

Mapeamento da susceptibilidade a movimentos de massa no Vale do Jiquiriçá - Ba

Susceptibility mapping to mass movements in the Jiquiriçá Valley - BA

Ericka Medeiros da Silva¹; Deorgia Tayane Mendes de Souza²; Washington de Jesus Sant'anna da Franca Rocha³; Rodrigo Nogueira de Vasconcelos⁴; Odaimys Socorro Ramos⁵

- ¹ Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, Feira de Santana/BA, Brasil. Email: medeirosricka05@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6924-4252>
- ² Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, Feira de Santana/BA, Brasil. Email: dtmsouza@uefs.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6791-3611>
- ³ Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, Feira de Santana/BA, Brasil. Email: wrocha@uefs.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2175-2792>
- ⁴ Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, Feira de Santana/BA, Brasil. Email: rnvuesppgm@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1368-6721>
- ⁵ Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, Feira de Santana/BA, Brasil. Email: ody.socorro@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9502-8844>

Resumo: Este estudo analisa a susceptibilidade a movimentos de massa no Vale do Jiquiriçá (BA), uma região particularmente exposta a desastres naturais durante períodos de chuvas intensas. Esses fenômenos, que envolvem o deslocamento de solo e rochas em encostas, são influenciados por fatores como clima, relevo e uso do solo, resultando em sérios impactos ambientais e sociais. O objetivo do trabalho consiste em mapear a susceptibilidade a movimentos de massa no referido município quando submetido ao cenário de intensa pluviosidade e mudanças de uso e cobertura da terra. Para isso, foi utilizado o método Analytic Hierarchy Process (AHP) combinado com geoprocessamento, ponderando fatores como declividade, classes de solos, textura dos solos, índice de dissecação do relevo, hipsometria, orientação da vertente, litologia e a densidade de fraturas geológicas, pluviosidade (1970-2000 e 2021) e uso e cobertura da terra (1985 e 2021). Os resultados revelam um aumento de 15,36% das zonas de "Muito Alta" susceptibilidade, especialmente em áreas com relevo acentuado e litologias sedimentares, que favorecem movimentos de massa. Em contraste, houve uma diminuição de 33,56% das áreas classificadas como de "Baixa" susceptibilidade, indicando uma intensificação do risco ao longo do tempo. Portanto, o mapeamento realizado é de suma importância para auxiliar em medidas de prevenção a desastres naturais e subsidiar o planejamento territorial.

Palavras-chave: Geoprocessamento; Movimento de Massa; Processo de Hierarquia Analítica.

Abstract: This study analyzes the susceptibility to mass movements in the Jiquiriçá Valley (Bahia, Brazil), a region particularly exposed to natural disasters during periods of intense rainfall. These phenomena, which involve the displacement of soil and rock on slopes, are influenced by factors such as climate, topography, and land use, resulting in significant environmental and social impacts. The objective of this work is to map the susceptibility to mass movements in the aforementioned municipality under scenarios of heavy rainfall and land use and land cover changes. To achieve this, the Analytic Hierarchy Process (AHP) method was employed in combination with geoprocessing, considering factors such as slope, soil classes, soil texture, dissection index, hypsometry, slope orientation, lithology, geological fracture density, rainfall (1970–2000 and 2021), and land use and land cover (1985 and 2021). The results reveal a 15.36 % increase in areas classified as having “Very High” susceptibility, particularly in regions with steep terrain and sedimentary lithologies, which are prone to mass movements. In contrast, there was a 33.56% decrease in areas classified as having “Low” susceptibility, indicating a growing risk over time. Therefore, the mapping carried out is of utmost importance to support natural disaster prevention measures and to inform territorial planning.

Keywords: Geoprocessing; Mass Movement; Analytic Hierarchy Process.

Recebido: 24/04/2025; Aceito: 13/08/2025; Publicado: 29/11/2025.

1. Introdução

Os movimentos de massa configuram-se como fenômenos naturais de grande impacto, caracterizados pelo deslocamento abrupto de solos e rochas ao longo de encostas, com deslocamento do centro de gravidade dos materiais para fora e para baixo da vertente (CEPED, 2013). Sua ocorrência está relacionada à interação de fatores condicionantes como litologia, morfologia das encostas, estruturas geológicas, descontinuidades presentes, condições hidrogeológicas e do estado de tensão atuante; e fatores desencadeadores como precipitação, alterações na hidrogeologia da vertente, modificações morfológicas, processos erosivos e eventos sísmicos (CAMILO, 2013).

Além dos impactos ambientais, como a remoção de solo e a intensificação da erosão, os movimentos de massa frequentemente acarretam perdas humanas, com registros recorrentes de mortes e soterramentos, especialmente durante períodos de chuvas intensas (SILVEIRA *et al.*, 2014). Entre 2004 e 2016, foram documentados mais de 4.800 eventos no mundo, com 55.997 mortes confirmadas (FROUDE; PETLEY, 2018).

No Brasil, entre 1991 e 2012, o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais contabilizou 699 episódios de movimentos de massa, os quais afetaram diretamente cerca de 5,5 milhões de pessoas e provocaram 535 óbitos (CEPED, 2013). Embora o semiárido nordestino seja historicamente marcado por longos períodos de estiagem, episódios extremos de precipitação têm provocado impactos significativos em diversas áreas urbanas (NASCIMENTO *et al.*, 2017).

Um exemplo emblemático é o do Vale do Jiquiriçá, localizado no centro-sul do estado da Bahia e atravessado pelo Rio Jiquiriçá. A região, definida como Território de Identidade, com 1.0736,5 km², abrange 20 municípios: Amargosa, Brejões, Cravolândia, Elísio Medrado, Irajuba, Itaquara, Itiruçu, Jaguaquara, Jiquiriçá, Lafaiete Coutinho, Laje, Lajedo do Tabocal, Maracás, Milagres, Mutuípe, Nova Itarana, Planaltino, Santa Inês, São Miguel das Matas e Ubaíra (BAHIA, 2011).

Em dezembro de 2021, o Vale do Jiquiriçá foi severamente afetado por chuvas intensas, resultando em um elevado número de pessoas desalojadas, desabrigadas e significativos danos materiais (G1 BAHIA, 2021). Esse mês se destacou como o período de maior concentração de precipitação do ano, superando significativamente a média mensal histórica da região (<https://portal.inmet.gov.br/>). A excepcionalidade dos volumes registrados reforça a importância de se compreender a relação entre o regime pluviométrico e a dinâmica dos movimentos de massa, especialmente em contextos urbanos e rurais sujeitos à intensificação das pressões antrópicas.

Diante disso, o presente estudo propõe mapear a suscetibilidade a movimentos de massa no Vale do Jiquiriçá, com base em diferentes cenários de pluviosidade e de uso e cobertura do solo ao longo do tempo. Como recorte temporal principal para a variável pluviosidade, adotou-se o mês de dezembro de 2021, por representar historicamente um dos períodos com maior volume de chuvas e, especialmente, por ter concentrado eventos extremos que motivaram esta análise. Ao integrar variáveis climáticas, geológicas, geomorfológicas e de uso do solo em uma abordagem multitemporal, o estudo busca oferecer subsídios técnicos ao planejamento territorial e à formulação de estratégias de prevenção de desastres naturais, considerando a crescente vulnerabilidade da região frente às mudanças climáticas e à intensificação das dinâmicas antrópicas.

2. Metodologia

2.1 Materiais e métodos aplicados

Neste estudo, foram considerados como fatores condicionantes: a declividade, as classes de solo (analisadas com base em critérios de maturidade e textura), o Índice de Dissecção do Relevo (IDR), a hipsometria, a orientação das vertentes, a litologia e a densidade de fraturas geológicas. Já os fatores desencadeadores analisados foram a pluviosidade — nos períodos de dezembro de 1970 a 2000 e de dezembro de 2021 — e o uso e cobertura da terra, com base nos anos de 1985 e 2021.

A escolha desses intervalos temporais se deu com base na disponibilidade padronizada de dados climáticos oferecidos pelo banco *WorldClim* para o período de 1970 a 2000, e no registro de chuvas excepcionais em dezembro de 2021, mês adotado como recorte específico por representar o período com maior intensidade pluviométrica registrada. Para os dados de uso e cobertura do solo, os anos de 1985 e 2021 foram selecionados por representarem o início recente da série histórica contínua do MapBiomias Brasil e o limite mais recente da análise da pesquisa.

A pesquisa utilizou bases de dados temáticas da Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI), em escala 1:1.000.000, para informações geológicas; e dados do Serviço Geológico do Brasil, em escala 1:250.000, para o mapeamento de fraturas geológicas e informações pedológicas. Foram utilizadas, ainda, imagens digitais de elevação provenientes da Missão Topográfica de Radar Embarcado (SRTM), com resolução espacial de 30 metros, as quais permitiram a extração de variáveis morfométricas como declividade, hipsometria, orientação das vertentes e IDR.

