XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.4/56

Deslizamentos de terra devido à precipitação: uma RSL recente

Raquel Pascally do Nascimento Ferreira
Mestranda em Geotecnia, Universidade de Brasília, Brasília-DF, Brasil, raquelpascally@hotmail.com

Lethícia Raquel da Silva Gomes
Mestranda em Geotecnia, Universidade de Brasília, Brasília-DF, Brasil, lethiciaraquel30@gmail.com

RESUMO: Em obras geotécnicas, alguns fatores interferem na resistência ao cisalhamento dos solos, dentre eles, a poropressão. A quantidade de água existente em um maciço irá influenciar a resistência ao cisalhamento dos solos de forma que o preenchimento de todos os vazios do solo irá resultar em uma condição saturada do solo a qual promove a redução da resistência ao cisalhamento devido à diminuição das tensões efetivas. Nesse sentido, a estabilidade de encostas em uma condição saturada necessita de elementos de drenagem capazes de elevar a resistência existente do talude, haja vista que a presença de água contribui para a resistência mobilizada. Nesse contexto, a saturação dos solos advinda da precipitação tem se tornado constante e intensificada pelas mudanças climáticas atuais, frequentemente relatadas em noticiários e associados à ocorrência de deslizamento de terra. Diante disso, o presente artigo visa obter uma visão holística sobre a temática por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) e sintetizar os resultados obtidos por meio da identificação de uma correlação existente na literatura. A complexidade da problemática é notória pela quantidade de variáveis existentes como, tipo de solo, tipo de chuva e a interferência antrópica, cuja combinação de ações desfavoráveis pode desencadear desastres naturais.

PALAVRAS-CHAVE: Deslizamento, Precipitação, Chuva, Estabilidade de Taludes.

ABSTRACT: In geotechnical works, some factors interfere with the shear strength of soils, including pore water pressure. The amount of water in a massif will influence the shear strength of the soils so that filling all soil voids will result in a saturated soil condition which ensures a lower shear strength by decreasing the effective stresses. In this sense, the stability of slopes in a saturated condition requires drainage elements capable of increasing the existing resistance of the slope, given that the presence of water contributes to the mobilized resistance. In this context, soil saturation from precipitation has become constant and intensified by current climate changes, often reported in news reports and associated with the occurrence of landslides. Therefore, this article aims to obtain a holistic view of the theme through a Systematic Literature Review (SLR) and synthesize the results obtained through the identification of an existing correlation in the literature. The complexity of the problem is notorious for the number of existing variables such as soil type, rainfall type and anthropogenic interference, whose combination of unfavorable actions can trigger natural disasters.

KEYWORDS: Landslides, Precipitation, Rainfall, Slope Stability.

1 INTRODUÇÃO

Os deslizamentos abrangem uma variedade de tipos de movimento de massa, solos, rochas ou detritos provenientes da ação da gravidade em terrenos inclinados, tendo como fator deflagrador principal a infiltração de água, principalmente das chuvas. Além disso, a interferência humana que modifica as condições naturais do relevo por meio de cortes, aterros, estradas e outras obras de engenharia podem induzir a este fenômeno.

Os tipos de deslizamentos variam de acordo com a existência ou não de planos de fraqueza nos materiais mobilizados que condicionam a formação da superfície de ruptura, sendo como planares, circulares ou em cunha. Nas encostas brasileiras, de acordo com o IPT (2007), há maior frequência de deslizamentos planares o qual ocorre predominantemente em solos pouco desenvolvidos das vertentes com altas declividades.

Na literatura internacional segundo Silveira (2008), os movimentos de massa possuem diferentes nomenclaturas para autores de diferentes nacionalidades, sendo que *landslide* é o termo utilizado para

denominar diversos tipos de movimentos de massa de maneira geral. Nesse sentido, os deslizamentos acontecem sob influência de condicionantes naturais, antrópicas ou ambas. Os condicionantes naturais podem ser divididos entre agentes predisponentes e agentes efetivos. Os agentes predisponentes dizem respeito às características intrínsecas do meio físico natural e os agentes efetivos são os elementos responsáveis diretamente pelo desencadeamento do movimento de massa subdivididos em: preparatórios (pluviosidade, erosão, degelo, variação da temperatura) e imediatos (chuva intensa, vibrações, neve, terremotos, ondas, ação do homem). Além disso, os condicionantes antrópicos são os principais agentes deflagradores de deslizamentos como a remoção da cobertura vegetal, execução de cortes em alturas e inclinações acima de limites tecnicamente seguras, execução deficiente de aterros entre outros.

