

Impactos ambientais causados pela urbanização em áreas de risco a deslizamento: Tendências e contribuições da literatura científica.

Environmental impacts caused by urbanization in landslide risk areas: Trends and contributions from the scientific literature.

Joyce Ingrid de Arandas Sobral¹; Ahmed Al-Shafei²; Kalinny Patrícia Vaz Lafayette³; Jonas da Silva Bezerra⁴; Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani⁵

¹ Universidade de Pernambuco, Departamento de Engenharia Civil, Recife/PE, Brasil. Email: jias2@poli.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5873-7924>

² Universidade de Calgary, Departamento de Engenharia Elétrica e Software, Calgary, Canada. Email: ahmed.alshafei@ucalgary.ca
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5230-8301>

³ Universidade de Pernambuco, Departamento de Engenharia Civil, Recife/PE, Brasil. Email: klafayette@poli.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7954-2317>

⁴ Universidade de Pernambuco, Departamento de Engenharia Civil, Recife/PE, Brasil. Email: jonas.bezerra@poli.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3880-7614>

⁵ Universidade de Pernambuco, Departamento de Engenharia Civil, Recife/PE, Brasil. Email: emilia.rabbani@upe.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4016-5198>

Resumo: O crescimento das cidades de modo desordenado contribuiu para a criação de um cenário de insustentabilidade urbana. Esta pesquisa tem como objetivo analisar os resultados dos trabalhos que abordam os impactos ambientais causados pelo processo de urbanização em uma área de risco a deslizamento por meio de uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL). Como metodologia, trata-se de uma pesquisa aplicada por meio de uma RSL sem restrições no espaço temporal, os termos de busca consistem em impactos ambientais, urbanização e áreas de risco a deslizamento. As fases metodológicas de estudo foram: busca em base de dados, meta-análise, análise descritiva e bibliográfica. Os resultados indicaram padrões relevantes na produção científica, com predominância de metodologias baseadas em geotecnologias. O banco preliminar consistiu em 572 artigos, das quais 55 artigos (11% dos dados brutos) estavam de acordo com o objetivo de pesquisa, revelando maior concentração de pesquisas na China, Brasil e Itália, além da predominância de publicações em inglês. Como conclusão, a RSL se mostrou uma técnica eficaz sendo possível observar a importância em ampliar investigações interdisciplinares quanto a análise de suscetibilidade a deslizamento, fortalecendo pesquisas aplicadas em contextos tropicais e promovendo estratégias de planejamento urbano e socioambiental alinhadas às realidades locais.

Palavras-chave: Crescimento urbano; Deslizamento de terra; Áreas de risco; Impactos ambientais; Desastres naturais.

Abstract: The disorderly growth of cities has contributed to the creation of a scenario of urban unsustainability. This research aims to analyze the results of studies that address the environmental impacts caused by the urbanization process in an landslides risk area through a Systematic Literature Review (SLR). As a methodology, it is an applied research conducted via an RSL without temporal restrictions. The search terms consisted of environmental impacts, urbanization and landslide risk areas. The methodological stages of the study were: database search, meta-analysis, descriptive and bibliographic analysis. The results indicated relevant patterns in the scientific output, with a predominance of methodologies based on geotechnologies. The preliminary dataset consisted of 572 articles, of which 55 (11% of the raw data) met the research objective, revealing a higher concentration of studies in China, Brazil, and Italy, in addition to the predominance of publications in English. In conclusion, the SLR proved to be an effective technique, allowing for the identification of the importance of expanding interdisciplinary investigations regarding lanslide susceptibility analysis, thereby strengthening applied research in tropical contexts and promoting urban and socio-environmental planning strategies aligned with local realities.

Keywords: Urban growth; Landslide; Risk area; Environmental impacts; Natural disasters.

1. Introdução

É notório que, em decorrência da Revolução industrial, o processo de urbanização expandiu-se pelas cidades mundiais (ZAZYKI; MARIN; MOURA, 2020). No Brasil, por sua vez, em meados do século XX, ocorreu um intenso processo de urbanização por meio de incentivos na industrialização fazendo com que expressiva parcela da população migrasse do campo para as cidades em um fenômeno conhecido como êxodo rural (CARVALHO et al., 2022; LIMA et al., 2021).

Nesse contexto, o acelerado crescimento da população, a necessidade de moradia e outras conveniências resultaram, por conseguinte, na intensificação da alteração dos ambientes naturais (ARAÚJO et al., 2025; TERFA et al., 2020). Sob essa perspectiva, a heterogeneidade da distribuição dos grupos sociais no território está relacionada com a disponibilidade de infraestrutura urbana e na dificuldade em se obter terras, contribuindo para o aumento de moradias em áreas de risco socioambientais (PFALTZGRAFF; TORRES, 2024; REIS; VÉRAS, 2024; SANTOS et al., 2023).

O crescimento das cidades de modo desordenado contribuiu para a criação de um cenário de insustentabilidade urbana gerando, por conseguinte, impactos adversos, seja por meio da ação do homem sob a natureza, como, a poluição atmosférica, deposição irregular de resíduos, destruição dos recursos naturais e da biodiversidade, seja pelo efeito inverso, sendo ele, da natureza sob o homem na forma de desastres naturais como o movimento de massa em solos de pouca estabilidade (FERREIRA LEITE; CORTINES, 2024; SEIFOLLAHI-AGHMIUNI et al., 2022).

O processo acelerado de urbanização, especialmente em países em desenvolvimento como o Brasil, tem provocado transformações significativas nos territórios urbanos, muitas vezes sem planejamento e infraestrutura adequados (CAMACHO; MOSCHINI, 2021; LÊU et al., 2024). Esse crescimento desordenado tem levado a ocupação de áreas ambientalmente frágeis, como encostas e margens de rios, aumentando a vulnerabilidade de comunidades a riscos naturais, em especial os deslizamentos de terra (ANDRADE et al., 2024; FERRAZ et al., 2022). Estes eventos, intensificados por fatores como a impermeabilização do solo, o desmatamento e a ausência de políticas públicas eficazes, resultam em impactos socioambientais severos, com perdas humanas, materiais e ecológicas (SILVA et al., 2024).

Os deslizamentos de terra são um dos perigos mais frequentes e destrutivos em todo o mundo e, em países tropicais como o Brasil, tais riscos geológicos são significativos, causando fatalidades e perdas econômicas (DIAS; GROHMANN, 2024; SILVA et al., 2025; YU; PRADHAN; WANG, 2025). Sendo assim, de acordo com Bezerra et al. (2020), fatores como a ocupação inadequada de áreas muito suscetíveis a deslizamentos é a principal causa de acidentes nas encostas brasileiras, em especial, aquelas ocupadas por aglomerados subnormais.

Embora existam diversos estudos que abordam a relação entre urbanização e deslizamento, muitos deles se limitam a análises localizadas ou a abordagens exclusivamente técnicas, deixando lacunas quanto à compreensão integrada dos fatores ambientais, sociais e especiais envolvidos (NAKANO; MARU, 2024; OLIVEIRA et al., 2024; PORTO et al., 2025). Nesse sentido, a Revisão Sistemática de Literatura se diferencia ao oferecer uma síntese ampla e crítica da produção científica sobre o tema, identificando padrões metodológicos, regiões mais afetadas, abordagens utilizadas e lacunas persistentes no campo. Ao sintetizar evidências de diferentes contextos, o estudo contribui para a ampliação e compreensão sobre os impactos da urbanização em áreas de risco, considerando tanto avanços tecnológicos aplicados, quanto as dimensões sociais do problema.

Artigos que utilizam o mecanismo de Revisão Sistemática de Literatura (RSL) são imprescindíveis para o desenvolvimento científico, haja vista, desempenhar um papel crítico na pesquisa acadêmica, além de buscar coletar informações e analisar os dados extraídos dentro de um campo de estudo em específico (LINNENLUECKE; MARRONE; SINGH, 2020; PICOLLI; STECANELA, 2023).

Com o crescimento, de modo exponencial, de publicações científicas por meio de diversos periódicos, a RSL é utilizada como uma ferramenta que permite que as pesquisas sejam investigadas de modo eficiente, transparente e reproduzível, analisando sua contribuição e qualidade seguindo-se um padrão para inclusão e exclusão de modo a facilitar na sintetização dos resultados das pesquisas (CHENG et al., 2025; SOLORZANO; MORANTE-CARBALHO; CARRIÓN-MERO, 2022).