Os dados referentes ao uso e cobertura da terra foram obtidos por meio da plataforma MapBiomas Brasil, com resolução espacial de 30 metros para os anos de 1985 e 2021. Já as informações climáticas foram extraídas do banco de dados *WorldClim*, com resolução espacial de 9 quilômetros. O tratamento e a manipulação dos dados foram realizados no ambiente do *software* ArcGIS Pro, desenvolvido pela *Environmental Systems Research Institute (Esri)*.

2.2 Índice de Dissecação do Relevo - IDR

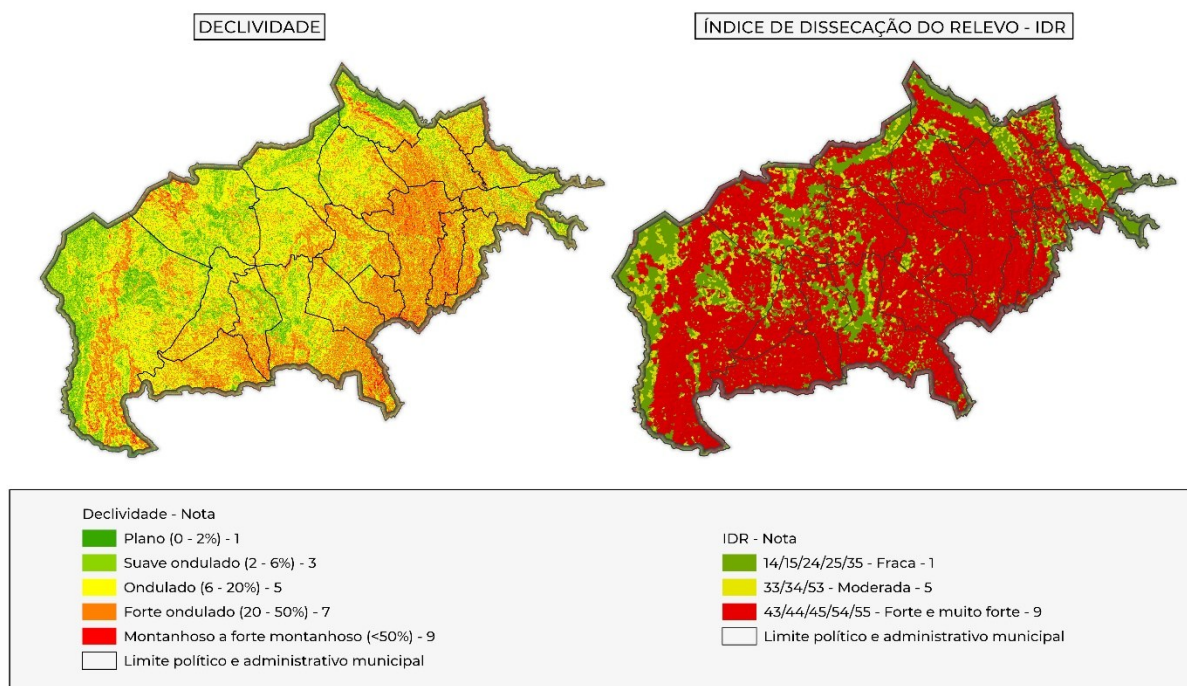
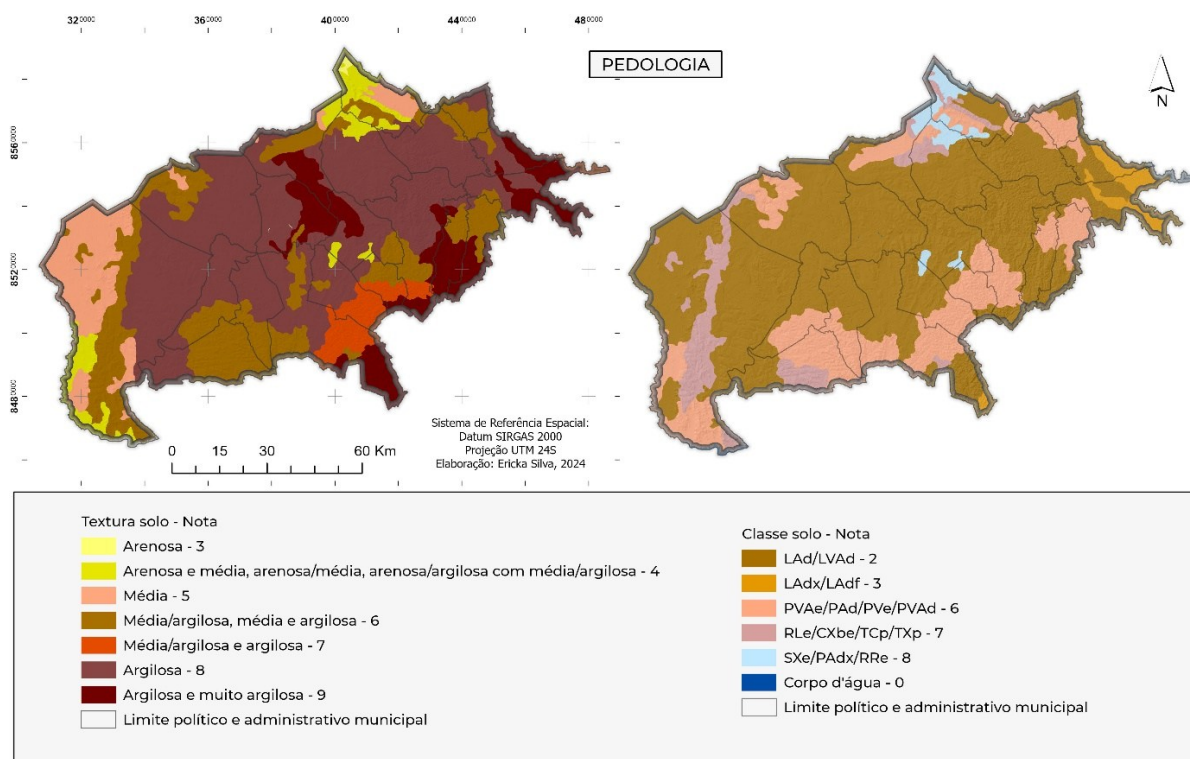
O Índice de Dissecação do Relevo (IDR) foi obtido a partir da metodologia automatizada de Lima (2018), que combina duas variáveis morfométricas: a Dissecação Vertical (DV), correspondente à amplitude relativa do relevo, e a Dissecação Horizontal (DH), associada à dimensão média dos interflúvios. O cruzamento das variáveis DV e DH resulta no IDR, que fornece informações sobre a energia potencial — ou potencial erosivo — disponível em determinada área da superfície (LIMA, 2018).

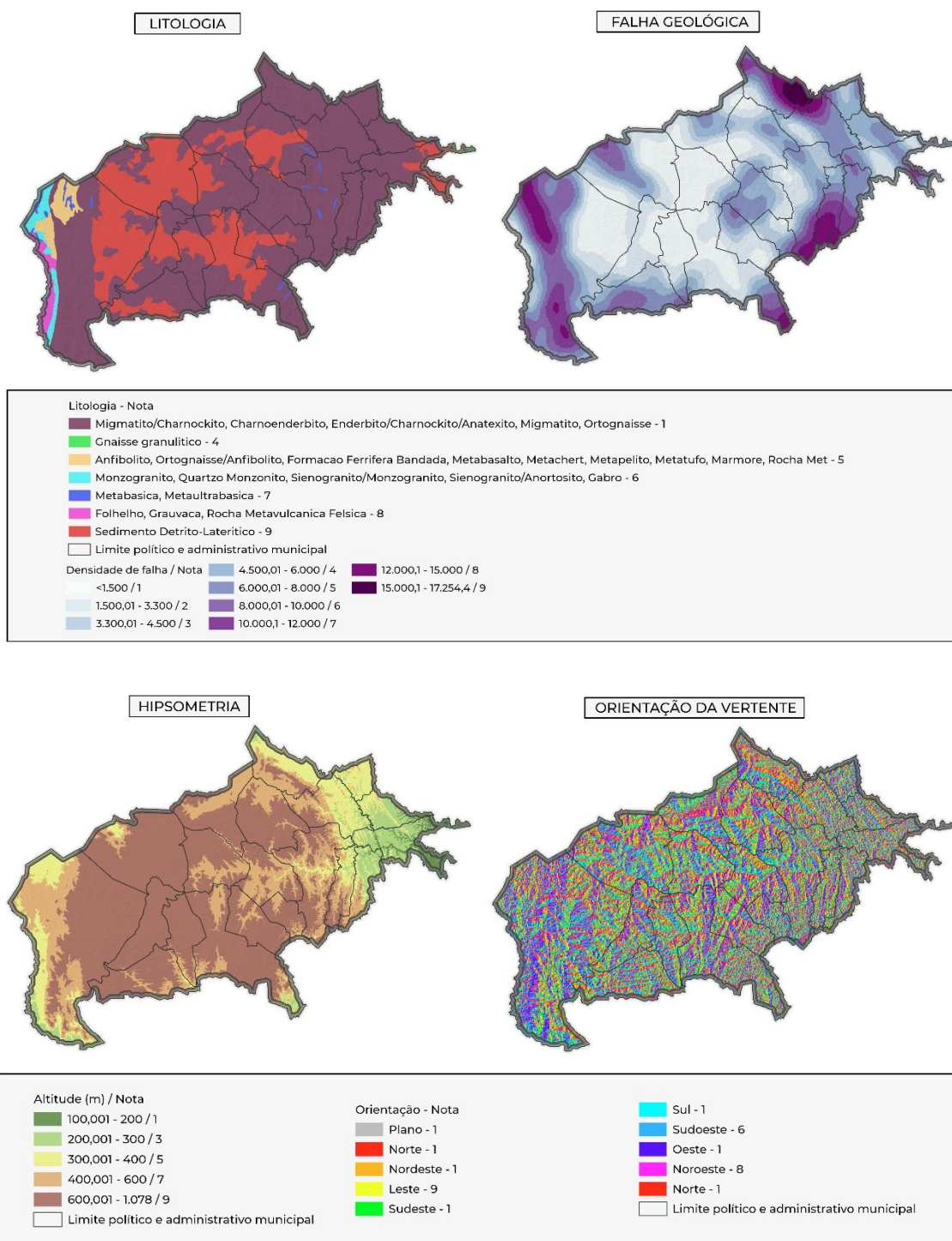
A extração dos dados foi realizada a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE), processado com ferramentas de correção de depressões e análise hidrológica, como *Fill*, *Flow Direction* e *Basin*, no ambiente do ArcGIS Pro. O raster resultante foi então convertido para o formato vetorial, sendo utilizado como malha para a aplicação da ferramenta *Zonal Statistics Table* sobre o MDE corrigido. Essa operação gerou uma tabela contendo diversas estatísticas do terreno por zona, das quais apenas o campo "*RANGE*" foi utilizado, por representar a amplitude do relevo em cada unidade morfológica (LIMA, 2018).

