definido por UNDRR (2023) como conjunto das condições determinadas por fatores ou processos físicos, sociais, econômicos e ambientais que aumentam a fragilidade de um indivíduo, uma comunidade, ativos ou sistemas aos impactos de ameaças. É extremamente dinâmica, pois remete ao contexto atual. Já a **capacidade** inclui as condições e características que permitem que a sociedade em geral (instituições, grupos locais, indivíduos etc.) tenham acesso e uso de meios sociais, econômicos, psicológicos, recursos naturais culturais e de subsistência, bem como acesso à informação e as instituições de governança necessárias para reduzir vulnerabilidade e lidar com as consequências do desastre. O IPCC (2012) contrasta e complementa a definição de vulnerabilidade com a noção de capacidade, traduzida como a “*combinação de todos os pontos fortes, atributos e recursos disponíveis para um indivíduo, comunidade, sociedade ou organização que pode ser usado para alcançar metas estabelecidas*”. Portanto, a falta de capacidade contribui para o agravamento da vulnerabilidade, quando recursos econômicos, sociais e institucionais limitados resultam em alta vulnerabilidade e baixa capacidade de adaptação (IPCC, 2022). Pesquisadores, dentre estes Wisner et al. (2004), consideram que a vulnerabilidade e a capacidade traduzem os intervalos de sucesso ou fracasso que são encontrados em diferentes cenários de recuperação. Em resumo, a vulnerabilidade potencializa as consequências, sendo prejudicial à recuperação. A capacitação contribui para a sustentabilidade, para redução do risco de desastres, minorando o impacto ou a severidade do desastre.

Neste contexto, a **suscetibilidade** está associada à predisposição de ocorrência de um determinado evento, combinando a integração e a consequente espacialização de variáveis do meio biofísico. Fell et al. (2008) definem suscetibilidade a deslizamentos de terra como a avaliação (quantitativa ou qualitativa) do potencial de ocorrência do fenômeno em determinada área, mediante classificação, dimensionamento e distribuição espacial, podendo incluir descrição da velocidade e intensidade do deslizamento (existente ou potencial). Destaca-se que a suscetibilidade não está relacionada ao elemento, e, conseqüentemente às variáveis socioeconômicas e/ou culturais, diferenciando-se conceitualmente da vulnerabilidade.

4 SELEÇÃO DE INDICADORES

Considerando-se como pressuposto as abordagens modernas de gestão do risco, onde fatores como a vulnerabilidade e a capacidade devem ser integradas aos demais fatores físicos para definição do impacto, por incluírem propriedades dinâmicas e interdependentes dos sistemas sociais, a **Figura 2** sintetiza a proposta para correlação entre os três principais fatores do risco de deslizamentos de encostas: a suscetibilidade (ambiental), a vulnerabilidade (social) e a capacidade, associada à gestão do risco (atributo da esfera econômica).

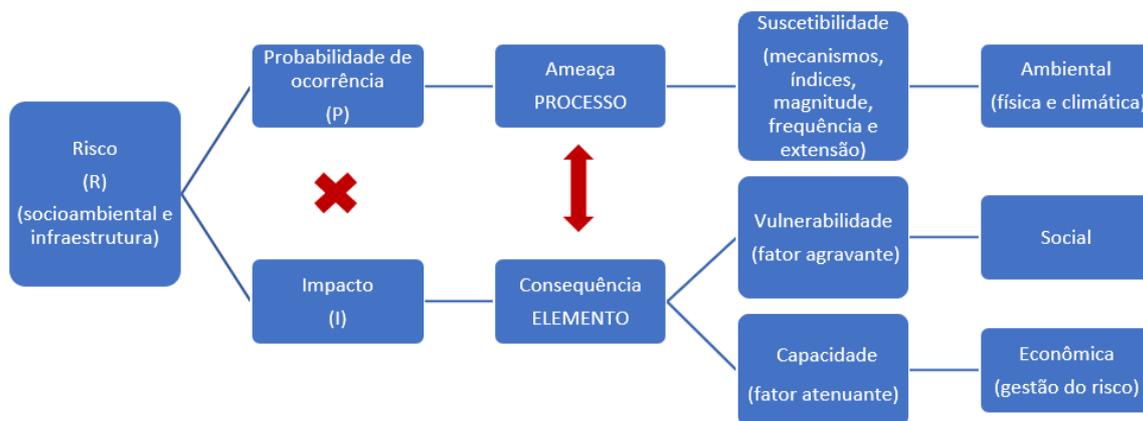


Figura 2. Fatores relacionados ao risco de deslizamentos de encostas.