A contribuição científica desta revisão está na organização de um banco de dados estruturado que permita não apenas visualizar o estado atual das pesquisas, mas também apontar direções estratégicas para futuras investigações e políticas públicas. Ao reunir, comparar e analisar criticamente os estudos, espera-se oferecer subsídios para o planejamento urbano sustentável, a gestão de risco e o uso de tecnologias. Além disso, ao considerar o papel das desigualdades sociais e da governança urbana, o estudo busca promover um olhar mais integrado e interdisciplinar sobre um dos desafios mais urgentes das cidades contemporâneas.

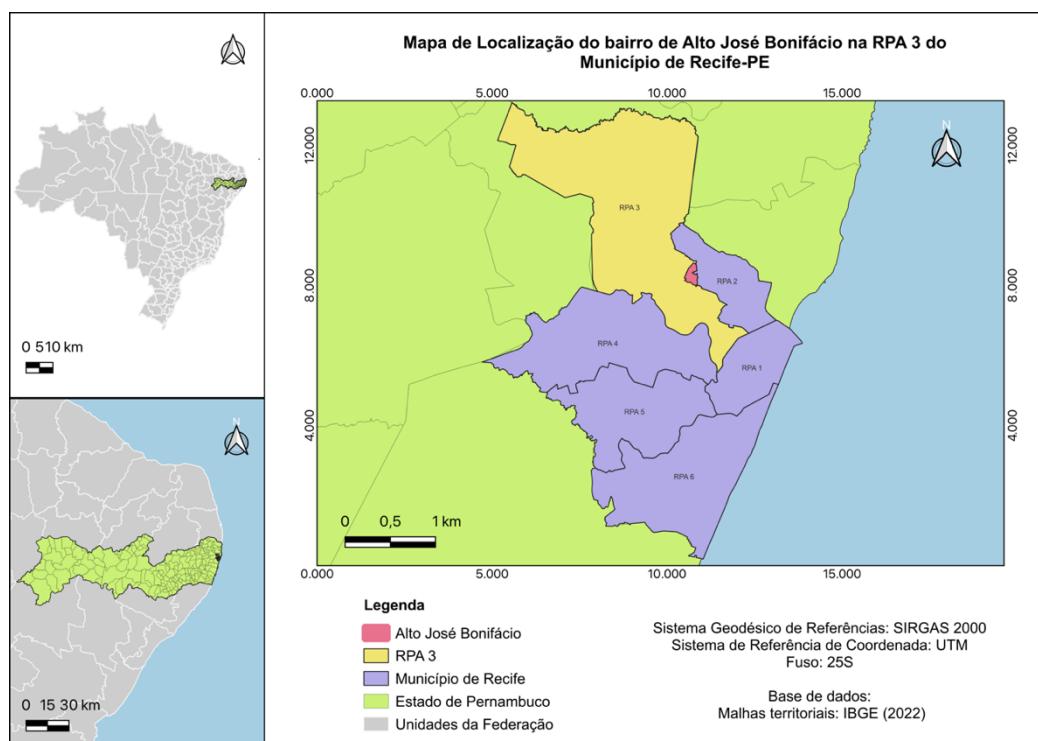
Desse modo, a presente pesquisa tem como objetivo analisar os resultados dos trabalhos que abordam os impactos ambientais causados pelo processo de urbanização em áreas de risco a deslizamento, contribuindo para a criação de um banco de dados através de uma RSL. Ademais, a análise visa responder os seguintes questionamentos: (1) Quais os

prejuízos do processo de urbanização para população em áreas de risco a deslizamento? (2) Quais os mecanismos de estudo aplicados para análise da urbanização em áreas de risco? (3) Qual a relação da urbanização com as áreas de risco a deslizamentos?

2. Caracterização da área de estudo

O município de Recife, capital do estado de Pernambuco, localiza-se na região costeira do nordeste brasileiro, possuindo uma população estimada de 1.488.920 habitantes em 218,843 km² de extensão (IBGE, 2022). Recife limita-se ao norte com os municípios de Paulista e Olinda, ao sul com o município de Jaboatão dos Guararapes, a oeste com os municípios de São Lourenço da Mata e Camaragibe e ao leste com o oceano Atlântico.

De acordo com a caracterização do território, elaborada pela Prefeitura do Município de Recife (2023), área territorial da cidade consiste em 67,43% de morros, 23,26% de planície, 9,31% aquática e 5,58% de Zona Especial de Preservação Ambiental, ademais, a cidade é dividida em 94 bairros e seis regiões administrativas (RPA's). A área de estudo está situada na RPA 3, no bairro de Alto José Bonifácio, com latitude 8°00'6.0"S e longitude 34°54'9.2"W de Greenwich (Figura 1).



*Figura 1 – Localização da RPA 3 do Município de Recife-PE.
Fonte: Autores (2025).*

Segundo a Agência Pernambucana de Águas e Climas (2023), a região que abrange a área de estudo possui clima tropical quente e úmido influenciado pelas massas marinhas tropicais, com os meses de maior índice de precipitação registrados em Maio, Junho e Julho. A geomorfologia do bairro caracteriza-se pela presença de tabuleiros orientais do nordeste, composto por platôs sedimentares, vales estreitos e declives acentuados.

O bairro de Alto José Bonifácio possui predominância de áreas urbanas. De acordo com o Sistema de Informação Geográfica (ESIG, 2021), o bairro está situado na Zona Especial de Interesse Social (ZEIS) com a presença de assentamentos habitacionais ocupados por uma população de baixa renda, com possibilidade de regulação fundiária, surgidos de modo espontâneo e sujeitos a movimento de massa em encostas.

Nesse contexto, a Revisão Sistemática de Literatura será uma ferramenta de auxílio na compreensão das consequências que a urbanização pode causar em tais áreas, assim como, proporcionar um conhecimento sobre as ferramentas que, nos últimos anos, vem sendo utilizadas para minimizar tais impactos em áreas sujeitas a deslizamento de terra.

3. Metodologia

Este estudo consiste em uma pesquisa aplicada por meio de uma revisão bibliográfica de caráter exploratório, com foco em analisar os impactos ambientais causados pelo processo de urbanização em áreas de risco, sob várias perspectivas, por meio de um levantamento bibliográfico e de caráter descritivo por investigar tal temática de modo qualitativo e quantitativo.

Sob essa óptica, como instrumento metodológico foi adotado uma Revisão Sistemática de Literatura seguindo-se as diretrizes do método Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA). Quanto a estratégia PICo, cujas etapas são sugeridas por Okoli (2019), optou-se como população o processo de urbanização, o interesse consistiu nos impactos ambientais e o contexto as áreas de risco a deslizamento. Nessa perspectiva, a presente investigação foi dividida em 4 fases, conforme a Figura 2, que delimitaram o método sistemático de pesquisa: (1) Busca na base de dados, (2) Metadados, (3) Análise Bibliométrica, (4) Análise Sistêmica.