Para representar a Dissecação Horizontal (DH), inicialmente calcularam-se a área e o perímetro dos polígonos de interflúvios. Em seguida, aplicou-se a fórmula de comprimento de bacias proposta por Christofolletti (1970), na qual o perímetro é dividido por dois para se obter o comprimento axial dos interflúvios. Posteriormente, utilizou-se a fórmula da largura média da bacia, do mesmo autor, na qual a área é dividida pelo comprimento obtido, resultando na dimensão média dos interflúvios. Após esses cálculos, criaram-se dois campos adicionais: o primeiro para classificar os polígonos de interflúvios segundo os critérios definidos para a DH; e o segundo para a classificação combinada dos índices de DV e DH, conforme os parâmetros da Matriz de Dissecação do Relevo. Essa metodologia corresponde à proposta alternativa 3 de Guimarães *et al.* (2017).

2.3 Reclassificação e ponderação das variáveis para álgebra de mapas

As variáveis foram reclassificadas com o objetivo de estabelecer uma hierarquia de susceptibilidade para cada uma de suas categorias, em uma escala de 1 a 9 — sendo que valores mais elevados indicam maior grau de susceptibilidade. No contexto deste estudo, a atribuição das pontuações foi realizada pelos próprios autores (Figura 1), com base na literatura especializada, como Crepani (2001), Bertoni e Lombardi Neto (2008) e Araújo (2021); além da experiência acumulada pelos pesquisadores com relação às demais variáveis analisadas.





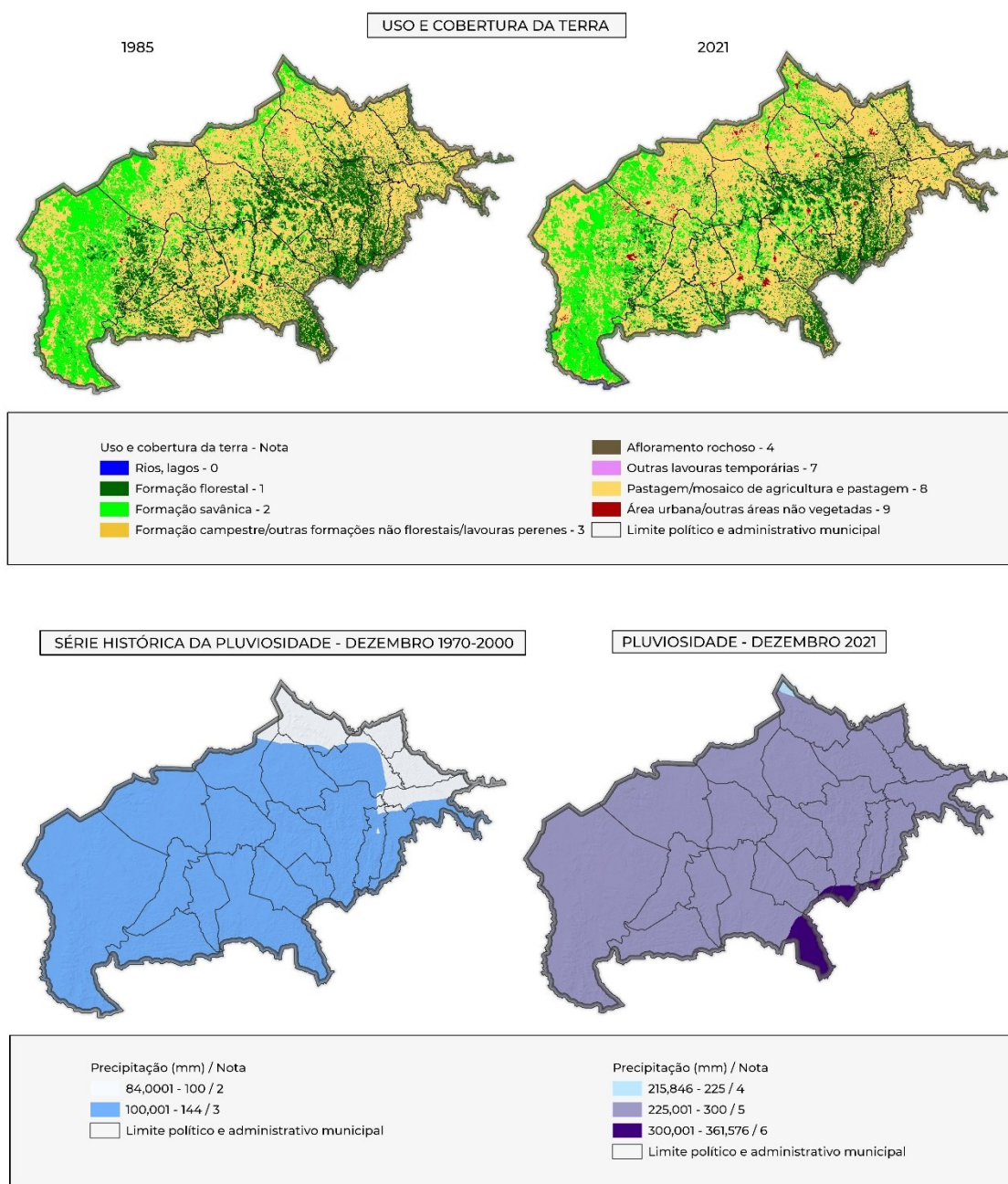


Figura 1 - Prancha contendo os planos de informação selecionados.

Fonte: autora (2024).

Em seguida, procedeu-se à ponderação das variáveis, considerando sua importância relativa para a ocorrência de movimentos de massa na área de estudo. Para isso, foi utilizado o método Analytic Hierarchy Process (AHP) — ou Processo Analítico Hierárquico — desenvolvido por Saaty (1980), com o objetivo de reduzir a subjetividade no processo de atribuição de pesos.

A definição da influência de cada variável foi realizada por meio da elaboração de uma matriz de comparação pareada, na qual se cruzaram os atributos selecionados com base em julgamentos de importância relativa entre eles (Tabela 1). Esses julgamentos seguiram uma escala de valores de 1 a 9, proposta por Saaty (1980), conforme ilustrado na Figura 2. A construção da matriz e o processamento inicial foram realizados no *Microsoft Excel*.

Tabela 1 - Matriz de Comparação Pareada AHP.

Variáveis	Declividade	Uso e cobertura	Pluviosidade	Pedologia: textura	Geologia	Fratura	Pedologia: maturidade	IDR	Hipsometria	Orientação da vertente
Declividade	1	2	2	3	3	4	4	4	5	5
Uso e cobertura	1/2	1	2	3	3	4	4	4	5	5
Pluviosidade	1/2	1/2	1	2	2	3	4	4	5	5
Pedologia: textura	1/3	1/3	1/2	1	2	3	4	4	5	5
Geologia	1/3	1/3	1/3	1/2	1	3	3	4	5	5
Fratura	1/4	1/4	1/4	1/3	1/3	1	2	3	3	4
Pedologia: maturidade	1/4	1/4	1/4	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4
IDR	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/3	1/2	1	3	4
Hipsometria	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1	4
Orientação da vertente	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/4	1/4	1/4	1/4	1

Fonte: autora (2024).