Diante disso, este artigo consiste em realizar uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) sobre o assunto para compreender o estado da arte dos estudos sobre o assunto, a frequência e a suscetibilidade de ocorrência frente às características do entorno por meio da metanálise dos resultados obtidos de forma que o presente artigo possa obter boas evidências para futuras tomadas de decisões de engenharia geotécnica.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo, foi realizada uma revisão sistemática da literatura (RSL) com objetivo de investigar o estado da arte dos estudos acerca de deslizamentos de terra devido à precipitação. A elaboração da revisão sistemática teve inspiração no método de Galvão, (2014).

Foi empregada a estratégia PICO em que se levou em conta 4 componentes: População, Intervenção (ou exposição), Comparação e Desfecho (O, *outcome*, do inglês). As fontes de referências utilizadas foram as bases de dados *Scopus* e *Web of Science*.

A população da pesquisa incluiu artigos de periódicos e trabalhos em congressos, publicados entre 2022 e 2024, sendo que a condução desse estudo foi realizada em junho de 2024, dessa forma, foram abrangidas publicações até este mês de referência (junho de 2024).

Para a realização da busca nas bases de dados científicas de forma padronizada, utilizou-se palavras-chave: "*landslide", "precipitation", "soil" e "rainfall*", conjuntamente com os operadores booleanos: "*and*", "*or*" e "*not*". Além disso, foram estabelecidos critérios de inclusão e exclusão.

Foram aplicados filtros e códigos diretamente nas bases de dados, resultando na identificação e seleção de 315 trabalhos publicados em inglês no período delimitado. Inicialmente os artigos duplicados foram removidos e em seguida foi realizada uma triagem baseada na aderência ao tema de pesquisa, considerando apenas título, resumo e palavras-chave. Dessa forma, essa etapa resultou em 59 artigos para a avaliação de consistência e validade.

Nesse contexto, a avaliação desses artigos foi realizada respondendo questões acerca da clareza das hipóteses formuladas, verificando a coerência entre a metodologia empregada e as respostas desejadas, incluindo a comparação adequada com dados empíricos. A análise também foi realizada avaliando a convergência das conclusões com as expectativas metodológicas e na verificação de validação das hipóteses propostas.

A partir dessa análise, atribuiu-se notas de 0 a 10 para os artigos, de forma que foram selecionados para a etapa de extração de dados, apenas os que obtiveram nota superior a 8. Logo, foram selecionados 35 artigos para a etapa seguinte.

Assim, foi realizada uma análise mais aprofundada utilizando um formulário de extração de dados para obter informações relevantes para a pesquisa. Foi examinado se o artigo envolveu etapas experimentais ou modelagem, qual tipo de modelagem, qual tipo de solo analisado, a condição de saturação do solo, a escala de simulação, como foi a procedência da validação dos dados de ensaios, o tipo de encosta, o tipo de precipitação e o local de estudo.

3 RESULTADOS OBTIDOS

A seleção dos 315 artigos foi conduzida com base na aderência ao tema de pesquisa, considerando títulos, resumos e palavras-chave. Após essa análise inicial, 59 artigos foram selecionados para a verificação de consistência. Posteriormente, uma revisão crítica foi realizada, abordando questionamentos específicos para avaliar consistência e validade. Esse processo resultou na escolha de 35 artigos para a extração dos dados.

Estes artigos selecionados foram publicados em diversas revistas renomadas, conforme detalhado na Tabela 1. Destaca-se que a *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* e a *Landslides* foram as revistas com o maior número de artigos acerca do tema, totalizando 5 publicações nesse período de análise. Em seguida, merece destaque a *Engineering Geology*, com 3 publicações.