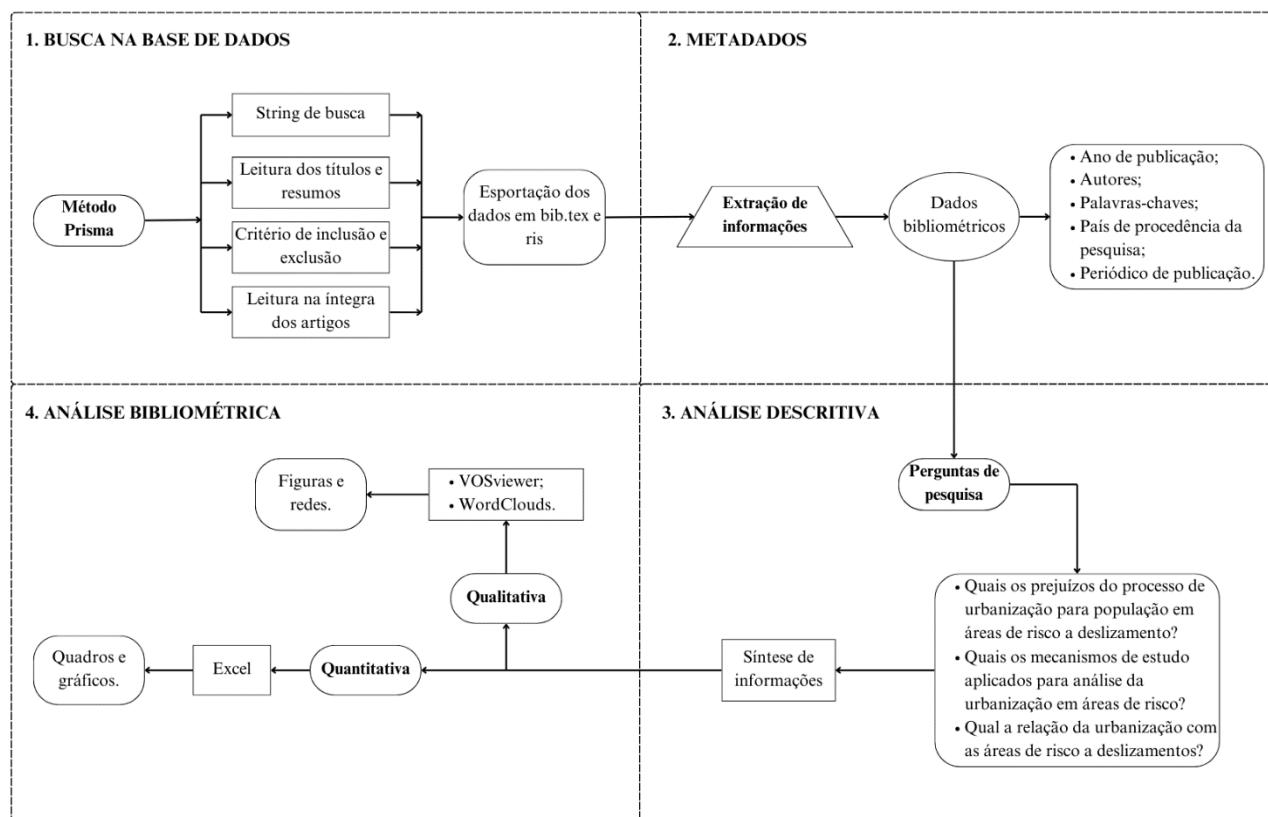


Figura 2 – Fluxograma sistemático da pesquisa.

Fonte: Autores (2025).

Os trabalhos utilizados para esse estudo foram adquiridos na base de dados EBSCO host, ASCE library, Engineering Village e Web of Science, por possuírem um acervo com publicações internacionais, além de sua multidisciplinaridade e sua relevância com uma vasta abrangência científica de credibilidade e qualidade nas pesquisas. O acesso as bases de dados ocorreram por meio do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), tendo-se em vista a busca pela identificação de estudos publicados na temática de impactos ambientais causado pelo processo de urbanização em áreas de risco a deslizamentos.

O processo de busca foi realizado no mês de outubro de 2024. Quanto aos strings de buscas, optou-se pelas palavras-chaves e operadores booleanos (OR, AND): (“environmental impacts” AND “urbanization” OR “urban Growth” OR “urban expansion”) AND (“risk areas” OR “landslide” OR “slope instability”). Foram aplicadas algumas limitações/ filtros no desenvolvimento da pesquisa, como: seleção de pesquisas com as palavras-chaves encontradas somente nos títulos,

resumos e palavras-chaves do acervo de cada base de dados; seleção de artigos publicados em periódicos científicos; acesso livre; idioma das pesquisas em inglês, espanhol, francês e português; não adoção de restrições quanto ao espaço temporal.

No que se refere aos critérios de inclusão, as pesquisas foram selecionadas conforme: publicação deve ser realizada por periódicos com disponibilidade integral, mencionar o processo de urbanização e os impactos ambientais causados em áreas de risco a deslizamentos. Quanto aos critérios de exclusão, este, abrange artigos duplicados; não apresentação dos termos de busca no título, resumo e nas palavras-chaves; pesquisas não publicados em periódicos, idioma diferente do inglês, espanhol, francês e português, artigos sem metodologia e resultados bem detalhados, estudos que não são referentes a urbanização em áreas de risco e análises a deslizamentos. Em seguida, realizou-se uma seleção dos títulos compreendendo o ano de publicação, autores, palavras-chave, país de procedência da pesquisa e periódico de publicação para, então, realizar a análise descritiva e bibliométrica dos artigos selecionados na pesquisa.

4. Resultados e discussões

4.1 Análise descritiva

Em decorrência das consequências da urbanização em áreas de risco e, por conseguinte, os deslizamentos, foi realizada uma análise descritiva sobre os métodos de estudos de análise de risco a deslizamento, como também, os prejuízos de tal desastre natural a população.

4.1.1 Urbanização em áreas de risco

Segundo Guo *et al.* (2022), aproximadamente um terço à metade da superfície global da terra sofre transformações devido a influência de atividades antropogênicas. Nessa perspectiva, o gerenciamento adequado do uso do solo e o controle da paisagem, apoiado pela análise de cenários futuros torna-se um guia imprescindível para um desenvolvimento social e econômico das cidades (SALAZAR *et al.*, 2020; ZENG *et al.*, 2022).

Em estudo realizado por Garcia *et al.* (2024) e Zevallos; Consuelo (2021), é possível verificar que o modelo de urbanização, principalmente em países em desenvolvimento, é orientado por uma configuração territorial que acompanha o surgimento de atividades econômicas junto a falta de planejamento para orientar tal processo de crescimento. O desenvolvimento urbano não planejado já ocorre há muito tempo, a escassez de planejamento aliado a fatores como o clima, geologia, geomorfologia, supressão vegetal tem demonstrado uma vulnerabilidade da sociedade aos desastres naturais (CANTARINO *et al.*, 2021; HAMZA *et al.*, 2020).

O processo de urbanização de modo acelerado e desordenado ocasionou uma grande desigualdade social e degradação ambiental que se manifesta em problemas, como, a escassez de moradias, vulnerabilidade dos ecossistemas, carência de serviços públicos e oportunidades econômicas, como também, no crescimento de assentamentos em áreas de risco a deslizamentos (PUENTE-SOTOMAYOR; EGAS; TELLER, 2021; SAEIDI *et al.*, 2019).

Nesse cenário, de acordo com Sestras *et al.* (2021), vários fatores podem tornar uma área propensa a deslizamento de terra, sendo eles, fatores pré disponíveis que geram condições adequadas para o deslizamento como a inclinação, geologia, uso da terra e os fatores desencadeantes, ou seja, chuvas intensas, desmatamento, corte de encostas, construções em locais inadequados.

Duarte *et al.* (2024) afirmam que o aumento do número de pessoas impactadas por deslizamentos de encostas no Brasil está interligada ao intenso processo de urbanização que o país sofreu ao longo das últimas 2 décadas. Os deslizamentos de terra são um dos desastres naturais mais perigosos em termos de sua frequência e gravidade dos danos que causam, levando a perda de vidas e ao abalo da infraestrutura social em praticamente todo o mundo (HETTELINGH; PUZRIN, 2023; ROHAN; SHELEF, 2024; SOLÍS; ROSADO; VERA, 2024).

Cui *et al.* (2019) pontuam que um fator contribuinte para uma maior gravidade dos impactos gerados pelo deslizamento de terra também está relacionado com a falta de identificação do risco e a resposta a tal desastre natural que deveria ser ministrado, em vários níveis de ensino, a comunidade para que, assim, haja um maior investimento na melhoria de conhecimento da população e uma redução de riscos.

As literaturas revisadas apontam que a vulnerabilidade urbana não decorre apenas das condições geológicas e geomorfológicas, mas sobretudo da desigualdade socioeconômica, ocupações irregulares e a falta de políticas públicas (AI *et al.*, 2022; GARCIA *et al.*, 2024; SAEIDI *et al.*, 2019). Sob esse aspecto, é possível verificar que há um consenso acadêmico sobre os impactos negativos da urbanização desordenada e que o desafio atual consiste em compreender a

interação entre os fatores sociais e ambientais, como também, seu papel na potencialização de riscos a deslizamentos, observações tais ainda pouco exploradas nos estudos revisados.

4.1.2 Análise de risco a deslizamento

Os riscos naturais, tornaram-se mais destrutivos nos últimos tempos devido ao rápido desenvolvimento urbano, por conseguinte, a significativa perda de vidas humanas, danos à propriedade e à infraestrutura, além do colapso do meio ambiente, trazendo a atenção dos geocientistas na busca por controlar as consequências e em realizar um gerenciamento de riscos geológicos (BOZZOLAN et al., 2024; REHMAN et al., 2022).

Cantarino et al. (2021) destacam a necessidade em se determinar até que ponto as áreas residenciais podem estar em área de risco de deslizamento de terra, entender as causas desses riscos e melhorar o planejamento para elas, sendo assim, para isso faz-se preciso a realização de mapas de riscos. O mapeamento e o zoneamento de suscetibilidade a deslizamento de terra é um dos métodos de investigação mais eficazes para o fornecimento de uma previsão de ocorrência de desastres naturais (XIONG et al., 2023; ZUMPANO et al., 2021).