1	3	5	7	9
Igualmente	Moderadamente	Fortemente	Muito Fortemente	Extremamente

Figura 2 - Escala de comparação pareada.

Fonte: Adaptada de Saaty (1980).

A partir da matriz de comparação, os dados foram normalizados e os pesos relativos de cada variável foram calculados. O modelo apresentou uma Razão de Consistência (RC) de 7,1%, valor considerado aceitável segundo os critérios do próprio Saaty, que recomenda que a RC seja inferior a 10% para garantir a consistência lógica dos julgamentos.

A normalização dos dados da matriz foi realizada por meio da soma dos elementos de cada coluna da matriz de julgamentos. Em seguida, cada elemento foi dividido pelo total da respectiva coluna, resultando na matriz normalizada. Posteriormente, foi calculada a média dos valores de cada linha (μ_n), correspondente a cada critério analisado.

Assim, obtiveram-se os seguintes pesos para as variáveis: 22,7% (Declividade), 19,8% (uso e cobertura da terra), 14,7% (pluviosidade), 12,3% (pedologia - textura), 10,3% (geologia), 6,2% (fratura geológica), 4,9% (pedologia - maturidade), 4,1% (IDR), 2,9% (hipsometria), 2,1% (orientação da vertente).

Após a atribuição das notas e dos pesos relativos a cada variável, aplicou-se a Média Ponderada, com o objetivo de gerar o mapa final de susceptibilidade. Para esse cálculo, foi utilizada a seguinte equação: ("declividade" * 22,7) + ("uso_cobertura" * 19,8) + ("pluviosidade" * 14,7) + ("solo_textura" * 12,3) + ("geologia" * 10,3) + ("fratura" * 6,2) + ("solo_maturidade" * 4,9) + ("IDR" * 4,1) + ("hipsometria" * 2,9) + ("orientação_vertente" * 2,1).

Esse procedimento foi realizado para a geração de dois cenários distintos de susceptibilidade a movimentos de massa. O primeiro cenário considerou as oito variáveis condicionantes, associadas às variáveis desencadeadoras referentes ao uso e cobertura da terra no ano de 1985 e à média histórica de precipitação para o mês de dezembro, no período de 1970 a

2000. Já o segundo cenário utilizou as mesmas variáveis condicionantes, combinadas com os dados de uso e cobertura da terra de 2021 e os registros de precipitação de dezembro de 2021.

3. Resultados e discussão

Os movimentos gravitacionais de massa na área de estudo resultam de uma complexa interação entre fatores geológicos, geomorfológicos e climáticos que afetam diretamente a estabilidade do solo e das encostas. Verificou-se que a predominância de rochas ígneas plutônicas, como o Charnockito e o Enderbito, contribui para uma maior resistência ao intemperismo e à erosão em determinadas áreas, favorecendo a estabilidade das vertentes. Essa resistência está relacionada à sua origem e composição mineral, uma vez que essas rochas se formam a partir do resfriamento e solidificação lenta do magma, resultando em uma estrutura cristalina interligada, ausência de camadas estratificadas e composição mineral densa. No entanto, a presença de fraturas e planos de fraqueza geológica compromete essa estabilidade, especialmente em encostas com maior declividade, aumentando significativamente a susceptibilidade a movimentos de massa.

Por outro lado, rochas metamórficas e sedimentares presentes na área de estudo tendem a apresentar menor resistência aos processos de intemperismo e erosão, em função de suas texturas e composições mais heterogêneas. As rochas sedimentares, por exemplo, frequentemente contêm fragmentos minerais ou sedimentos litificados que podem ser significativamente desintegrados quando a água infiltra-se por seus espaços porosos e planos estratigráficos, promovendo a dissolução e facilitando a erosão. As rochas metamórficas, por sua vez, podem apresentar susceptibilidade à desagregação ao longo de planos de foliação e estruturas cristalinas orientadas (CREPANI *et al.*, 2011). Destacam-se ainda os sedimentos detríticos lateríticos, comuns no Vale do Jiquiriçá, que frequentemente desenvolvem estruturas frágeis como crostas e blocos que se desagregam com facilidade sob ação da chuva e do escoamento superficial, favorecendo o desencadeamento de movimentos de massa.

A morfologia da área de estudo também exerce influência significativa sobre a susceptibilidade a movimentos de massa. Os dados altimétricos indicam variações de elevação entre 100 m e 1.078 m. A distribuição do relevo na região mostra que 46% da área é composta por relevo ondulado, 30% por forte ondulado, 17% por suave ondulado, 5% por relevo plano e 2% por terreno montanhoso, conforme classificação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. As principais unidades geomorfológicas da área incluem o Planalto de Maracás e o Maciço Central (porção central), o Pediplano do Alto-Médio Rio de Contas (faixa oeste), os Pediplanos do Médio Paraguaçu (ao norte de Maracás e em Milagres), além das Serras Marginais, Maciços Pré-Litorâneos e Tabuleiros Interioranos (porção leste do Vale do Jiquiriçá).

Em relação ao Índice de Dissecção do Relevo (IDR), observa-se predominância das classes de dissecção forte e muito forte, especialmente nas vertentes de maior declividade. As encostas apresentam orientações predominantes para leste, noroeste e sudoeste, o que direciona o escoamento superficial da água e acentua a influência da gravidade, especialmente em áreas com maior presença de fraturas geológicas. Essas fraturas, por sua vez, tendem a se alinhar com o sentido das vertentes, contribuindo para a fragmentação do material rochoso e aumentando a susceptibilidade à instabilidade.

A característica dos solos também se destaca como fator condicionante relevante. A área de estudo apresenta expressiva presença de Latossolos e Argissolos. Os Latossolos são solos bem desenvolvidos e profundos, marcados por processos pedogenéticos mais intensos que morfogenéticos (CREPANI *et al.*, 2001). São, em geral, bem drenados, o que reduz o risco de saturação hídrica, além de apresentarem alta densidade, o que pode conferir maior resistência mecânica (EMBRAPA, 2006). Contudo, os Latossolos encontrados na região apresentam textura predominantemente argilosa a muito argilosa, característica que, em eventos de alta pluviosidade, pode aumentar a retenção de água e, consequentemente, o risco de instabilidade.

Os Argissolos, igualmente expressivos no território, são solos medianamente profundos a profundos, com drenagem moderada. Apresentam horizonte B textural argiloso subjacente a horizontes A ou E de textura arenosa ou média. No setor leste do Vale do Jiquiriçá, identificam-se os Argissolos distrocoesos, caracterizados pelo horizonte B empacotado (EMBRAPA, 2006), os quais, associados às texturas média/argilosa e argilosa, podem aumentar a susceptibilidade a deslizamentos, especialmente sob condições de saturação.

A cobertura vegetal, por sua vez, passou por alterações significativas nas últimas décadas, impactando diretamente a proteção do solo e o equilíbrio ambiental. De acordo com dados do MapBiomas (<https://brasil.mapbiomas.org>), em 1985, cerca de 40% do território do Vale do Jiquiriçá era coberto por vegetação natural, composta por formações florestais e savânicas. Em 2021, esse percentual caiu para 36%, indicando um processo de redução da cobertura vegetal nativa. Em contrapartida, observou-se aumento nas classes de pastagem e mosaico de agricultura com pastagem, que passaram de 58% para 62% no período analisado. Houve também crescimento expressivo das áreas não vegetadas, com destaque para

a expansão urbana, que saltou de 9,5 km² em 1985 para 45,4 km² em 2021, e de outras áreas antrópicas não vegetadas, que passaram de 25,7 km² para 63,5 km², conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Classes de uso e cobertura da terra no Vale do Jiquiriçá – Ba, em km².

Uso e cobertura da terra	1985		2021	
Formação florestal	2249,4	21%	1751,6	16%
Formação savânica	2086,5	19%	2109,9	20%
Silvicultura		0%	39,2	0%
Formação campestre	61,7	1%	59,9	1%
Pastagem	4522,1	42%	4818,6	45%
Mosaico de agricultura e pastagem	1749,5	16%	1818,6	17%
Área urbana	9,5	0%	45,4	0%
Outras áreas não vegetadas	25,7	0%	63,5	1%
Rios, lagos	11,1	0%	21,1	0%
Outras lavouras temporárias	0,9	0%	1,9	0%
Cafê - lavoura perene	2,4	0%	3,5	0%

Elaboração: autora (2024). Fonte: MapBiomias (1985; 2021).

No contexto climático, a área de estudo apresenta uma significativa diversidade de regimes pluviométricos, conforme a classificação climática de Köppen-Geiger, com variações que vão desde o clima tropical chuvoso de floresta (Af) até o clima semiárido quente (BSh) (ÁLVARES *et al.*, 2013). Essa diversidade é reflexo da heterogeneidade geográfica do Vale do Jiquiriçá, influenciada por fatores como relevo, altitude e proximidade de massas de ar úmido provenientes do Atlântico.