Tabela 1 – Revistas em destaque acerca dos deslizamentos de terra devido à precipitação

Revista	Número	Publicações
Bulletin of Engineering Geology and the Environment	5	Tai, Pei, *et al*. (2023); Liu, X., Wang, Y., & Leung, A. K. (2023); Wang, J., Wang, Z., & Sun, G. (2024); Rana, H., & Babu, G. S. (2022); Wang, L., Chen, Y., Wang, S., & Guo, F. (2022)
Catena	1	Tichavský, R. L., Jan F., Andrea T., Radim (2023)
Civil Engineering and Architecture	1	González, N. E. S., César. F. A., Camilo. V. S., Dunevar P. (2023)
Computers and Geotechnics	1	Gatto, M. P. A., & Montrasio, L. (2023).
Earth Interactions	1	Marc, Odin, *et al*. (2022)
Engineering Geology	3	Pradhan, Samprada, *et al*. (2022); Lin, Gan, *et al*. (2024); Pan, Min, *et al*. (2024)
Environmental Challenges	1	Fayaz, Mohsin and Meraj, Gowhar and Khader, Sheik Abdul and Farooq, Majid (2022)
Frontiers in Earth Science	1	Sun, Qianzheng, *et al*. (2023)
Geofluids	1	Li, Biao T., Bin T., Fuguo L., Chang X., Xiaoliang (2022)
Geosciences	1	Małka, Anna, *et al*. (2023)
Indian Geotechnical Journal	2	Choudhury, D., Das, T., & Rao, V. D. (2024); Dhanya, K. A., Vibha, S., & Divya, P. V. (2023)
International Soil And Water Conservation Research	1	Alves, Geovane J., *et al*. (2022)
Journal of Hydrology	2	Ye, Sheng, *et al*. (2023); Hao, Junming, *et al*. (2023)
Land	1	Chen, Yulin, *et al*. (2023)
Landslides	5	Zeng, T. G., *et al* (2024) ; Roy, P. M., *et al* (2023); Distefano, *et al* (2023); Zhou, C. H., *et al* (2022) ; Dai, Z. M., *et al* (2022).
Natural Hazards	2	Wang, Li Chen, *et al.* (2023); Das, Tanmoy and Rao, Vansittee Dilli and Choudhury, Deepankar (2022)
Natural Hazards and Earth System Sciences	1	Alcantara, Enner and Marengo, José A. and Mantovani, *et al*. (2023)
Remote Sensing	1	Ning, Shan and Ge, Yonggang and Bai, Shibiao and Ma, Chicheng and Sun,Yiran (2023)
Soils and Rocks	1	Lins, J. H. R., & Silva Filho, F. C. D. (2024)
Stochastic Environmental Research and Risk Assessment	1	Samm-A, Anika and Kamal, A. S. M. Maksud and Rahman, Md. Zillur (2023)
Water	1	Kim, M. I., & Lee, S. J. (2023)
Water Supply	1	Gou, X., Xu, M., Li, X., Li, A., & Deng, H. (2024)

Os estudos analisados abordam diversos aspectos da relação entre a precipitação e os deslizamentos de terra, com destaque para as principais palavras-chave identificadas na Figura 1. Entre elas, as mais destacadas são "*Landslide*", "*Intensity precipitation*" e "*Slope stability*".

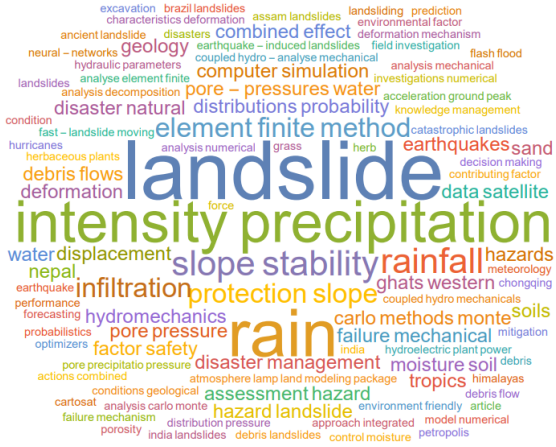


Figura 1 – Nuvem de palavras-chave dos artigos

A quantidade de artigos analisados nos últimos 3 anos, compreendendo o período de 2022 a 2024. Notou-se que, em 2023, foram selecionadas 18 publicações relacionadas ao tema, apresentando o maior número durante essa análise temporal.