A despeito da gestão de riscos de desastres ampliar a necessidade de adoção de princípios que exigem o uso de métodos quantitativos (probabilísticos), a natureza qualitativa das avaliações e mapeamentos realizados para definição de áreas suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa ainda prevalece. Neste cenário é inevitável questionar se o processo do deslizamento de encostas e sua gestão podem ser representados e geridos com auxílio de indicadores que representam propriedades dinâmicas dos sistemas sociais associados aos fatores físicos? Neste contexto, a **Tabela 1** elenca indicadores aventados como capazes de integrar elementos associados às incertezas físicas e climáticas aos fatores relacionados ao elemento exposto ao risco, no processo de avaliação do impacto de instabilização de encostas.

Tabela 1. Indicadores para integração da suscetibilidade aos fatores do elemento exposto ao risco.

Fator do Risco	Indicador	Unidade	Fonte
Suscetibilidade	Declividade $\geq 30^\circ$	graus	CPRM
	Índice de Perigo de escorregamento de terra	-	CPRM
	Área do município	km ²	IBGE (2022)
	Área urbanizada	km ²	IBGE (2019)
	Histórico de eventos associados à deslizamentos	eventos	ATLAS (BRASIL, 2023)
	Precipitação acumulada	mm/24h	Cemaden/INIMET
	Precipitação máxima verificada	mm/h	Cemaden/INIMET
	Existência de Mapeamento Geológico	sim/não	CPRM
Vulnerabilidade	Existência de Instrumento de Mapeamento do Risco	sim/não	Estudos específicos
	Taxa de crescimento populacional últimos 10 anos	%	IBGE (2022)
	Histórico de óbitos relacionados a deslizamentos (movimento de massa)	óbitos	ATLAS (BRASIL, 2023)
	População	habitantes	IBGE (2022)
	População exposta ao risco	habitantes	IBGE (2010)
	População Ocupada	%	IBGE (2021)
	Salário médio da população	sal.mínimo	IBGE (2021)
	Índice de GINI		IBGE (2010)
	População inscrita em programas sociais	habitantes	Prefeitura Municipal
	Déficit habitacional	unidades	Prefeitura Municipal
Capacidade de Adaptação	Implantação e Sinalização de Rotas de Fuga	sim/não	Defesa Civil
	Implantação de Sistemas de Alerta	sim/não	Defesa Civil
	PIB per capita	R\$/hab	IBGE (2021)
	Urbanização de vias públicas	%	IBGE (2010)
	População treinada em situações de emergência e redução de risco em desastres		Defesa Civil
	Despesa Orçamentária Realizada	(x 1000) R\$	IBGE (2017)
	Despesas com infraestrutura / Orçamento	R\$	Contas municipais
	Despesas com programas de gerenciamento de emergência / Orçamento	R\$	Contas municipais
Existência de Plano de Gerenciamento de Desastres	sim/não	Defesa Civil	
Existência de Instrumento de Planejamento Territorial Urbano	sim/não	Prefeitura Municipal	

Os atributos associados à **suscetibilidade**, são recomendados nos trabalhos publicados por Fell et al. (2008) e Corominas et al. (2014), e especificamente para as condicionantes da Serra do Mar por IPT (2018) em parceria com o CPRM⁵, IBGE (2022), Kanji et al. (2003), Wolle (1988) e BRASIL (2023). Os indicadores relacionados à **vulnerabilidade** e **capacidade** são referenciados pelas normas brasileiras NBR-ISO 37123:2021 (ABNT, 2021), NBR ISO 14090:2023 ABNT (2023), e pelo IPCC (2023), IBGE (2022), BRASIL (2023), além de Bollin et al. (2003) e Camarinha (2016).