A Tabela 3 apresenta uma comparação entre a série histórica de precipitação (1970–2000) e os dados de 2021, revelando discrepâncias significativas entre os períodos. A precipitação histórica variava entre 4 mm e 200 mm ao longo do ano, considerando diferentes localidades dentro do Vale do Jiquiriçá. Os meses de junho (com registros entre 8 mm e 200 mm, dependendo da localidade) e dezembro (entre 85 mm e 144 mm, ao longo da área de estudo) destacavam-se como os mais chuvosos na média histórica. Em contraste, o mês de agosto apresentava os menores volumes médios de precipitação, com variações entre 4 mm e 136 mm ao longo da região.

Tabela 3 – Série histórica da distribuição da pluviosidade (1970 – 2000; 2021) no Vale do Jequiriçá.

Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Série histórica da distribuição da média pluviométrica no Vale do Jiquiriçá 1970 - 2000 (mm)											
71 - 130	63 - 139	58 - 150	35 - 179	12 - 184	8 - 200	6 - 189	4 - 136	10 - 117	32 - 122	66 - 139	85 - 144
Distribuição da pluviosidade no Vale do Jiquiriçá em 2021 (mm)											
45 - 97	56 - 130	14 - 51	45 - 244	3 - 81,2	4 - 110	5 - 236	4 - 129	2,9 - 38	51 - 170	140 - 250	217 - 361

Elaboração: autora (2024). Fonte: WorldClim.

Em 2021, os dados indicam um aumento expressivo no volume de chuvas, especialmente nos meses finais do ano. Dezembro registrou um total de 361 mm, valor substancialmente superior à média histórica para esse mês. De forma semelhante, novembro apresentou precipitação entre 217 mm e 361 mm, também acima dos registros históricos observados no território. Por outro lado, setembro foi o mês de menor precipitação em 2021, com apenas 2,9 mm, valor inferior à média histórica regional para o mesmo mês, que variava entre 10 mm e 117 mm, ao longo do Vale do Jiquiriçá.

Esse comportamento pluviométrico atípico em 2021 está associado à atuação do fenômeno *La Niña* e ao aumento das temperaturas das águas do Oceano Atlântico, que intensificaram o transporte de umidade para o interior do continente (OTEMPO, 2021). Tais anomalias climáticas contribuíram diretamente para o acúmulo excessivo de água no solo, condição que favorece a saturação hídrica e a redução da resistência ao cisalhamento, fatores que aumentam significativamente o risco de movimentos gravitacionais de massa.

Nesse sentido, a análise das chuvas de 2021 reforça a importância de incorporar cenários de variabilidade climática às estratégias de gestão de riscos ambientais e ao planejamento territorial. A presença de eventos extremos, como os registrados nesse período, evidencia a necessidade de políticas públicas voltadas à prevenção de desastres, especialmente em regiões suscetíveis a deslizamentos, como o Vale do Jiquiriçá.

O município de Amargosa, um dos mais afetados pelos movimentos de massa ocorridos na região, registrou eventos significativos no dia 11 de dezembro de 2021, conforme noticiado pelo G1 Bahia (2021). Naquela data, a precipitação máxima registrada foi de 19,8 mm, com um acumulado de 94,1 mm nos 11 dias anteriores, 94,16 mm nos sete dias seguintes e 61,26 mm em apenas quatro dias (Figura 3). De acordo com Saralori (2003), ao correlacionar tais volumes de chuva com os parâmetros de risco estabelecidos para o município de Vitória (ES), e com Ide (2005), que analisou o caso de Campinas (SP), o comportamento pluviométrico observado em Amargosa já seria suficiente para classificar a cidade em estado de alerta.

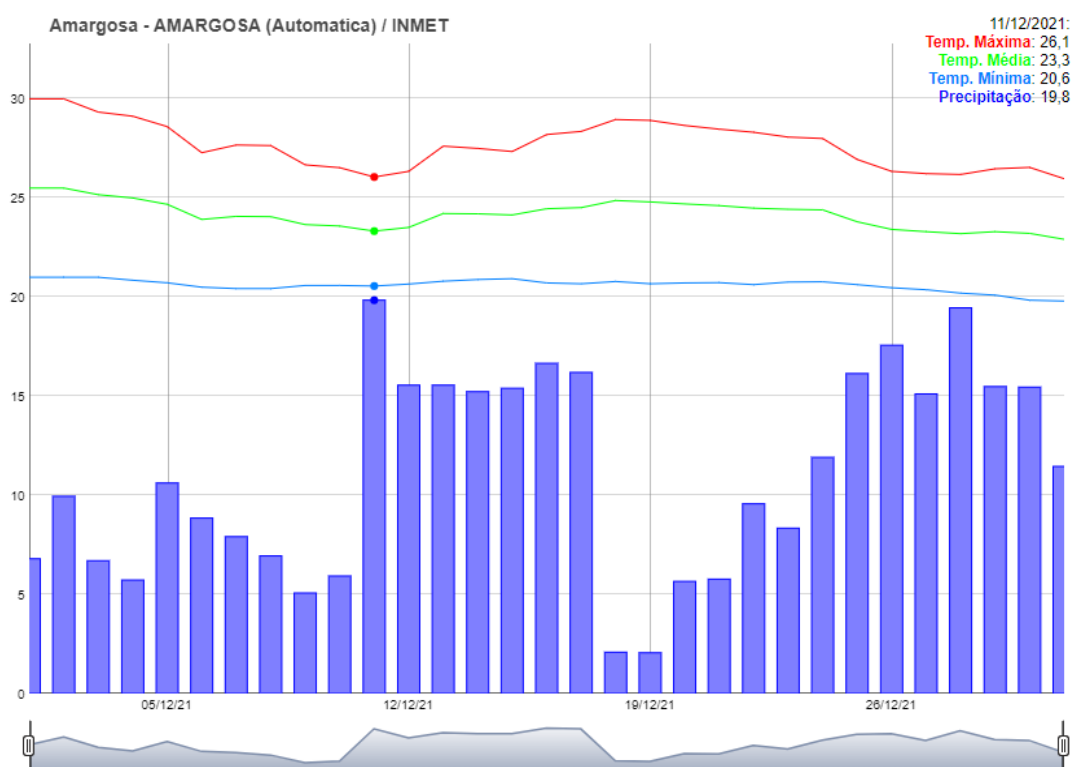


Figura 3 – Dados de precipitação em Amargosa, dezembro de 2021.
Fonte: INMET.

No cenário histórico de média pluviométrica do mês de dezembro, correspondente ao período de 1970 a 2000, associado aos dados de uso e cobertura da terra de 1985, a Tabela 4 e Figura 4 apresentam as classes de susceptibilidade a movimentos de massa no Vale do Jiquiriçá. Observa-se que aproximadamente 48% do território da região foi classificado como de “alta” susceptibilidade, 41% na classe “média”, 6% na “muito alta” e apenas 5% na “baixa”. Esses dados revelam predominância significativa de áreas vulneráveis, com mais de 85% do território concentrado nas classes “média” e “alta”, nos 20 municípios analisados.

Tabela 4 – Classes de movimento de massa no vale do Jiquiriçá – Ba, com média da pluviosidade correspondente a dezembro de 1970 – 2000 e uso e cobertura da terra de 1985.

	Movimento de massa (desencadeadores: série histórica)								
	Área (km2)								
	Área	Baixo		Médio		Alto		Muito Alto	
Município									
Maracás	2413,0	220,6	9%	1361,9	56%	737,9	31%	62,0	3%
Planaltino	955,2	14,1	1%	269,2	28%	565,1	59%	101,7	11%
Jaguaquara	924,2	30,0	3%	346,4	37%	463,9	50%	75,2	8%
Ubaira	658,6	10,8	2%	331,0	50%	294,6	45%	21,2	3%
Brejões	518,3	7,1	1%	158,5	31%	287,7	56%	65,0	13%
Lafaiete Coutinho	497,9	3,3	1%	129,0	26%	295,2	59%	65,9	13%
Nova Itarana	475,1	37,5	8%	185,3	39%	221,5	47%	26,2	6%
Irajuba	458,8	17,6	4%	174,0	38%	248,8	54%	18,5	4%
Laje	449,5	19,6	4%	164,6	37%	233,4	52%	20,4	5%
Amargosa	431,5	7,1	2%	134,4	31%	281,3	65%	8,5	2%
Milagres	420,0	54,4	13%	214,5	51%	143,3	34%	2,7	1%
Lajedo do Tabocal	382,8	11,7	3%	140,3	37%	208,9	55%	21,9	6%
Santa Inês	379,0	6,6	2%	178,3	47%	190,7	50%	3,5	1%
Itaquara	343,9	4,0	1%	100,8	29%	199,1	58%	39,3	11%
Itiruçu	322,1	9,0	3%	118,3	37%	181,3	56%	13,5	4%
Mutuipe	275,7	9,5	3%	90,5	33%	159,0	58%	12,5	5%
Jiquinçá	238,5	5,0	2%	100,9	42%	108,6	46%	23,6	10%
São Miguel das Matas	230,7	9,1	4%	88,4	38%	129,6	56%	0,9	0%
Cravolândia	182,5	2,5	1%	70,9	39%	93,2	51%	15,0	8%
Elísio Medrado	179,2	5,4	3%	73,6	41%	97,3	54%	0,3	0%
TOTAL	10736,5	484,7	5%	4430,6	41%	5140,1	48%	597,9	6%

Fonte: autora (2024).