Pesquisas realizadas por Daoudi; Niang (2021), Peethambaran; Leshchinsky (2023), Rehman et al. (2022), Ai et al. (2022) foram conduzidas utilizando-se tecnologias de sensoriamento remoto, Sistema de Informação Geográfica (SIG), além de ferramentas como o Processo de Hierarquia Analítica (AHP) e a Análise de Decisão Multicritério (GIS-MCDA) para que, assim, fossem realizados os mapas de riscos a deslizamentos.

Na última década, um novo método foi introduzido no processo de monitoramento de deslizamentos de terra, consistindo na utilização de veículos aéreos não tripulados (UAVs), ferramentas geométricas e investigações de georadares para uso em técnicas complexas de fotogrametria e geométrica como subsídio na elaboração de mapas de suscetibilidade a deslizamentos de terra (SESTRAS et al., 2022).

A ampliação de usos de ferramentas tecnológicas para análise de risco a deslizamentos, como o SIG, sensoriamento remoto e UAVs tem se mostrado eficaz em países desenvolvidos e regiões temperadas, onde há uma série histórica de dados em alta resolução para validação (REHMAN et al., 2022; SESTRAS et al., 2022; XIONG et al., 2023). Países tropicais e em desenvolvimento, embora utilizem os mesmos métodos, enfrentam uma escassez de informações sistematizadas e de levantamento de campo (DUARTE; COUTINHO, 2024; SALAZAR et al., 2020).

Paliaga et al. (2019) destacam a importância em realizar a coleta de documentos, analisar dados e implantar pesquisas de campo visando a avaliação dos processos dinâmicos ativos junto a possibilidade de ocorrência de deslizamentos. Sim et al. (2023) em sua pesquisa sobre a percepção das comunidades em relação aos deslizamentos de terra na Malásia aplicou um método de pesquisa de questionário que provou ser muito útil para determinar as respostas psicológicas do público e as antecipações mentais relacionadas a desastres naturais.

Essas pesquisas reforçam a necessidade em superar os desafios atuais que exigem uma ampliação interdisciplinar dos estudos, visando a inclusão de variáveis sociais nas modelagens e promover uma maior validação em campo, transformando ferramentas acadêmicas em instrumentos efetivos de planejamento urbano e gestão de risco.

4.2 Análise bibliométrica

Para a realização da Revisão Sistemática de Literatura foi formado um banco de dados bruto preliminar com 572 artigos, compreendidos no período entre 1962 a 2024. Visando garantir um portfólio alinhado ao tema, utilizou-se o software Rayyan AI, desenvolvido pelo *Qatar Computing Research Institute* (QCRI), para encontrar os arquivos duplicados e aplicar os critérios de exclusão e inclusão, sendo assim, o fluxograma do modelo PRISMA (Figura 3) apresenta os resultados após tal processo de triagem.

O processamento de refinamento adotado nesta pesquisa não apenas evidencia a abundância de estudos sobre urbanização e deslizamentos, como também a necessidade em utilizar filtros rigorosos para separação dos trabalhos de caráter tangencial aos que efetivamente dialogam com a problemática ambiental analisada.

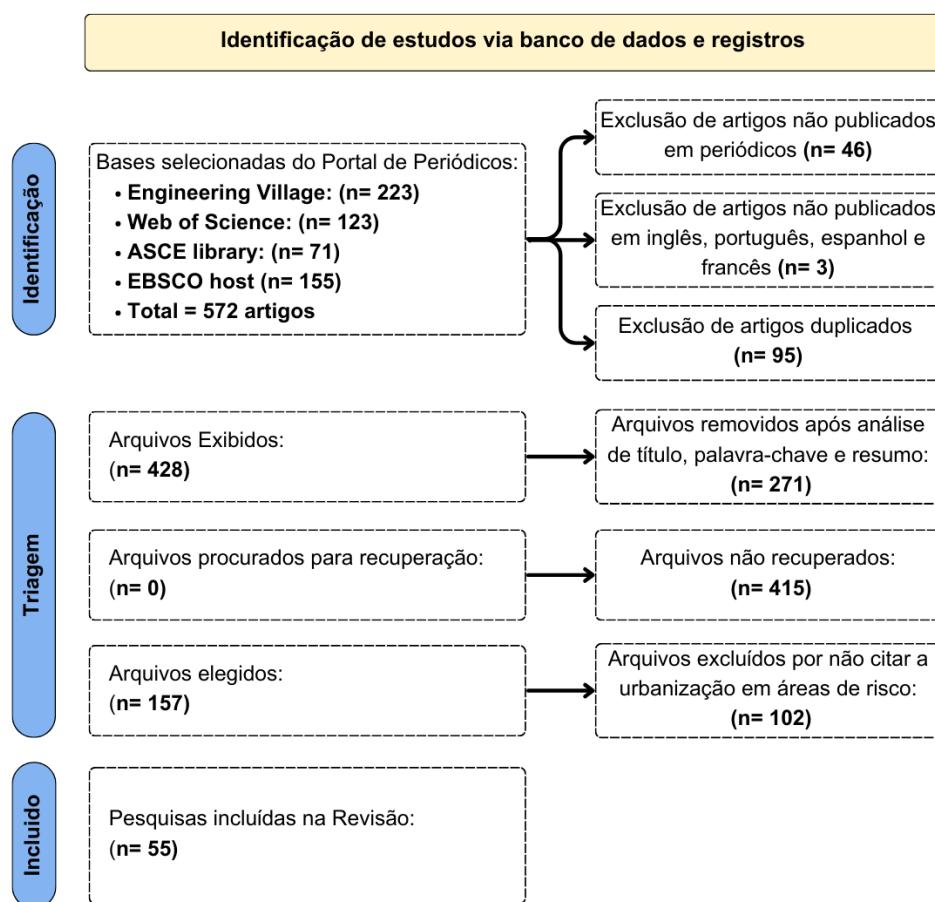
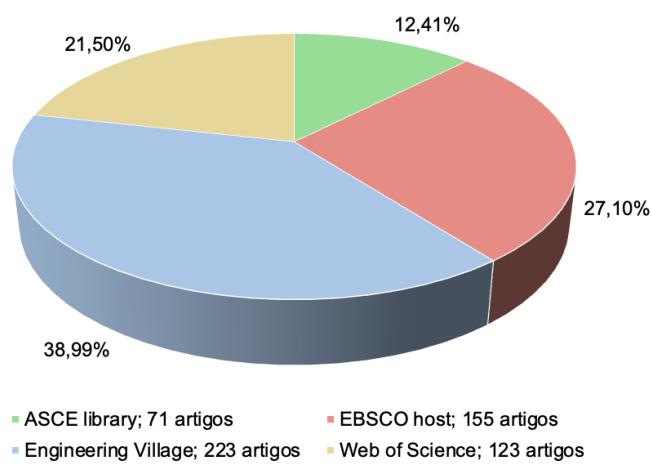


Figura 3 – Fluxograma de identificação dos estudos pelo método PRISMA.
Fonte: Autores (2025).

A Figura 4 apresenta de modo numérico e percentual os artigos encontrados em cada base de periódicos selecionados, sendo assim, verifica-se que o Engineering Village foi responsável por 223 artigos gerando um percentual de 38,99%, seguido do EBSCO host com 155 artigos, ou seja, 27,10%, o Web of Science com 123 artigos, equivalente a 21,50% e o ASCE library com 71 artigos, sendo assim, 12,41%.



*Figura 4 – Artigos selecionados através das bases de dados.
Fonte: Autores (2025).*

Verificou-se que 55 artigos estavam de acordo com o objetivo da pesquisa, ou seja, aproximadamente 11% dos artigos brutos selecionados previamente. A Figura 5 apresenta o resultado do número de pesquisas por países que mais publicaram sobre a temática dos impactos ambientais causados pela urbanização em áreas de risco a deslizamentos.



*Figura 5 – Número de publicações de artigos encontrados por Países.
Fonte: Autores (2025).*

A China destaca-se com 13 publicações, seguido do Brasil e Itália com 5 artigos publicados; Estados Unidos com 4 artigos; Reino Unido e Romênia com 3 artigos; Equador, Espanha, Grécia, Indonésia, Suíça e Paquistão com 2 publicações e Arábia Saudita, Alemanha, Colômbia, Egito, Etiópia, Índia, Irã, México, Peru e Turquia com 1 artigo.