O tipo de solo influencia diretamente na susceptibilidade do solo a deslizamentos induzidos por chuva, principalmente em condições não saturadas, afetando suas condições físicas, químicas e hidráulicas.

González et al. (2023) afirmam que a influência do tipo de solo na análise está relacionada à sua permeabilidade e a capacidade de retenção de umidade. Solos com diferentes características, como solos argilosos, arenosos ou mistos, terão comportamentos distintos em relação à infiltração de água durante eventos de chuva.

A permeabilidade do solo afeta diretamente a taxa de infiltração de água, sendo que solos com baixa permeabilidade podem reter mais água superficialmente, aumentando o risco de saturação e deslizamentos. Além disso, a capacidade de retenção de umidade do solo influencia a sua estabilidade, pois solos mais saturados tendem a ter uma menor resistência e maior probabilidade de movimentos de massa.

Nos artigos analisados a maioria dedicou-se ao estudo de solos coesivos, com 51,4% do total. Em 17,1% das pesquisas, foram estudados solos não coesivos e esse mesmo percentual se repetiu para meios porosos quaisquer. Por fim, 11,4% não especificou o tipo de solo em suas análises e 2,9% utilizaram diferentes tipos de solo.

A análise da influência de diferentes tipos de padrões de precipitação é relevante para compreender como a intensidade e a duração da chuva afetam a estabilidade e podem desencadear deslizamentos de terra. A consideração de padrões de precipitação variados permite uma avaliação mais abrangente dos riscos de deslizamentos em diferentes cenários de chuva (Wang & Leung, 2023).

Segundo Wang & Leung, 2023, a precipitação prolongada e a precipitação rápida impactam os deslizamentos de terra de maneiras distintas: A precipitação prolongada refere-se a chuvas que ocorrem ao longo de um período extenso, com uma duração significativa. Esse tipo de precipitação pode resultar em uma saturação gradual do solo, aumentando a poropressão e potencialmente levando a uma redução na estabilidade das inclinações ao longo do tempo.

Por outro lado, a precipitação rápida é caracterizada por chuvas intensas e de curta duração. Esse tipo de precipitação pode resultar em uma rápida saturação do solo, levando a um aumento repentino da pressão de poro e potencialmente desencadeando deslizamentos de terra imediatos devido à sobrecarga de água.

Nesse contexto, a análise dos tipos de precipitação em relação aos deslizamentos de terra revelou que os artigos tratando de chuva prolongada foram a maioria, representando 57,58% dos casos. Como mostrado na Figura 2, o foco em precipitação rápida foi identificado em 15,15% das ocorrências, enquanto a combinação de chuvas prolongadas e rápidas corresponde a 18,18%. Por fim, precipitações variadas foram observadas em 9,09% dos casos.

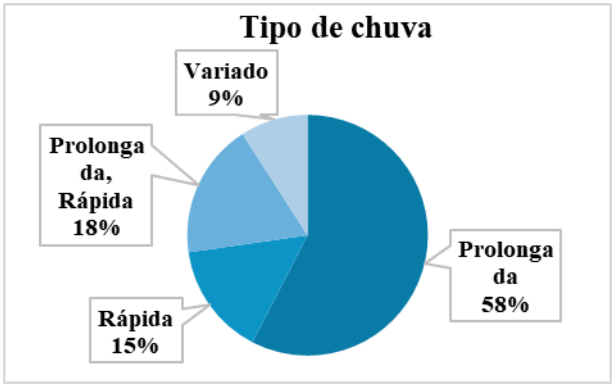


Figura 2 – Tipos de chuva analisados nos artigos

A análise dos deslizamentos de terra relacionados à precipitação nos artigos revisados pode ser amplamente categorizada em dois métodos principais: modelagem e experimental. A modelagem envolve a utilização de simulações computacionais e algoritmos para prever a ocorrência e o comportamento dos deslizamentos com base em diversas variáveis ambientais e geotécnicas. Este método permite a realização de análises em larga escala e a avaliação de cenários hipotéticos, fornecendo uma visão abrangente dos potenciais riscos.

Abbasov et al. (2024) abordaram a modelagem de deslizamentos de terra induzidos pela chuva em encostas, utilizando o conceito de fator de segurança local. Foram realizadas análises de propagação de incerteza e sensibilidade, considerando parâmetros incertos do solo e aplicando técnicas de análise global de sensibilidade e quantificação de incerteza baseada em simulações estocásticas.