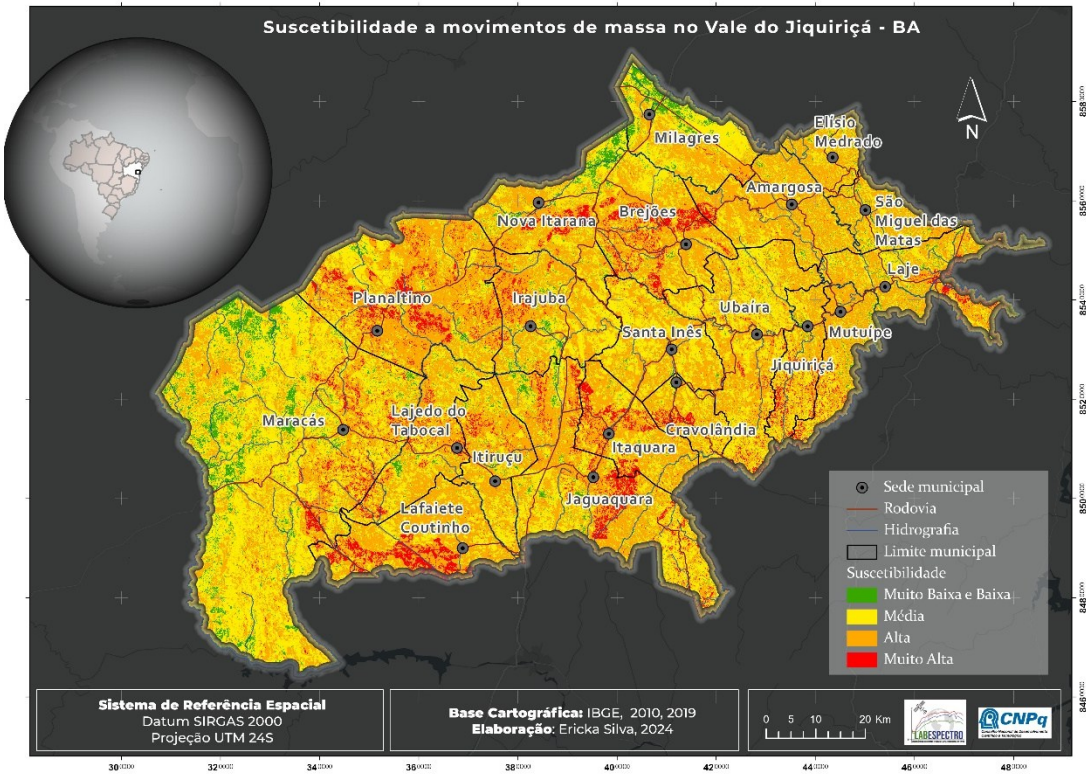


Figura 4 – Mapa de susceptibilidade a movimento de massa no vale do Jiquiriçá – Ba, com média da pluviosidade correspondente a dezembro de 1970 – 2000 e uso e cobertura da terra de 1985.

Fonte: autora (2024).

Destacam-se, entre os municípios com os maiores percentuais de susceptibilidade nessas duas classes, os territórios de Ubaíra (95%), Itiruçu (93%), Amargosa (95%), Elísio Medrado (95%) e São Miguel das Matas (94%). Tais percentuais, ao ultrapassarem o limiar de 90%, evidenciam uma condição crítica sob a perspectiva da segurança socioambiental, especialmente em áreas com ocupação irregular, presença de encostas acentuadas e carência de infraestrutura adequada de drenagem.

Nos municípios de Ubaíra, Itaquara, Jiquiriçá, Santa Inês e Jaguaquara, a ocupação urbana desordenada em encostas e taludes instáveis, frequentemente sem acompanhamento técnico, tem contribuído para a intensificação de processos de instabilização, com destaque para deslizamentos planares e erosão acelerada (Figura 5). Em Jaguaquara e Jiquiriçá, além dos deslizamentos, há registros de queda de blocos, especialmente em áreas com afloramentos rochosos e declividades acentuadas (CPRM, 2015; 2018a). Além disso, em Itaquara, Ubaíra, Santa Inês, os riscos decorrem principalmente da ocupação de áreas de corte e encostas instáveis, somada à ausência de infraestrutura de drenagem e contenção; em Jaguaquara, esse cenário é agravado por intervenções irregulares nos taludes, que intensificam os processos erosivos e a instabilidade do terreno (CPRM, 2015; 2017a; 2017b; 2018b). O cenário evidencia a necessidade de fiscalização efetiva e ações preventivas voltadas à ocupação segura e sustentável dessas áreas.



Figura 5 – Exemplos de ocupações em áreas suscetíveis a movimentos de massa no Vale do Jiquiriçá (BA). Destacam-se construções em encostas e taludes instáveis nos municípios de Itaquara e Ubaíra, e ocorrência de queda de blocos rochosos junto a edificações residenciais em Jaguaquara e Jiquiriçá, evidenciando a vulnerabilidade das moradias situadas em áreas de risco geológico. Fonte: CPRM (2015; 2017a; 2017b; 2018a).

Ao considerar as áreas classificadas como de susceptibilidade “muito alta” — embora essa classe represente, em termos percentuais, uma fração menor da distribuição espacial — municípios como Brejões (13%), Lafaiete Coutinho (13%), Itaquara (11%) e Planaltino (11%) apresentam parcelas expressivas de seu território nessa categoria, indicando setores com risco iminente de movimentos de massa.

A classe de “muito alta” susceptibilidade é caracterizada, predominantemente, por áreas compostas por litologia de sedimentos detríticos lateríticos, situadas em altitudes superiores a 400 metros (com exceção do município de Laje) e com relevo que varia entre ondulado e fortemente montanhoso. Nesses locais, o uso do solo está majoritariamente voltado à pastagem, e os solos apresentam textura argilosa a média/argilosa — condições que favorecem processos de instabilidade. Essa susceptibilidade é ainda intensificada pela elevada densidade de fraturas geológicas, principalmente nas porções sul dos municípios de Mutuípe, Jiquiriçá, Ubaíra, Jaguaquara, Lafaiete Coutinho e no sudeste de Laje. Assim como ocorre

com a classe “muito alta”, as classes de “alta” e “média” susceptibilidade também predominam em áreas com uso agropecuário, especialmente pastagens, e relevo ondulado a montanhoso. No entanto, diferenciam-se da classe superior em razão da atuação conjunta de outras variáveis ambientais e geológicas que modulam o grau de risco.

Em contraposição, as áreas classificadas como de “baixa” susceptibilidade estão majoritariamente associadas à presença de cobertura vegetal nativa, como formações florestais e savânicas, situadas em terrenos planos a suavemente ondulados e com baixo a moderado grau de dissecação do relevo — características que favorecem a estabilidade do solo.

No cenário mais recente, baseado na precipitação registrada em dezembro de 2021 e no uso e cobertura da terra desse período (Tabela 5), conforme espacializa a Figura 6, observa-se que aproximadamente 52% do Vale do Jiquiriçá apresenta “alta” susceptibilidade, 38% na classe “média”, 6% na “muito alta” e apenas 3% na “baixa”. Esses dados reforçam a predominância de áreas críticas, com mais de 90% da região concentrada nas faixas “média” e “alta”.

Tabela 5 – Classes de movimento de massa no vale do Jiquiriçá – Ba, com pluviosidade e uso e cobertura da terra de dezembro de 2021.

	Movimento de massa (desencadeadores: 2021)									
	Área (km2)									
Município	Área	Baixo		Médio		Alto		Muito Alto		
Maracás	2413,0	141,9	6%	1269,3	53%	898,7	37%	72,6	3%	
Planaltino	955,2	9,8	1%	229,3	24%	594,2	62%	116,8	12%	
Jaguaquara	924,2	24,5	3%	302,9	33%	489,7	53%	98,3	11%	
Ubaira	658,6	9,0	1%	307,9	47%	316,0	48%	24,7	4%	
Brejões	518,3	6,6	1%	138,7	27%	304,0	59%	68,9	13%	
Lafaiete Coutinho	497,9	1,9	0%	116,4	23%	307,8	62%	67,3	14%	
Nova Itarana	475,1	22,0	5%	165,4	35%	252,4	53%	30,7	6%	
Irajuba	458,8	17,4	4%	162,9	36%	259,4	57%	19,1	4%	
Laje	449,5	8,7	2%	123,8	28%	279,4	62%	26,1	6%	
Amargosa	431,5	4,7	1%	126,2	29%	289,2	67%	11,2	3%	
Milagres	420,0	30,4	7%	222,2	53%	156,0	37%	6,2	1%	
Lajedo do Tabocal	382,8	6,8	2%	115,4	30%	235,0	61%	25,5	7%	
Santa Inês	379,0	8,2	2%	189,4	50%	178,1	47%	3,3	1%	
Itaquara	343,9	2,3	1%	84,2	24%	212,9	62%	43,8	13%	
Itiruçu	322,1	5,8	2%	104,0	32%	198,3	62%	14,0	4%	
Mutuipe	275,7	5,4	2%	79,9	29%	168,0	61%	18,1	7%	
Jiquiriçá	238,5	3,3	1%	93,7	39%	116,5	49%	24,6	10%	
São Miguel das Matas	230,7	5,2	2%	74,1	32%	146,6	64%	2,1	1%	
Cravolândia	182,5	1,9	1%	73,2	40%	90,61911	50%	15,9	9%	
Elisio Medrado	179,2	6,0	3%	58,7	33%	111,4	62%	0,4	0%	
TOTAL	10736,5	322,0	3%	4037,5	38%	5604,2	52%	689,7	6%	

Fonte: autora (2024).