A liderança chinesa decorre da combinação entre a rápida expansão urbana em áreas geologicamente frágeis e a ocorrência de eventos extremos que geram uma demanda social e oportunidades de pesquisa. Quanto ao Brasil, a relevância das publicações relaciona-se à vulnerabilidade socioambiental das áreas urbanas, sobretudo em encostas densamente

povoadas. Já a Itália se destaca pelo histórico de desastres e sua geologia montanhosa. Desse modo, observa-se que a distribuição da produção científica reflete os contextos de exposição a riscos naturais dos países.

Entre todos os 55 artigos selecionados, 51 foram escritos em inglês, reforçando a centralidade desse idioma na difusão científica global, 2 em português e 2 em espanhol. Os artigos encontram-se em um período de 2010 a 2024 (Figura 6), o ano que mais apresentou destaque foi em 2023 com 9 artigos seguido do ano de 2021 com 7 artigos; 2024 e 2019 com 6 artigos; 2022 com 5 artigos publicados; 2016 com 4 artigos; 2010, 2013, 2017 e 2018 com 3 publicações; 2020 com 2 artigos e 2011, 2012, 2014 e 2015 com 1 artigo.

O crescimento de publicações observado no ano de 2023 pode ser interpretado devido a intensificação de eventos extremos, o avanço das metodologias de sensoriamento remoto e inteligência artificial de modo a ampliar a capacidade de análise, como também, o fortalecimento das agendas internacionais, como a Conferência das Nações unidas sobre às mudanças climáticas (COP 28). Desse modo, o ano de 2023 pode ser visto como um reflexo de uma convergência de fatores climáticos, sociais e tecnológicos.

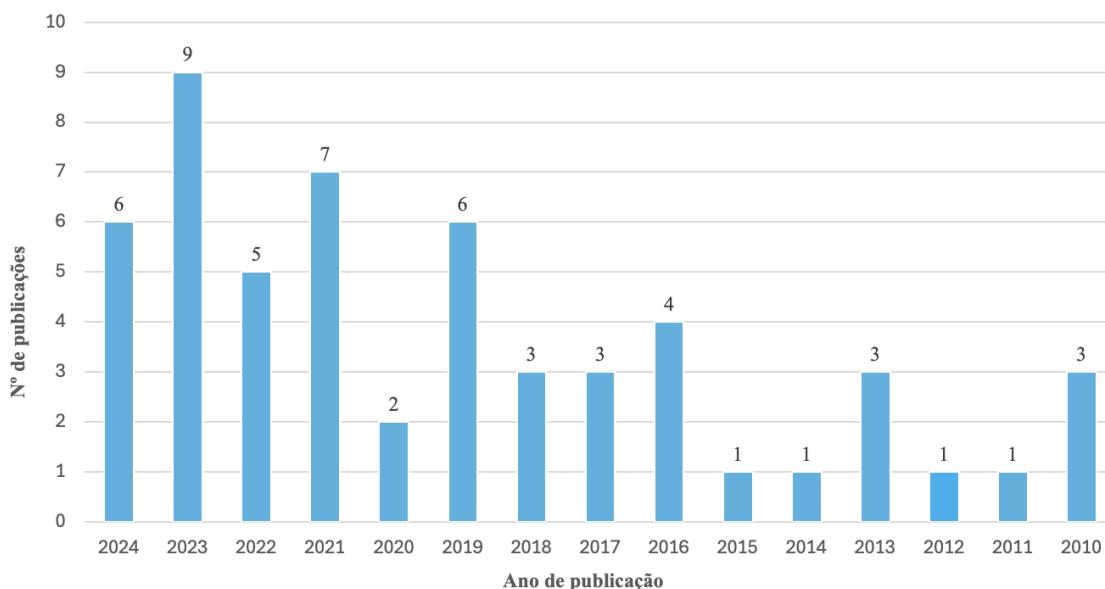


Figure 6 – Número de artigos X Ano de publicação – número de publicações.
Fonte: Autores (2025).

As palavras-chave foram analisadas com um mapa de rede de correlações (Figura 7) sendo os tamanhos dos pontos dimensionados proporcionais a frequência dessas palavras, sendo elas, “landslides”, “urban growth”, “land subdivision”; quanto a espessura das linhas, estas, representam as conexões entre os termos relacionados.

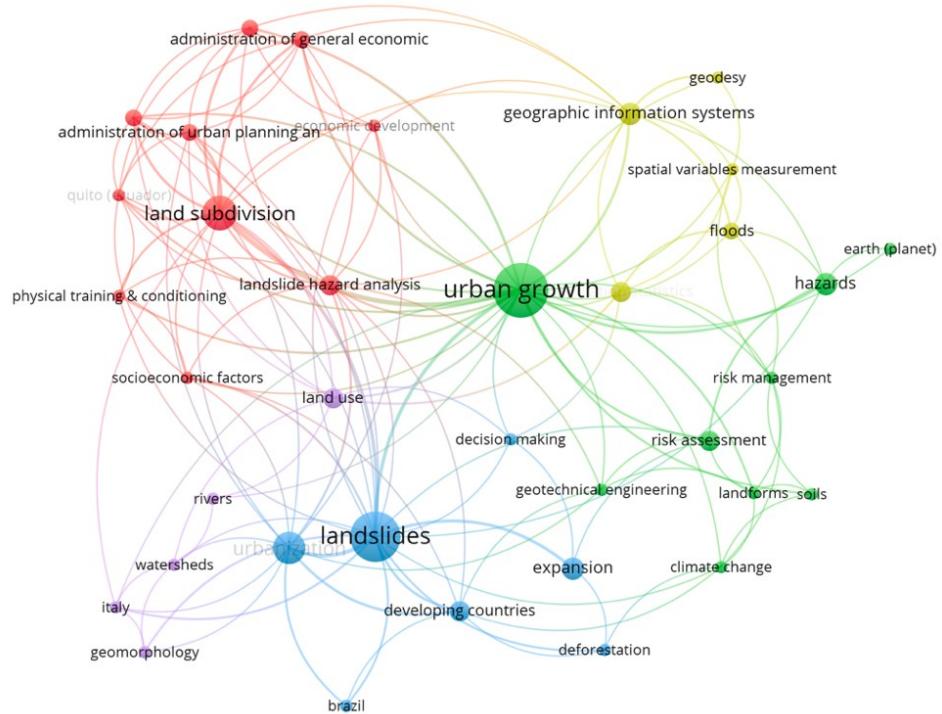


Figure 7 – Correlações das Palavras-chaves.

Fonte: Autores (2025).

Ademais, foi elaborado uma nuvem de palavras (Figura 8) com os nomes dos periódicos que apareceram com maior frequência, entre eles, os periódicos “Remote Sensing”, “Landslides” e “Science of The Total Environment” cuja aparição está em maior tamanho da fonte, indicando que tais periódicos foram os que mais publicaram artigos relacionados ao processo de urbanização e seus impactos ambientais causados em áreas de risco. Esse padrão revela um caráter interdisciplinar das pesquisas, haja vista, haver um diálogo entre geociências, tecnologias, tecnologia e meio ambiente.



Figure 8 – Nuvem de palavras: frequência de publicação por período.

Fonte: Autores (2025).

Na Tabela 1 é possível verificar que 5 artigos abordam sobre o uso do Processo de Análise Hierárquica juntamente com o Sistema de Informação Geográfica; 2 trabalham com o monitoramento de deslizamentos por meio de veículos aéreos não tripulados; 11 realizaram o mapeamento de suscetibilidade a deslizamento de terra; 5 usam métodos de modelagem urbana; 4 realizaram uma análise de espaço-temporal para compreensão do uso da terra e sua relação com os desastres naturais; 8 utilizaram o sensoriamento remoto; 6 realizaram simulações de deslizamento, além do uso de Inteligência Artificial e aplicações estatísticas; 8 artigos trabalharam com o método de pesquisa por questionário, coleta de informações por documentos e análise de dados; 6 analisam o gerenciamento de risco, mitigações e adaptações.

Tabela 1 – Análise de artigos selecionados na revisão sistemática.