5 RESULTADOS

Para fomentar a discussão da importância da análise de indicadores visando subsidiar políticas públicas para direcionamento de verbas estratégicas para incremento da capacidade adaptativa e redução das taxas de vulnerabilidade, inicialmente optou-se pela avaliação preliminar dos indicadores demográficos população residente e área urbanizada publicadas pelo (IBGE, 2022) e respectivas séries temporais (1970 a 2020). A **Figura 3** ilustra a tendência crescente do incremento demográfico dos municípios do Litoral Norte (LN), em comparação com municípios da Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS). Nota-se que os municípios Santos, Cubatão e Guarujá apresentam taxas anuais de crescimento negativas, com exceção de Bertioga (+2,51% ao ano), assim como Caraguatatuba (+2,45%), Ubatuba (+1,39%), Ilhabela (+1,80%) e São Sebastião (+0,82%).

⁵ CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Cartas de suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Prevencao-de-Desastres>

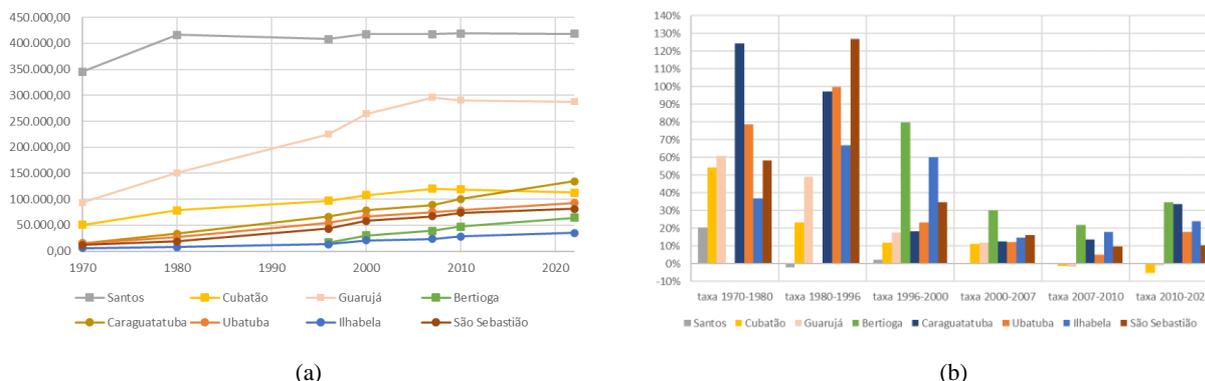


Figura 3. População residente no LN em comparação com os municípios da RMBS: (a) séries históricas (1970-2020); (b) taxa de crescimento populacional ao longo das décadas. Fonte: IBGE (2022).

Na sequência, a **Tabela 2** apresenta as áreas total e urbanizada (IBGE, 2019) e população (IBGE, 2022) dos municípios do LN. A **Tabela 3** apresenta a incidência de áreas suscetíveis a deslizamentos de encostas definidas pelo IPT (2018), cujo mapeamento foi realizado em parceria com o CPRM (ver nota de rodapé nº 5).

Tabela 2. Área total, área urbanizada, população atual e população exposta ao risco no LN de São Paulo, segundo censo 2010. Fonte: IBGE (2018), IBGE (2022).

Região	Município	Área (km²)	Área Urbanizada (km²)		População (IBGE, 2022)	hab/km² zona urbana (2022)	População exposta ao risco - BATER* (IBGE, 2010)	
			IBGE (2019)	% Total			Habitantes	%
Litoral Norte	Caraguatatuba	484,95	39,42	8,1%	134.873	3.421	3.006	3,0%
	Ubatuba	708,11	34,98	4,9%	92.981	2.658	4.678	5,9%
	Ilhabela	346,39	13,35	3,9%	34.934	2.617	-	-
	São Sebastião	402,40	30,98	7,7%	81.595	2.634	-	-
	TOTAL	1.941,84	118,73	6,1%	344.383	-		
MÉDIA LITORAL NORTE						2.833		

* dados não disponibilizados para os municípios

Tabela 3. Estimativa da população exposta ao risco no LN de São Paulo. Fonte: IBGE (2022) e IPT (2018).