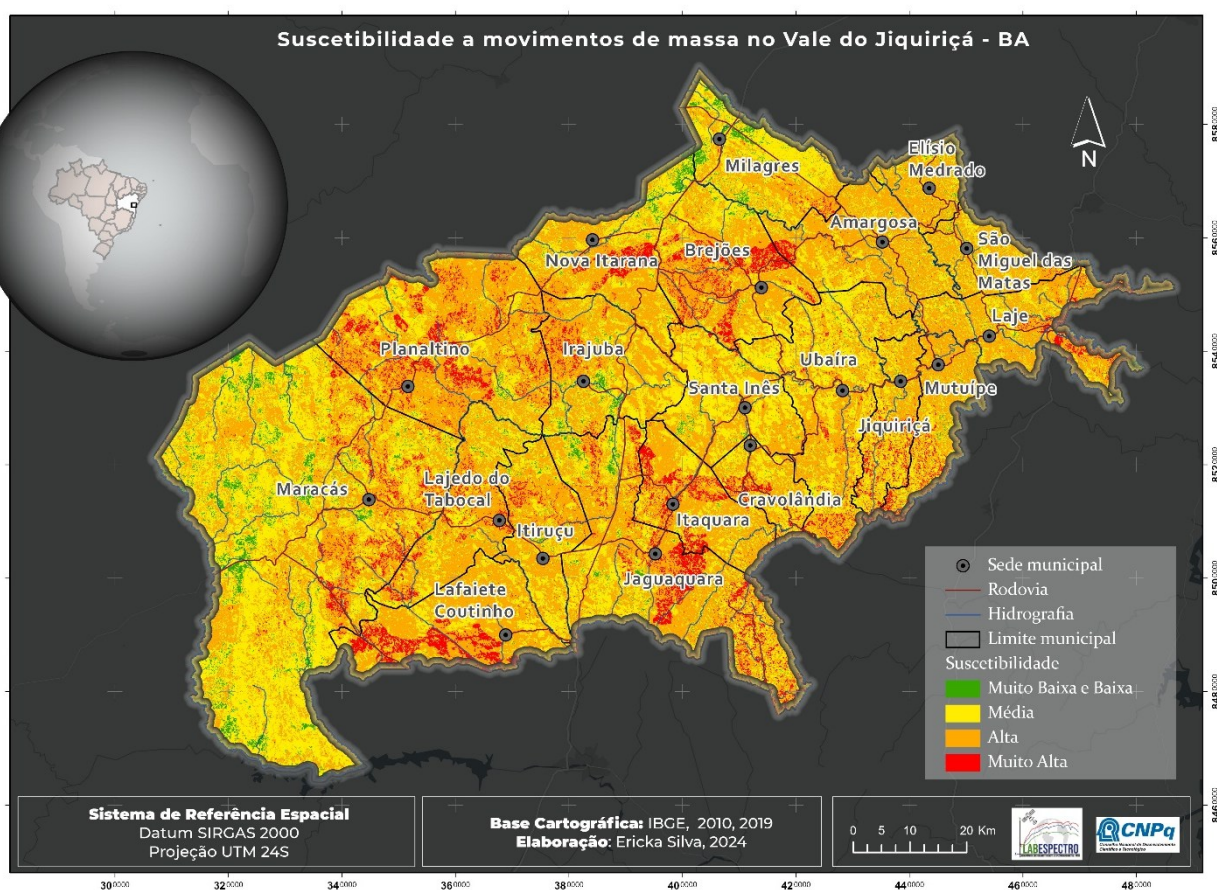


Figura 6 – Mapa de suscetibilidade a movimento de massa com as variáveis pluviosidade e uso e cobertura da terra de dezembro de 2021. Fonte: autora (2024).

De modo geral, os municípios da região apresentam mais da metade de suas áreas classificadas como de “alta” suscetibilidade, exceto Maracás (37%), Milagres (37%), Ubaíra (48%), Santa Inês (47%) e Jiquiriçá (49%). Embora ligeiramente inferiores, esses valores ainda configuram risco relevante. Em contrapartida, os municípios de Lafaiete Coutinho, Itaquara, Planaltino, Brejões e Amargosa têm mais de 70% dos territórios inseridos nas classes de “alta” e “muito alta” suscetibilidade, tornando-se prioritários para ações de monitoramento e mitigação.

Nesse sentido, o Serviço Geológico do Brasil – CPRM, vinculado ao Ministério de Minas e Energia, vem realizando, desde 2011, o mapeamento de áreas com risco geológico “alto” e “muito alto”, como os movimentos de massa, em municípios selecionados pelas Defesas Cíveis Nacional e Estadual. A iniciativa tem como objetivo a prevenção e a consequente redução de perdas sociais e econômicas associadas a desastres naturais, sendo conduzida em etapas de campo. Entre os municípios avaliados no território nacional, destacam-se Ubaíra, Itaquara, Jaguaquara e Jiquiriçá, localizados no Vale do Jiquiriçá. A Figura 7 apresenta a sobreposição entre os resultados do modelo de suscetibilidade e os polígonos de ocorrência ou expectativa de movimentos de massa mapeados pela CPRM. Observa-se forte coerência espacial entre as áreas de “alta” e “muito alta” suscetibilidade e os registros oficiais da CPRM, o que reforça a acurácia do modelo e valida sua aplicabilidade na identificação de zonas críticas, subsidiando ações de planejamento e prevenção de desastres.

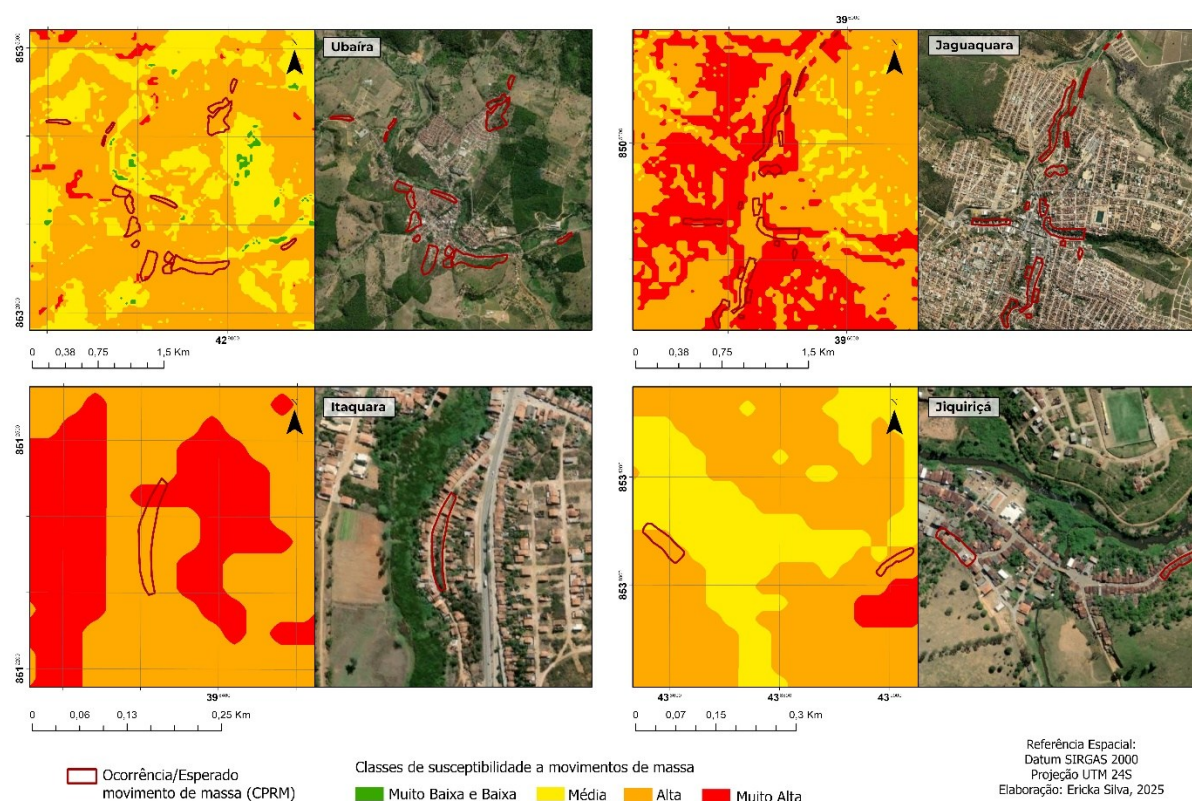


Figura 7 – Comparativo entre a susceptibilidade a movimentos de massa (modelo preditivo) e os registros de mapeados pela CPRM nos municípios de Ubaíra, Jaguaquara, Itaquara e Jiquiriçá (BA).