Mecanismos de estudos utilizados	Autores
Uso do Processo de Análise Hierárquica (AHP) em conjunto com o mecanismo de Sistema de informação Geográfica (SIG)	Peethambaran; Leshchinsky (2023) AI et al. (2022) Daoudi; Niang (2021) Rehman et al. (2022) Bathrellos et al. (2017)
Monitoramento de deslizamentos de terra utilizando veículos aéreos não tripulados (UAVs)	Sestras et al. (2021) Sestras et al. (2022)
Uso de métodos de modelagem urbana	Saeidi et al. (2019) Zeng et al. (2022) Hettelingh; Puzrin (2023) Salazar et al. (2020) Yao; Huang; Chen (2023)
Análise espaço-temporal	Froude; Petley (2018) Quintana; Carlos (2011) Pratesi et al. (2016) Zhu et al. (2024)
Mapeamento de suscetibilidade a deslizamentos	Florence; Frankie (2018) Bozzolan et al. (2023) Guo et al. (2022) Zevallos; Consuelo (2021) Cantarino et al. (2021) Xiong et al. (2023) Yanar; Kocaman; Gokceoglu (2019) Rohan et al. (2023) Huqqani et al. (2023) Zumpano et al. (2021) Young (2013)
Elaboração de pesquisa por questionário, coleta de documentos e análise de dados	Zhao et al. (2024) Kerekes; Poszet; Gál (2018) He et al. (2024) Bozzolan et al. (2024) Gerui et al. (2017) Holcombe et al. (2016)

Fonte: Autores (2025).

Tabela 2 – Análise de artigos selecionados na revisão sistemática – Continuação.

Mecanismos de estudos utilizados	Autores
Uso de sensoriamento remoto	Maithani; Arora; Jain (2010) Garcia et al. (2024) Wang et al. (2023) Duarte; Coutinho (2021) Zeng et al. (2023) Cui et al. (2019) Hamdy et al. (2014) Gizzi et al. (2019)
Método de pesquisa por questionário, coleta de documentos e análise de dados	Paliaga et al. (2019) Notti et al. (2015) Puente-Sotomayor; Egas; Teller (2021) Alimohammadlou; Najafi; Yalcin (2013) Abebe et al. (2010) Filho (2012) Sim et al. (2023) Kong (2017)
Elaboração de projeção de crescimento urbano, gerenciamento de riscos a deslizamentos, mitigações e adaptações	Wulandari; Supriatna; Latif (2019) Harrison; Williams (2016) Hamza et al. (2020) Ho et al. (2016) Solis et al. (2024) Filho; Caceres (2010)

Fonte: Autores (2025).

5. Considerações Finais

A principal contribuição científica deste estudo está na investigação do processo de urbanização, especialmente em áreas de risco, e sua influência direta nos deslizamentos e seus impactos ambientais. A Revisão Sistemática de Literatura mostrou-se ser um método eficaz para análise e compreensão temática, servindo de norte para futuras pesquisas. Por meio de filtragens na pesquisa, aplicação dos critérios de inclusão e exclusão foi possível realizar uma análise qualitativa e quantitativa dos artigos selecionados, explorar suas tendências de publicações e suas contribuições globais.

Através da análise do banco de dados da literatura, composto por 55 artigos, foi possível identificar tendências metodológicas (uso de geotecnologias, sensoriamento remoto e modelagem de suscetibilidade a deslizamento) e lacunas relevantes como o crescimento desordenado das cidades, a escassez de abordagens interdisciplinar social e tecnológico, a baixa participação comunitária nas estratégias de prevenção e a ausência de estudos que considerem os efeitos acumulativos da urbanização em áreas de risco, oferecendo uma base sólida para pesquisadores e tomadores de decisão.

Verificou-se que estudos científicos se faz presente de um modo descontínuo ao longo dos anos, entretanto, é possível observar que o ano de 2023, marcou uma ascensão da presente temática. Por meio da análise bibliográfica também foi possível observar que a urbanização em áreas de risco é um fator muito estudado no Brasil (com 5 publicações) e que possui destaque na China (com 13 artigos publicados), haja vista seu acelerado processo de urbanização e a grande vulnerabilidade a desastres naturais somadas as intensas precipitações. Trata-se de uma temática global com pesquisas espalhadas em 22 países.

Com isso, os cenários futuros de suscetibilidade a deslizamentos decorrentes do aumento populacional e do avanço das cidades para áreas de risco podem fornecer informações úteis para o gerenciamento de riscos a deslizamentos, minimizando tais impactos e auxiliando no planejamento estratégico no tocante à expansão urbana e ao planejamento socioambiental.

Quanto as limitações da revisão, é possível destacar a restrição a publicações disponíveis em base de dados indexados, o que pode ter deixado de fora estudos técnicos e pesquisas com informações relevantes. Além disso, foi possível observar

que a diversidade metodológica entre os artigos analisados dificultou uma comparação direta entre os resultados quantitativos.

Nesse contexto, recomenda-se maior integração entre tecnologias emergentes e sistemas de alerta precoce em modelos de previsão. Do ponto de vista social, é essencial que futuras pesquisas explorem o papel das comunidades locais, considerando fatores como vulnerabilidade socioeconômica, acesso à informação e participação no planejamento urbano.

Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado pela **FACEPE**, Brasil (Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco).

Referências

- Abebe, B.; Dramis, F.; Fubelli, G.; Umer, M.; Asrat, A. Landslides in the Ethiopian highlands and the rift margins. *Journal of African Earth Sciences*, v.56, n.5, 131-138, 2010.
- APAC. Agência Pernambucana de Águas e Climas. 2023. *Mapas de precipitações e outras informações*. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/climatologia/519-climatologia>. Acesso em: 17 de outubro de 2024.
- Ai, J.; Yu, K.; Zeng, Z.; Yang, L.; Liu, Y.; Liu, J. Assessing the dynamic landscape ecological risk and its driving forces in an island city based on optimal spatial scales: Haitan Island, China. *Ecological indicators*, v.137, 108771, 2022.
- Alimohammadlou, Y.; Najafi, A.; Yalcin, A. Landslide process and impacts: A proposed classification method. *Catena*, v.104, 219-232, 2013.
- Andrade, M. R. M.; Egas, H. M.; Stabile, R. A.; Araújo, J. P. C.; Nery, T. D.; Michael, G. P.; Mendes, T. S. G.; Paula, D. S.; Reckziegel, E. W.; Gonçalves, D. A. Mapeamento e aspectos geotécnicos dos movimentos de massa do megadesastre do Rio Grande do Sul em 2024. *Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul*, n.35, 2025.
- Araújo, L. F. G.; Oliveira, L. F. S.; Freire, M. A. Q.; Amorim, S. F.; Guedes, M. A. N.; Hawson, E. M. G. H.; Vieira, G. C. M.; Ferreira, S. R. M. Panorama geral das ocorrências associadas a movimentos de massa em encostas na cidade do Recife – PE. *Políticas Públicas e Cidades*, v.14, n.2, 01-27, 2025.
- Bathrellos, G. D.; Skilodimou, H. D.; Chousianitis, K.; Youssef, A. M.; Pradhan, B. Suitability estimation for urban development using multi-hazard assessment map. *Science of The Total Environment*, v.575, 119-134, 2017.
- Bezerra, L.; Neto, O. F.; Júnior, O. S.; Mickovski, S. Landslide risk mapping in the urban area of the city of Natal, Brazil. *Sustainability*, v.12, n.22, 9601, 2020.
- Bozzolan, E.; Holcombe, E. A.; Pianosi, F.; Wagener, T. Synthetic libraries of urban landslide simulations to identify slope failure hotspots and drivers across spatial scales and landscapes. *Landslides*, 1-18, 2024.
- Bozzolan, E.; Holcombe, E. A.; Pianosi, F.; Marchesini, I.; Alvioli, M.; Wagener, T. A mechanistic approach to include climate change and unplanned urban sprawl in landslide susceptibility maps. *Science of The Total Environment*, v.858, 159412, 2023.
- Carvalho, R. G.; Soares, I. A.; Paiva, A. C. Q.; Ferreira Filho, J. M. F. Importância das áreas verdes urbanas no contexto da pandemia da Covid-19: Estudo no parque municipal Maurício de Oliveira – Mossoró – Rio Grande do Norte. *Revista Geográfica Acadêmica*, v.16, n.2, 24-37, 2022.
- Camacho, V. A. L.; Moschini, L. E. Planejamento Ambiental Urbano: a Relação entre a Cobertura Vegetal e Temperatura Superficial na Cidade de São Carlos, São Paulo, Brasil. *Journal of Social, Technological and Environmental Science*, v.10, n.2, 2021.
- Cantarino, I.; Carrion, M. A.; Palencia-Jimenes, J. S.; Martínez-Ibáñez, V. Landslide risk management analysis on expansive residential areas – case study of La Marina (Alicante, Spain). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, v.21, n.6, 2021.