Por outro lado, a análise experimental visa a coleta e interpretação de dados empíricos obtidos por meio de observações de campo, ensaios de laboratório e monitoramento in situ. Este método proporciona uma compreensão detalhada e específica das condições locais e dos mecanismos de falha.

Dhanya & Divya (2023) investigaram os mecanismos de falha de taludes de solo laterítico induzidos pela infiltração de água da chuva, utilizando ensaios laboratoriais para caracterizar as propriedades geotécnicas dos solos. Foram realizados ensaios laboratoriais para determinar o peso específico do solo, granulometria, pH do solo, teor de umidade, cisalhamento direto e permeabilidade saturada.

Esses dados alimentaram a modelagem numérica e análises de estabilidade dos taludes. O estudo visava compreender como a infiltração afeta a estabilidade dos taludes de solo laterítico, identificar medidas de mitigação para prevenir falhas causadas por chuvas intensas e estabelecer um limiar de intensidade/duração da chuva para modelagem de suscetibilidade a deslizamentos e alertas de riscos.

Constatou-se que houve uma maior aplicação de modelagem em conjunto com experimentação, totalizando 14 artigos examinados. Isso destaca a importância da validação da modelagem por meio de dados experimentais. Os artigos que se dedicaram exclusivamente à análise experimental correspondem a 7, enquanto 12 realizaram apenas modelagem.

A análise dos artigos revela que a modelagem predominante foi de natureza numérica, compreendendo significativos 60,6% das abordagens. Neste contexto, destaca-se uma lacuna notável, com apenas 6,1% dos estudos optaram por uma combinação de métodos analíticos e numéricos (Gou et al., 2023; Wang et al., 2024), enquanto 12,1% adotaram exclusivamente uma abordagem analítica. Diante dessa escassez de artigos que empregam a modelagem analítica, ressalta-se a necessidade de incentivar e explorar mais essa metodologia para uma compreensão aprofundada e eficiente de fenômenos complexos

A condição de saturação do solo influencia a resistência ao cisalhamento haja vista a relação teor de umidade e sucção por meio de curvas características do solo. Alguns autores já apresentaram a relação não linear existente entre a resistência ao cisalhamento e a sucção Escario e Jucá (1989), Fredlund et al. (1987) e Futai et al (2004) apud Ibanez(2008). Na mecânica dos solos clássica, segundo Pinto (2006) "[...] a pressão neutra diminui, e consequentemente, a tensão efetiva aumenta[...]", ou seja, a atuação do princípio das tensões efetivas de Terzaghi. Além disso, a infiltração da água da chuva no solo ou a percolação de água em uma barragem configuram o estado de regime transiente da condição não-saturada para condição saturada. Dessa forma, analisar a condição de saturação do solo é importante haja vista o diferente comportamento das amostras em face dos teores de umidade.

Nesse sentido, as condições de saturação mais frequentes consideradas foram a condição não saturada pela predominância da ocorrência em obras geotécnicas e a condição saturada a qual representa a condição mais desfavorável.

As escalas de simulação dos artigos procuraram abranger o máximo da área de estudo de forma que as informações coletadas pudessem descrever o fenômeno. Sendo assim, as variações das escalas utilizadas trazem informações muito específicas de uma região até características muito gerais sendo necessário identificar as características dos locais de estudo para obter parâmetro que se correlacionem.

A verificação da precisão dos dados e a análise da consistência dos dados, além da avaliação da adequação do método de ensaio garantem maior confiabilidade dos resultados. Sendo assim, 71% dos tipos de dados utilizados nos artigos para atingir os objetivos foram dados primários o que traz um maior controle sobre a qualidade dos dados embora seja mais custoso. Já os dados secundários foram considerados em 17% os quais permitiram comparar diferentes resultados de pesquisas e há uma maior rapidez para obter os dados

Os locais de estudos das pesquisas foram diversos, com destaque a China que obteve maior frequência, incluindo Guizhou, bacias montanhosas costeira do leste da China, Wenchuan e a Barragem Três Gargantes. O Brasil foi representado pelas regiões do Pindaí-BA e Rio de Janeiro. Além disso, outras localidades do mundo foram consideradas como a Colômbia (América do Sul), Noruega (Europa) e Coreia do Sul (Ásia). Na Figura 3, apresenta-se o mapa com os pontos das localizações de estudo consideradas.