Fonte: autora (2024); CPRM (2015; 2017a; 2017b; 2018a).

Comparando os cenários de 1985 e 2021, observa-se que doze municípios apresentaram redução nas áreas de “baixa” susceptibilidade, enquanto todos registraram aumento nas áreas classificadas como de “alta” susceptibilidade. Em onze municípios houve ampliação das áreas com susceptibilidade “muito alta”; nos demais, essa classe permaneceu estável. Paralelamente, identificou-se uma redução das áreas de susceptibilidade “média” na maioria dos municípios — com exceção de Milagres, Santa Inês e Cravolândia —, evidenciando uma redistribuição do risco com intensificação das classes mais elevadas. Essa transformação decorre, principalmente, de dois fatores: (i) o aumento expressivo da precipitação em dezembro de 2021, em comparação à média histórica; e (ii) alterações no uso e cobertura da terra, com a substituição de vegetação nativa por áreas agropecuárias e urbanizadas.

3. Considerações finais

O Vale do Jiquiriçá apresenta configuração geológica e geomorfológica complexa, marcada por litologias predominantemente ígneas mais resistentes aos movimentos de massa e formações sedimentares lateríticas associadas a zonas de “muito alta” susceptibilidade. A região também se caracteriza por um expressivo contraste hipsométrico e relevos intensamente movimentados.

Os latossolos, amplamente distribuídos na área de estudo, apresentam textura argilosa a muito argilosa, o que favorece a saturação hídrica em eventos de alta pluviosidade. Além disso, diversos municípios apresentam alta densidade de fraturas geológicas, muitas das quais apresentam orientação paralela às vertentes, aumentando a propensão à instabilidade e contribuindo para a ocorrência de movimentos gravitacionais de massa.

A análise da susceptibilidade indica um agravamento das condições de risco ao longo do tempo, evidenciado pelo aumento das áreas classificadas como de “muito alta” susceptibilidade (91,8 km²) e pela redução das áreas com “baixa” susceptibilidade (-165,7 km²), especialmente quando comparados os cenários de 1985 e 2021. Esses resultados

demonstram que a combinação entre o aumento da pluviosidade, associado a eventos extremos, e as mudanças no uso e cobertura da terra contribuem de forma significativa para a intensificação dos riscos geotécnicos.

Diante desse panorama, torna-se evidente a necessidade de políticas públicas mais eficazes e territorialmente integradas, voltadas à monitorização contínua das áreas vulneráveis. A adoção de estratégias preventivas, combinadas à preservação da vegetação nativa e ao crescimento urbano controlado, é essencial para minimizar os impactos ambientais, sociais e econômicos decorrentes dos movimentos de massa.

Por fim, os resultados obtidos neste estudo oferecem subsídios técnico-científicos valiosos para a formulação de ações voltadas à redução do risco de desastres, contribuindo para a construção de territórios mais resilientes, alinhados aos princípios de sustentabilidade e adaptação às mudanças climáticas.

Agradecimentos

Este trabalho contou com o apoio do edital Prospecta 4.0 do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Processo nº 407907/2022-0, e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), por meio do programa *Recursos Biológicos, Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental na Bahia*, vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente (Edital 38/2022). W.J.S.F.R. recebeu apoio de bolsa de pesquisa do CNPq (Processo nº 314954/2021-0). Financiamento adicional foi concedido pelo CNPq e pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), por meio do edital CNPq/MCTI nº 441271/2023-5, “*Presente, passado e futuro da biodiversidade do Semiárido: inventários, monitoramento, impactos das mudanças climáticas e implicações para o uso e conservação da flora, fauna e fungos*”. Agradecemos também ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) em Estudos Inter e Transdisciplinares em Ecologia e Evolução (IN-TREE), financiado por CNPq (408930/2024-1), CAPES (88887.195651/2025-00) e FAPESP. Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente (PPGM) e ao Laboratório de Espectroradiometria (LABESPECTRO) da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) pelo apoio institucional.

Referências

- ÁLVARES, A. C.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, V. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: <<https://www.schweizerbart.de/content/papers/download/82078>>. Acesso em: 18 mai. 2023.
- ARAÚJO, R. *Mapeamento e diagnóstico da suscetibilidade a movimentos de massa na região de Brejo do Cruz, Paraíba*. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ensino Superior do Seridó, Caicó, 2021.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. 6. ed. São Paulo: Ícone, 2008. 355p.
- BAHIA. Secretaria de Cultura. *Territórios de Identidade*. Salvador: SECULT, 2011. Disponível em: https://www.ba.gov.br/fundacaocultural/sites/site-funceb/files/migracao_2024/arquivos/File/editais-antigos/2011/06/qqd2011/docs/Anexo_II_-_Relacao_Territorios_de_Identidade.pdf. Acesso em: 18 mai. 2023.
- CAMILO, M. A. *Análise de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa em trecho TAV com uso de SIG*. Monografia (Conclusão de especialização) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.
- CEPED. *Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012*. 2. ed. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013. Disponível em: <<https://s2id.mi.gov.br/paginas/atlas/>>. Acesso em: 18 mai. 2023.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. *Relatório técnico complementar: ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes, inundações e movimentos de massa – Jaguaquara (BA)*. Salvador: CPRM, abr. 2015.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. *Ação para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa e enchentes – Ubaira (BA)*. Salvador: CPRM, abr. 2017.

- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. *Setorização de áreas em alto e muito alto risco a movimentos de massa, enchentes e inundações – Jiquiriçá (BA)*. Salvador: CPRM, set. 2018.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. *Setorização de áreas em alto e muito alto risco a movimentos de massa, enchentes e inundações – Santa Inês (BA)*. Salvador: CPRM, set. 2018.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. *Ação para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa e enchentes – Itaquara (BA)*. Salvador: CPRM, abr. 2017.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. D.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. *Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial*. São José dos Campos: Inpe, 2001.
- EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- FROUDE, M. J.; PETLEY, D. N. Global fatal landslide occurrence from 2004 to 2016. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, [s. l.], v. 18, n. 8, p. 2161–2181, 2018.
- G1 BA. *Após estragos causados pela chuva, limpeza e reconstruções são realizadas em cidades do Vale do Jiquiriçá, na Bahia*. G1, 2021. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ba/bahia/noticia/2022/01/04/apos-estragos-causados-pela-chuva-limpeza-e-reconstrucoes-sao-realizadas-em-cidades-do-vale-do-jiquirica-na-bahia.ghtml>>. Acesso em: 18 mai. 2023.
- GUIMARÃES, F. S.; COEDEIRO, C. M.; BUENO, G. T.; CARVALHO, V. L. M.; NERO, M. A. Uma proposta para automatização do Índice de Dissecção do Relevo. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 18, n. 1, p. 155–167, 2017.
- IDE, F. S. *Escorregamento, meteorologia e precipitação: uma proposta de método de investigação para a prevenção e monitoramento de riscos, aplicado em Campinas/SP*. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2005.
- LIMA, J. S. *Estudo Integrado da Paisagem, geomorfologia e geotecnologias, proposta de automatização dos índices de dissecção do relevo*. Monografia (Bacharelado em Geografia). Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Salvador, 2018. Disponível em: <http://geografia.ufba.br/TCC_Juarez_Souza_Lima_2018_1.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2023.
- NASCIMENTO, M. C. do et al. Mapeamento por meio de geoprocessamento da vulnerabilidade físico ambiental ao deslizamento de terras na região metropolitana de Maceió. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 17., 2017, Campinas. *Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento*. Campinas: Instituto de Geociências - UNICAMP, 2017. v. 1, p. 4906-4918. Disponível em: <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/2200>. Acesso em: 18 mai. 2023.
- O TEMPO. *Chuvas na Bahia são reflexo de La Niña e aumento da temperatura no oceano*. Disponível em: <<https://www.otempo.com.br/brasil/chuvas-na-bahia-sao-reflexo-de-la-nina-e-aumento-da-temperatura-no-oceano-1.2588953>>. Acesso em: 18 mai. 2023.
- SAATY, T. L. *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw Hill, New York, 1980.
- SARALORI, S. *Movimentos de massa no município de Vitória – ES: inventário, caracterização e indicativos de um modelo comportamental*. 148f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2003.
- SILVEIRA, H. L. F.; VETTORAZZI, C. A.; VALENTE, R. A. Avaliação multicriterial no mapeamento da suscetibilidade de deslizamentos de terra. *Revista Árvore*, v. 38, n. 6, p. 973-982, 2014. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/488/48837807002.pdf>>. Acesso em: 18 mai. 2023.