- Cheng, Y.; Pang, H.; Li, Y.; Fa, L.; Wei, S.; Yuan, Z.; Fang, Y. Applications and Advancements of Spaceborne InSAR in landslide monitoring and susceptibility mapping: A systematic review. *Remote Sensing*, v.17, n.6, 2025.
- Cui, Y.; Cheng, D.; Choi, C. E.; Jin, W.; Lei, Y.; Kargel, J. S. The cost of rapid and haphazard urbanizations: lessons learned from the freetown landslide disaster. *Landslides*, v.16, n.6, 1167-1176, 2019.
- Daoudi, M.; Niang, A. J. Effects of geomorphological characteristics on urban expansion of Jeddah city-western Saudi Arabia: a GIS and Remote Sensing data-based study (1965–2020). *Journal of Taibah University for Science*, v.15, n.1, 1217–1231, 2021.
- Dias, H. C.; Grohmann, C. H. Standards for shallow landslide identification in Brazil: spatial trends and inventory mapping. *Journal of South American Earth Sciences*, v.135, 2024.
- Duarte, C. C.; Coutinho, R. Q.; Silva, B. Q.; Henrique, H. M. Aplicação do índice estatístico e análise multicritério no mapeamento da suscetibilidade a deslizamentos no município do Ipojuca, Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.17, n.2, 2024.
- Eifollahi-Aghmiuni, S.; Kalantari, Z.; Egidi, G.; Gaburov, L.; Salvati, L. Urbanisation-driven land degradation and socioeconomic challenges in peri-urban areas: insights from Southern Europe. *Ambio*, v.51, n.6, 1446–1458, 2022.
- Ferraz, C. M. L.; Valadão, R. C.; Pinto, D. B. F.; Almeida, R. A. Inundações e alagamentos em Teófilo Otoni, Minas Gerais, Brasil, segundo indicadores geomorfológicos. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.23, n.4, 2022.
- Ferreira, L. C. O.; Cortines, E. Análise da fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego Cantagalo, Três Rios, RJ – Brasil. *Geofronter*, v.10, e8317, 2024.
- Filho, A. R.; Cortez, A. T. C. A problemática socioambiental da ocupação urbana em áreas de risco de deslizamento da “Suiça Brasileira”. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.3, 33–40, 2010.
- Filho, A. R. Os deslizamentos de encostas nas favelas em áreas de risco da “Suiça Brasileira”. *Revista Acta Geográfica*, v.6, n.11, 2012.
- Florence, W. Y. K.; Frankie, L. C. L. From landslide susceptibility to landslide frequency: a territory-wide study in Hong Kong. *Engineering Geology*, v.242, 12–22, 2018.
- Froude, M.; Petley, D. N. Global fatal landslide occurrence from 2004 to 2016. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, v.18, 2161–2181, 2018.
- García, L.; Mungaray-Moctezuma, A.; Montoya-Alcaraz, M.; Sanchez-Atondo, A.; Calderon-Ramirez, J.; Gutierrez-Moreno, J. M. Analysis of socio-environmental vulnerability in areas with overpopulation and natural risks induced by their urban-territorial conditions. *Applied Sciences*, v.14, n.15, 2024.
- Gerui, L.; Yalin, L.; Huajun, Y.; Sanmang, W.; Jianping, G. The influence of land urbanization on landslides: an empirical estimation based on Chinese provincial panel data. *Science of The Total Environment*, v.595, 681–690, 2017.
- Gizzi, F. T.; Bentivenga, M.; Lasaponara, R.; Danese, M.; Potenza, M. R.; Sileo, M.; Masini, N. Natural hazards, human factors, and “Ghost Towns”: a multi-level approach. *Geoheritage*, v.11, 1533–1565, 2019.
- Guo, H.; Cai, Y.; Li, B.; Tang, Y.; Qi, Z.; Huang, Y.; Yang, Z. An integrated modeling approach for ecological risks assessment under multiple scenarios in Guangzhou, China. *Ecological Indicators*, v.142, 109270, 2022.
- Hamdy, O.; Zhao, S.; Salheen, M. A.; Eid, Y. Y. Using ArcGIS to analyse urban growth towards torrent risk areas (Aswan city as a case study). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v.20, 012009, 2014.
- Hamza, O.; Vargas, T.; Hussain, Y.; Boff, F. Geohazard assessment of landslides in south Brazil: case study. *Geotechnical and Geological Engineering*, v.38, n.3, 2020.
- Harrison, C. G.; Williams, P. R. A systems approach to natural disaster resilience. *Simulation Modelling Practice and*

- Theory, v.65, 11–31, 2016.
- He, K.; Chen, X.; Zhao, D.; Yu, X.; Jin, Y.; Liang, Y. Precipitation-induced landslide risk escalation in China's urbanization with high-resolution soil moisture and multi-source precipitation product. *Journal of Hydrology*, v.638, 131536, 2024.
- Hettelingh, R.; Puzrin, A. M. Construction on slow-moving landslides: effects of excavation on neighboring structures. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, v.149, n.9, 2023.
- Ho, K. K. S.; Cheung, R. W. M.; Wong, C. Y. S. Managing landslide risk systematically using engineering works. *Proceeding of the ICE – Civil Engineering*, v.169, n.6, 25–34, 2015.
- Holcombe, L.; Beesley, M.; Vardanega, P.; Sorbie, R. Urbanization and landslides: hazard drivers and better practices. *Proceeding of the ICE – Civil Engineering*, v.169, n.3, 137–144, 2016.
- Huqqani, I. A.; Tay, L. T.; Mohamad-Saleh, J. Spatial landslide susceptibility modelling using metaheuristic-based machine learning algorithms. *Engineering with Computers*, v.39, 867–891, 2023.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. *Cidades e Estados*. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/recife.html>. Acessado em: 11 de agosto de 2023.
- Kerekes, A.; Poszet, S. L.; Gál, A. Landslide susceptibility assessment using the maximum entropy model in a sector of the Cluj-Napoca Municipality, Romania. *Revista de Geomorfologie*, v.20, 130, 2018.
- Kong, T. B. Engineering geology in Malaysia – some case studies. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia*, v.64, 65–79, 2018.
- Lêu, A. A. M.; França Amorim, S.; Lima Amorim, A. F. Aplicação de redes neurais artificiais para predição de deslizamentos de terra induzidos por chuvas. *Revista Políticas Públicas & Cidades*, v.13, n.2, 2024.
- Lima, D. F.; Sousa Junior, A. M.; Lima Junior, F. O.; Quiroz, J. H. M. Expansão urbana de São Miguel/RN: análise no recorte temporal de 2000 a 2017. *Caminhos de Geografia*, v.22, n.80, 182–200, 2021.
- Linnunluecke, M. K.; Marrone, M.; Singh, A. K. Conducting systematic literature reviews and bibliometric analyses. *Australian Journal of Management*, v.45, n.2, 175–194, 2020.
- Maithani, S.; Arora, M. K.; Jain, R. K. An artificial neural network based approach for urban growth zonation in Dehradun city, India. *Geocarto International*, v.25, n.8, 663–681, 2010.
- Nakano, A. K.; Maru, T. K. O planejamento urbano e a gestão de riscos em municípios monitorados pelo CEMADEN. *Boletim Regional, Urbano e Ambiental*, n.33, 67 – 77, 2024.
- Notti, D.; Galve, J. P.; Mateos, R. M.; Monserrat, O.; Lamas-Fernandez, F.; Fernandez-Chacon, F.; Roldan-Garcia, F. J.; Perez-Pena, J. V.; Crosetto, M.; Azanon, J. M. Human-induced coastal landslide reactivation: monitoring by PSInSAR techniques and urban damage survey (SE Spain). *Landslides*, v.12, 1007–1014, 2015.
- Okoli, C. Guia para realizar uma revisão sistemática de literatura. *EAD em Foco*, v.9, n.1, 2019.
- Oliveira, L. M. M.; Pessoa, S. G. S.; Santos, S. M.; Silva Júnior, U. J. Análise de uma ocupação em área de risco de deslizamentos no Recife-PE: estudo de caso no Córrego da Telha. *Estudos Universitários*, v.40, n.2, 241 – 269, 2024.
- Paliaga, G.; Faccini, F.; Luino, F.; Turconi, L.; Bobrosky, P. Geomorphic processes and risk related to a large landslide dam in a highly urbanized Mediterranean catchment (Genova, Italy). *Geomorphology*, v.317, n.15, 48–61, 2019.
- Pfaltzgraff, P. A. S.; Torres, F. S. M. Construção de mapas de suscetibilidade a deslizamentos com uso de dados de acesso livre: Região Metropolitana do Recife (PE). *Geotecnica*, n.160, 25–36, 2024.
- Pratesi, F.; Tapete, D.; Ventisette, C. D.; Moretti, S. Mapping interactions between geology, subsurface resource exploitation and urban development in transforming cities using InSAR persistent scatterers: two decades of change