Região	Incidência de Áreas suscetíveis a Deslizamento de encostas (IPT, 2018)				hab/km² zona urbana (2022)	Estimativa da Média da população (2022) exposta ao risco	
	ALTA	área total (km²)	759,22	área urbanizada (km²)		2,50	7.081,33
Litoral Norte	MÉDIA			472,02		5,42	15.352,33
	TOTAL ALTA+MÉDIA SUSCETIBILIDADE (km²)		1.231,24	-	7,92		22.433,66

A Tabela 2 adota a premissa de que a atual população residente seja integralmente urbana, foi definida a densidade demográfica da zona urbana, cuja média entre os municípios do LN é de 2.833 hab/km². Apresenta-se a população exposta ao risco nos municípios Caraguatatuba (3,0%) e Ubatuba (5,9%), tendo por base o censo de 2010 (IBGE, 2018), que contempla áreas de risco de inundações, enxurradas e movimentos de massa para municípios monitorados pelo Cemaden, utilizando recorte espacial denominado Base Territorial Estatística de Áreas de Risco (BATER). A Tabela 3 indica que aproximadamente 7,2% (7,92 km²) das áreas urbanizadas no LN são suscetíveis a deslizamentos, cuja incidência é classificada como média a alta, segundo IPT (2018). Considerando-se a extensão territorial, este percentual atinge 63,6% (1.231,24 km²). De posse destes dados é feita simulação da atualização do cenário de população exposta ao risco no LN tendo como base os dados do censo 2020 (IBGE, 2022) em termos médios da população urbana (2.833 hab/km²). O resultado indica que cerca de 6,5% do contingente populacional residente (22,4 mil pessoas) está exposto ao risco (de média a alta incidência) de deslizamento de encostas. Entretanto, é preciso considerar, segundo informação

publicada pela Sabesp⁶, que a população flutuante de pico do Litoral Norte paulista pôde ter atingido cerca 1 milhão de pessoas durante as festas de final de ano (2022-2023). Justamente no feriado do Carnaval 2023, quando provavelmente a população flutuante atingiria valores aproximados aos de final de ano, foi registrado o maior volume de chuvas em 24 horas no país, nos municípios de Bertiooga e São Sebastião, como citado anteriormente, quando foram constatadas 64 vítimas fatais, incluindo residentes e turistas.

6 CONCLUSÕES

O aumento populacional, a ocupação de áreas mais suscetíveis, assim como as alterações dos padrões climáticos, repercute diretamente no agravamento do risco de ocorrência de deslizamentos de encostas. No Brasil as chuvas representam o principal fator deflagatório destes eventos e, no caso da Serra do Mar, a influência orográfica tem papel fundamental na gênese das precipitações, associadas à latitude em zona de transição entre massas tropicais, o que justifica a cronicidade da instabilização de encostas no Litoral Norte paulista. De fato, a suscetibilidade física e climática não é o único fator do risco a ser considerado para avaliação do impacto destes eventos. Para tal, abordagens modernas de gestão do risco recomendam a integração de fatores como a vulnerabilidade e a capacidade aos demais fatores físicos.

Após elencar indicadores aventados como capazes de promover tal integração, foram selecionados atributos de natureza demográfica para confirmar a tendência crescente do incremento populacional a partir dos anos 2000 nos municípios do Litoral Norte, reforçando a tese do aumento da população exposta ao risco. De posse destes dados e utilizando-se de atual mapeamento realizado pelo IPT (2018), que indica que aproximadamente 7,2% (7,92 km²) das áreas urbanizadas desta região são suscetíveis a deslizamentos, estima-se que, pelo menos 22 mil pessoas residentes no Litoral Norte estejam sujeitas à estes eventos. Ademais, quando considerada a vocação turística da região, este contingente pode ser triplicado no verão, independente das taxas anuais de crescimento populacional. Este fato ilustra como as propriedades dos sistemas sociais são dinâmicas e interdependentes.

Como sequência deste trabalho recomenda-se a priorização e hierarquização dentre os indicadores sugeridos, permitindo assim refinamento de avaliações de impacto de instabilização de encostas.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Instituto de Ciência e Tecnologia – UNESP Câmpus de São José dos Campos e o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - Cemaden/MCTI.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (2021). ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-ISO 37123:2021 - Cidades e comunidades sustentáveis - Indicadores para cidades resilientes. Primeira edição: 21.01.2021.
- ABNT (2023). ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-ISO 14090:2023 - Adaptação às mudanças climáticas – Princípios, requisitos e diretrizes. Primeira edição: 01.11.2023.
- ASSIS, A.P.; FRANCIS F.O.; RABECHINI JR, R. (2019). Gestão de Riscos: Empreendimentos Complexos. Curitiba: CRV, 344p.
- BRASIL (2012-a). Política Nacional de Defesa Civil. Lei nº 12.608 de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; e dá outras providências.
- BRASIL (2012-b). Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais - PNGRRD. Disponível em: <https://bibliotecadigital.economia.gov.br/handle/123456789/197>.
- BRASIL (2023). Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Secretaria de Proteção e Defesa Civil. Univ.Fed.SC. Atlas Digital de Desastres no Brasil. Brasília. Disp. em: <https://atlasdigital.mdr.gov.br>.