Figura 3 – Mapa de localização dos estudos analisados

4 CONCLUSÃO

Esta Revisão Sistemática da Literatura (RSL) abordou sobre a ocorrência de deslizamentos de terra devido à precipitação. O estudo compreendeu numa seleção de artigos recentes, avaliação da qualidade metodológica, extração dos dados e metanálise. Por meio da avaliação da consistência das evidências, foi possível identificar as correlações existentes entre os parâmetros de resistência, propriedades hidráulicas do solo e permeabilidade da rocha que afetam a estabilidade de taludes.

Nesse sentido, foi possível concluir que o tipo de solo da encosta e o tipo de chuva atuante são variáveis determinantes na ocorrência de deslizamentos de terra devido à precipitação. Visto que solos com menor permeabilidade possuem maior dificuldade para percolação de água resultando em um maior escoamento superficial, inversamente, solos com maior permeabilidade favorecem a infiltração de água. Nesse sentido, encostas compostas por camadas superficiais de solos granulares sobrepostas a solos finos profundos apresentam respostas distintas conforme o tipo de precipitação atuante. Em eventos de chuvas intensas, ocorre um problema de interface entre as camadas, com a ruptura no solo granular devido à condição de saturação do solo que resultará em uma maior permeabilidade em relação a camada subjacente, diferentemente, o que ocorreria em uma chuva prolongada. Diante disso, destaca-se a importância das condições de saturação do solo e a necessidade de desenvolver modelos preditivos mais precisos e abrangentes.

A ação antrópica também corrobora para a ocorrência de deslizamento, seja por meio de escavações que alteram o estado de tensões, remoção da vegetação, construção de aterros, mudanças da configuração original da encosta entre outros fatores que tornam a análise mais complexa devido à variabilidade de cenários.

Por fim, as metodologias utilizadas para elaboração de modelos preditivos baseados em dados empíricos e teóricos foram fundamentais para compreender a dinâmica dos deslizamentos de terra, embora a validação desses modelos continue sendo um desafio crítico.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pelo apoio financeiro

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, G. J., Mello, C. R., Guo, L., & Thebaldi, M. S. (2022). *Natural disaster in the mountainous region of Rio de Janeiro state, Brazil: Assessment of the daily rainfall erosivity as an early warning index*. International Soil and Water Conservation Research, 10(4), 547-556.

Chen, Y., Chen, E., Zhang, J., Zhu, J., Xiao, Y., & Dai, Q. (2023). *Investigation of Model Uncertainty in Rainfall-Induced Landslide Prediction under Changing Climate Conditions*. Land, 12(9), 1732.

Choudhury, D., Das, T., & Rao, V. D. (2024). *Case studies and numerical investigation of landslide triggering mechanisms in Western Ghats, Kerala, India*. Indian Geotechnical Journal, 54(1), 96-108.

Dhanya, K. A., Vibha, S., & Divya, P. V. (2023). *Performance of lateritic soil slopes at the onset of rainfall infiltration*. Indian Geotechnical Journal, 53(1), 107-126.

Escario, V. (1989). *Strength and deformation of partly saturated soils*. In Proc. 12th Int. Conf. on SMFE (Vol. 1, pp. 43-46).

Fredlund, D. G., Rahardjo, H., & Gan, J. K. M. (1987, December). *Non-linearity of strength envelope for unsaturated soils.* In Proceedings of the 6th international conference on expansive soils, New Delhi, India (Vol. 1, pp. 49-54).

Futai, M. M., Almeida, M. S., & Lacerda, W. A. (2004). Resistência ao cisalhamento de solos tropicais não-saturados. Anais: solos não saturados.

Galvão, T. F.; Pereira, M. G. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. Disponível em: <http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742014000100018#:~:text=Os%20m%C3%A9todos%20para%20elabora%C3%A7%C3%A3o%20de,%3B%20e%20(8)%20reda%C3%A7%C3%A3o%20e> Aecesso em : 07 de junho de 2024

Gatto, M. P. A., & Montrasio, L. (2023). *X-SLIP: A SLIP-based multi-approach algorithm to predict the spatial–temporal triggering of rainfall-induced shallow landslides over large areas*. Computers and Geotechnics, 154, 105175.