- in Florence, Italy. *Applied Geography*, v.77, 20–37, 2016.
- Porto, T. B.; Parizzi, M. G.; Azevedo, U. R.; Elmiro, M. A. T.; Sampaio, J. L. D. Mapeamento de áreas suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa na serra do curral. *Caderno de geografia*, v.35, n.80, 2025.
- Peethambaran, B.; Leshchinsky, B. Application of landslide susceptibility towards urbanization suitability zonation in mountainous settings. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v.97, 2023.
- Puente-Sotomayor, F.; Egas, A.; Teller, J. Land policies for landslide risk reduction in Andean cities. *Habitat International*, v.107, 2021.
- PCR. Prefeitura da Cidade do Recife. *Caracterização do território*. 2023. Disponível em: <https://www2.recife.pe.gov.br/pagina/caracterizacao-do-territorio>. Acesso em: 17 de outubro de 2024.
- Quintana, S.; Carlos, A. La naturaleza social de los desastres asociados a inundaciones y deslizamientos en Medellín (1930–1990). *Historia Crítica*, n.43, 198–223, 2011.
- Reis, E. C. G.; Véras, M. P. B. Desigualdades sociais, territórios da vulnerabilidade e mobilidade urbana. *Cadernos Metrópole*, v.26, n.60, 2024.
- Rehman, A.; Song, J.; Haq, F.; Mahmood, S.; Ahamad, M. I.; Basharat, M.; Sajid, M.; Mahmood, M. S. Multi-hazard susceptibility assessment using the analytical hierarchy process and frequency ratio techniques in the northwest Himalayas, Pakistan. *Remote Sensing*, v.14, n.3, 2022.
- Rohan, T.; Shelef, E. Prolonged influence of urbanization on landslide susceptibility. *Landslides*, v.20, n.7, 1433–1447, 2024.
- Saeidi, S.; Mirkarimi, S. H.; Mohammadzadeh, M.; Salmanmahiny, A.; Arrowsmith, C. Assessing the visual impacts of new urban features: coupling visibility analysis with 3D city modelling. *Geocarto International*, v.34, n.12, 1315–1331, 2019.
- Salazar, E.; Henriquez, C.; Sliuzas, R.; Quense, J. Evaluating spatial scenarios for sustainable development in Quito, Ecuador. *International Journal of Geo-information*, v.9, n.3, 2020.
- Santos, I. S.; Silva, M. C. C.; Azevedo, G. A.; Lafayette, K. P. V.; Silva, S. R. Avaliação espaço-temporal do processo de uso e ocupação de uma encosta no bairro de Macaxeira – Recife/PE – Brasil. *Revista de Geografia*, v.40, n.1, 334–358, 2023.
- Silva, J. C. B.; Tavant, R. M.; Spink, M. J. P.; Ribeiro, M. A. T. “Não foi só culpa da chuva”: Análise de notícias jornalísticas sobre um desastre socioambiental. *Athena Digital*, v.25, n.1, e3561, 2025.
- Silva, J. J.; Campos, A. F.; Pagel, U. R.; Craz, E. T.; Carolino, J. Análise de vulnerabilidade e a gestão de riscos de desastres naturais em São Mateus-ES: enchentes e deslizamentos de terra e o uso de Big Data. *Revista de Gestão e Secretariado*, v.15, n.12, 01 – 20, 2024.
- SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA – ESIG. APP Zoneamento Lei Complementar nº 2 de 24 de Abril de 2021. 2021. Disponível em: <https://esigportal2.recife.pe.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=5a302a34540f412fbc7ae57bcc5b0a04>. Acesso em: 17 de outubro de 2024.
- Sestras, P.; Bilasco, S.; Rosca, S.; Dudic, B.; Hysa, A.; Spalevic, V. Geodetic and UAV monitoring in the sustainable management of shallow landslides and erosion of a susceptible urban environment. *Remote Sensing*, v.13, n.3, 385, 2021.
- Sestras, P.; Bilasco, S.; Rosca, S.; Veres, L.; Ilies, N.; Hysa, A.; Spalevic, V.; Cimpeanu, S. M. Multi-instrumental approach to slope failure monitoring in a landslide susceptible newly built-up area: topo-geodetic survey, UAV 3D modelling and ground-penetrating radar. *Remote Sensing*, v.14, n.22, 5822, 2022.

- Sim, K. B.; Lee, M. L.; Prescott, R. R.; Wong, S. Y. Perception on landslide risk in Malaysia: a comparison between communities and experts surveys. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v.95, 2023.
- Solórzano, J.; Morante-Carballo, F.; Carrión-Mero, J. B. A systematic review of the relationship between geotechnics and disasters. *Sustainability*, v.14, n.19, 1–31, 2022.
- Solís, B. S. B.; Rosado, D. A.; Vera, R. E. P. Eventos naturales y crecimiento urbano informal en zonas costeras de Ecuador. *Bitácora Urbano Territorial*, v.34, n.1, 2024.
- Terfa, B. K.; Chen, N.; Zhang, X.; Niyogi, D. Urbanization in small cities and their significant implications on landscape structures: the case in Ethiopia. *Sustainability*, v.12, n.3, 2020.
- Wang, X.; Yang, Y.; Xia, Y.; Chen, S.; She, Y. Integrating SAR and geographic information data revealing land subsidence and geological risks of Shanghai city. *Applied Science*, v.13, n.21, 12091, 2023.
- Wulandari, R.; Supriatna; Indra, T. L. A simulation model for urban development in Bandar Lampung city, Lampung, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v.248, 012090, 2019.
- Xiong, H.; Ma, C.; Li, M.; Tan, J.; Wang, Y. Landslide susceptibility prediction considering land use change and human activity: a case study under rapid urban expansion and afforestation in China. *Science of The Total Environment*, v.866, 161430, 2023.
- Yao, Z.; Huang, G.; Chen, Z. Effect of land-use changes in different urbanization periods on flooding in Qianshan River Basin, South China. *Journal of Hydrologic Engineering*, v.28, n.9, 2023.
- Yanar, T.; Kocaman, S.; Gokceoglu, C. On the use of Sentinel-2 images and high resolution DTM for landslide susceptibility mapping in a developing urban settlement (Mamak, Ankara, Turkey). *The International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, v.3, n.8, 469, 2019.
- Young, A. F. Urban expansion and environmental risk in the São Paulo metropolitan area. *Climate Research*, v.57, n.1, 73–80, 2013.
- Yu, L.; Pradhan, B.; Wang, Y. A comparative study of various combination strategies for landslide susceptibility mapping considering landslide types. *Geoscience Frontiers*, v.16, n.2, 2025.
- Zhao, F.; Miao, F.; Wu, Y.; Gong, S.; Zheng, G.; Yang, J.; Zhan, W. Landslide dynamic susceptibility mapping in urban expansion area considering spatiotemporal land use and land cover change. *Science of The Total Environment*, v.949, 175059, 2024.
- Zazyki, M. A.; Marin, S.; Moura, G. L. Impactos da urbanização brasileira e o direito à propriedade. *Gestão e Desenvolvimento*, v.17, n.3, 35–55, 2020.
- Zeng, C.; He, Jun; He, Qingqing; Mao, Y.; Yu, B. Assessment of land use pattern and landscape ecological risk in the Chengdu-Chongqing economic circle, southwestern China. *Land*, v.11, n.5, 2022.
- Zeng, T.; Guo, Z.; Wang, L.; Jin, B.; Wu, F.; Guo, R. Tempo-spatial landslide susceptibility assessment from the perspective of human engineering activity. *Remote Sensing*, v.15, n.16, 4111, 2023.
- Zevallos, S.; Consuelo, E. Análisis de riesgo de desastre extensivo desde una mirada holística y bajo una escala micro: movimiento en masa en el asentamiento humano quebrada Alta del Paraíso, distrito de Villa María del Triunfo. *Espacio y Desarrollo*, n.37, 73–100, 2021.
- Zhu, Y.; Geib, B.; So, E.; Bardhan, R.; Taubenböck, H.; Jin, Y. Urban expansion simulation with an explainable ensemble deep learning framework. *Heliyon*, v.10, n.7, e28318, 2024.
- Zumpano, V.; Ardizzone, F.; Bucci, F.; Cardinali, M. The relation of spatio-temporal distribution of landslides to urban development (a case study from the Apulia region, southern Italy). *Journal of Maps*, v.17, n.1, 2020.