⁶ Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Notícias Sabesp: População no Litoral Norte deve chegar a 1 milhão de pessoas durante final do ano. Disponível em: <https://www.sabesp.com.br/site/imprensa/noticias>. Acesso em: abril/2024.

- CAMARINHA, P. I. M. (2016). Vulnerabilidade aos desastres naturais decorrentes de deslizamentos de terra em cenários de mudanças climáticas na porção paulista da Serra do Mar. Tese de Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos.
- CEMADEN (2024). Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. 64ª Reunião de Avaliação e Previsão de Impactos de Extremos de Origem Hidro-Geoclimático em Atividades Estratégicas para o Brasil. São José dos Campos, Brasil. Disponível em: <https://www.gov.br/cemaden/pt-br>.
- COROMINAS, J.; et al. (2014). Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk. Bulletin of Engineering Geology and the Environment. ISSN 1435-9529, Volume 73, Number 2.
- CUNHA, M. A.; PAULA, M. S.; IYOMASA, W. S.; GRAMANI, M. F.; MASSAD, F. (2022). Debris flow na Serra do Mar - O caso de Caraguatatuba 1967. Oficina de Textos, 192p.
- FARMER, F.R. (1967). Siting criteria: A new approach. In Proceedings of a Symposium on the Containment and Siting of Nuclear Power Plants, Vienna, April 3–7, 303–329. IAEA.
- FELL, R.; COROMINAS, J.; BONNARD, C.; Cascini, L.; Leroi, E.; Savage, W.Z. (2008). Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. Eng.Geol., Vol.102 Iss.3-4, pp 85-98.
- IBGE (2018). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: População em áreas de risco no Brasil. Diretoria de Geociências, Coordenação de Geografia.
- IBGE (2022). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE Cidades e Panorama Censo 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/> e <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/indicadores.html>.
- IPCC (2012). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp..
- IPCC (2022). Climate Change 2022. Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers.
- IPCC (2023). Climate Change 2023: Synthesis Report. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva-SW.
- IPT (2018). INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Panorama das áreas suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa e inundações nas Regiões Metropolitanas de São Paulo e da Baixada Santista e do Litoral Norte do Estado de São Paulo. Comunicação Técnica nº 175468.
- KANJI, M. A.; MASSAD, F.; CRUZ, P. T. (2003). Debris flow in areas of residual soil: occurrence and characteristics. In: Int. Workshop on Occurrence and Mechanism of Flows in Natural Slopes and Earthfills, p.1-11.
- MORAES, O. L. L. (2023). Proposing a metric to evaluate early warning system applicable to hydrometeorological disasters in Brazil. Int. Journal of Disaster Risk Reduction 87 (2023) 103579.
- NUNES, L.H., ALVES, L.M., HOSOKAWA, E.K., MARENGO, J.A. (2019). Patterns of Extreme Precipitation in Santos. In: Nunes, L., Greco, R., Marengo, J. (eds) Climate Change in Santos Brazil: Projections, Impacts and Adaptation Options. Springer.
- UNDRR (2023). United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Terminology. Disponível em: <https://www.undrr.org/terminology>. Acesso em: fevereiro/2024.
- VARGAS, Milton (1999). Revisão histórico-conceitual dos escorregamentos da Serra do Mar. Solos e Rochas: revista latino-americana de geotecnia, v. 22, n. 1, p. 53-83.
- WISNER, B.; BLAIKIE, P.; CANNON, T.; DAVIS, I. (2004). At Risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters. 2. ed. Londres, Nova York: Routledge Taylor & Francis Group, 2004. 471 p.
- WOLLE, C. M. (1988). Análise dos Escorregamentos Translacionais numa Região da Serra do Mar no Contexto de uma Classificação de Mecanismos de Instabilidade de Encostas, Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (SP), 406 p., 1988.