Gou, X., Xu, M., Li, X., Li, A., & Deng, H. (2024). *An improved transfer coefficient method considering the combined effect of reservoir level variation and rainfall and its application in the stability evaluation of multistage sliding ancient landslides*. Water Supply, 24(3), 901-917.

Hao, J., Jia, P., Wu, T., Li, W., Chen, J., Yang, X., ... & Zhang, M. (2023). *Numerical analysis of the impacts of rainfall on permafrost-related slope stability on the Qinghai–Tibet Plateau.* Journal of Hydrology: Regional Studies, 47, 101439.

Ibañez, J. P. (2008). *Modelagem micro-mecânica discreta de solos residuais*. Pontifícia Universidade Católica do Rio.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios. Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, organizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. 176 p.

Kim, M. I., & Lee, S. J. (2023). *An analysis of landslide risk using the change in the volumetric water content gradient in the soil layer per unit time of effective cumulative rainfall.* Water, 15(9), 1699.

Lin, G., Lan, H., Li, P., Li, L., Liu, S., & Sun, W. (2024). *Role of rainfall temporal distribution on effective infiltration in the loess slope and prediction model.* Engineering Geology, 335, 107541.

Lins, J. H. R., & Silva Filho, F. C. D. (2024). *A numerical investigation of the influence of hydraulic parameters on the stability of a residual soil slope*. Soils and Rocks, 47(1), e2024012022.

Liu, X., Wang, Y., & Leung, A. K. (2023). *Numerical investigation of rainfall intensity and duration control of rainfall-induced landslide at a specific slope using slope case histories and actual rainfall records.* Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 82(8), 333.

Małka, A., Zabuski, L., Enzmann, F., & Krawiec, A. (2023). *Mass-movement causes and landslide susceptibility in river valleys of lowland areas: A case study in the central radunia valley, northern poland.* Geosciences, 13(9), 277.

Marc, O., Oliveira, R. A. J., Gosset, M., Emberson, R., & Malet, J. P. (2022). *Global assessment of the capability of satellite precipitation products to retrieve landslide-triggering extreme rainfall events.* Earth Interactions, 26(1), 122-138.

Pan, M., Jiang, S. H., Liu, X., Song, G. Q., & Huang, J. (2024). *Sequential probabilistic back analyses of spatially varying soil parameters and slope reliability prediction under rainfall.* Engineering Geology, 328, 107372.

Pradhan, S., Toll, D. G., Rosser, N. J., & Brain, M. J. (2022). *An investigation of the combined effect of rainfall and road cut on landsliding.* Engineering Geology, 307, 106787.

Pinto, C. D. S. (2000). Curso básico de mecânica dos solos.

Rana, H., & Babu, G. S. (2022). *Regional back analysis of landslide events using TRIGRS model and rainfall threshold: an approach to estimate landslide hazard for Kodagu, India*. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 81(4), 160.

Silveira, R. M. *Comportamento Geotécnico de um Solo Coluvionar de São Vendelino* (RS). 2008. 302 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

Sun, Q., Zhao, L., Qin, Y., & Liu, B. (2023). *Experimental study on the failure of loose accumulation landslides under rainfall conditions.* Frontiers in Earth Science, 11, 1291592.

Tai, P., Wu, F., Chen, R., Zhu, J., Wang, X., & Zhang, M. (2023). *Effect of herbaceous plants on the response of loose silty sand slope under rainfall.* Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 82(1), 42.

Wang, J., Wang, Z., & Sun, G. (2024). *Phreatic surface calculation and stability analysis of three-dimensional slopes under rainfall infiltration.* Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 83(2), 51.

Wang, L., Chen, Y., Wang, S., & Guo, F. (2022). *Response of landslide deformation to rainfall based on multi-index monitoring: a case of the Tanjiawan landslide in the Three Gorges Reservoir*. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 81(6), 231.

Ye, S., Liu, L., Li, J., Pan, H., Li, W., & Ran, Q. (2023). *From rainfall to runoff: The role of soil moisture in a mountainous catchment.* Journal of Hydrology, 625, 130060.