



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

ÍTALO CARVALHO GOMES

**SUSCEPTIBILIDADE A DESLIZAMENTOS DE MASSA NO MACIÇO RESIDUAL
SERRA DA MERUOCA, NORDESTE DO BRASIL-CE**

FORTALEZA

2023

ÍTALO CARVALHO GOMES

SUSCEPTIBILIDADE A DESLIZAMENTOS DE MASSA NO MACIÇO RESIDUAL
SERRA DA MERUOCA, NORDESTE DO BRASIL-CE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Geografia da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial à obtenção do
título de bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Rodrigues do
Nascimento.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

G618s Gomes, Ítalo Carvalho.
Susceptibilidade a deslizamentos de massa no maciço residual Serra da Meruoca, Nordeste do Brasil-CE
/ Ítalo Carvalho Gomes. – 2023.
59 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,
Curso de Geografia, Fortaleza, 2023.

Orientação: Prof. Dr. Flávio Rodrigues do Nascimento.

1. Maciços residuais. 2. Geomorfologia. 3. Susceptibilidade ambiental. 4. Deslizamentos de massa. I.
Título.

CDD 910

ÍTALO CARVALHO GOMES

SUSCEPTIBILIDADE A DESLIZAMENTOS DE MASSA NO MACIÇO RESIDUAL
SERRA DA MERUOCA, NORDESTE DO BRASIL-CE

Monografia apresentada ao Curso de Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Geografia.

Aprovada em: 19/07/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Flávio Rodrigues do Nascimento (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Francisco Leandro de Almeida Santos
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Me. Victor Hugo Holanda Oliveira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Ao meu primo irmão, Marcos Lohan dos
Santos Carvalho (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Francileusa e Manoel, por todo carinho, dedicação e esforço para me proporcionar uma educação de qualidade.

À minha namorada, Helena, por me acompanhar e apoiar em todos os momentos.

Ao Prof. Dr. Flávio Rodrigues do Nascimento, pela orientação de monografia, sempre disposto a ensinar com paciência e gentileza.

Aos professores participantes da banca examinadora, Dr. Francisco Leandro de Almeida Santos e Me. Victor Hugo Holanda Oliveira, por terem aceitado avaliar e contribuir com esse trabalho através de valiosas considerações.

Ao Prof. Dr. Jader de Oliveira Santos, pelas orientações no Programa de Iniciação à Docência (PID) e no estágio profissional, os quais atuei como bolsista por quase quatro anos.

A todos os professores do Departamento de Geografia, que contribuíram efetivamente na minha formação.

Aos meus colegas de graduação, Breno, Ezequiel, Fernando, João Pedro, José, Kildere, Moisés, Samuel, Victor e tantos outros, que estiveram juntos comigo em todo o decorrer dessa etapa e fizeram-na dela algo incrível.

Aos meus antigos colegas de empresa júnior, GeoMaps Consultoria, os quais tive prazer de compartilhar minha primeira experiência profissional, em especial minha amiga Beatriz.

Aos meus colegas de trabalho, Terra Consultoria Ambiental, em especial aos integrantes do corpo técnico, Geny, Larissa, Ramon, Raquel, Samara, Thamyres, Victor, Wanderson e Wilgner, pela convivência diária, incentivos, reflexões, críticas e ensinamentos.

Aos meus amigos de longa data, Alan, Karen, Keven e Leonardo.

Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A Serra da Meruoca é um ambiente de exceção no contexto do Semiárido Nordeste, visto que possui características geomorfológicas e climáticas bem diferentes das áreas adjacentes. Sua topografia acentuada, com desníveis variando de 600 a mais de 1.000 metros, associados aos avanços da exploração dos recursos naturais e expansão da área antropizada, através da degradação ao longo dos anos, são os principais fatores que geram um estado de instabilidade na Serra da Meruoca, favorecendo até mesmo a ocorrência de desastres naturais. Este trabalho tem como objetivo definir os setores com maior nível de susceptibilidade aos deslizamentos de massa, levando em consideração a geomorfologia como critério fundamental de análise. A metodologia utilizada mapeou o relevo do maciço em 4 (quatro) subcompartmentos: topo, vertente, planície alveolar e fundo de vale. Posterior definiu-se o grau de susceptibilidade de cada classe a partir da análise das respectivas dinâmicas dominantes em cada compartimento mapeado (área produtora de material/sedimentos, erosão e sedimentação). A pesquisa está dividida em três etapas: levantamentos bibliográficos documentais; elaboração da cartografia básica e temática; e integralização de dados e proposições. Como resultado, observou-se que as regiões mais susceptíveis aos deslizamentos são as correspondentes às vertentes, onde a topografia fortemente acidentada juntamente com os quadros de degradação ambiental confere a este compartimento de relevo, um elevado grau de instabilidade. Portanto, fica evidente a necessidade de ações de mitigação e monitoramento na Serra da Meruoca, sobretudo de suas encostas.

Palavras-chave: Maciços Residuais; Geomorfologia, Susceptibilidade Ambiental; Deslizamentos de Massa.

ABSTRACT

The Meruoca Mountain stands out as an exceptional environment within the context of the Northeastern Semiarid region, given its geomorphological and climatic characteristics that differ significantly from adjacent areas. Its steep topography, with elevations ranging from 600 to over 1.000 meters, coupled with the advancements in natural resource exploitation and the expansion of anthropized areas through degradation over the years, are the main factors contributing to an unstable state in the Meruoca Mountain, even fostering the occurrence of natural disasters. This study aims to identify sectors with a higher susceptibility to mass movements, taking into account geomorphology as a fundamental criterion for analysis. The methodology used mapped the relief of the massif into four subcompartments: summit, slope, alluvial plain, and valley floor. The degree of susceptibility for each class was then determined based on the analysis of the dominant dynamics in each mapped compartment (areas producing material/sediments, erosion, and sedimentation). The research is divided into three stages: documentary bibliographic surveys, the development of basic and thematic cartography, and data integration and propositions. As a result, it was observed that the regions most susceptible to landslides are those corresponding to the slopes, where the rugged topography, combined with environmental degradation, confers a high degree of instability to this relief compartment. Therefore, the need for mitigation and monitoring actions in the Meruoca Mountain, especially on its slopes, is evident.

Keywords: Residual Massifs; Geomorphology, Environmental Susceptibility; Mass Landslides.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ilustração de Escorregamentos Rotacionais (A) e Translacionais (B)	26
Figura 2 – Fluxograma da produção de mapas	37
Figura 3 – Maciço Residual Serra da Meruoca/CE	42
Figura 4 – Platô em colinas (Sede de Meruoca)	44
Figura 5 – Torres Graníticas na Serra da Meruoca/CE	45
Figura 6 – Caos de Blocos na Serra da Meruoca/CE	45

LISTA DE MAPAS

Mapa 1	– Enclaves Úmidos e Subúmidos do Nordeste	18
Mapa 2	– Mapa de Localização da Serra da Meruoca/CE	39
Mapa 3	– Mapas temáticos e imagens: (a) elevação; (b) declividade; (c) hidrografia; (d) imageamento orbital	43
Mapa 4	– Mapa Geomorfológico da Serra da Meruoca/CE	46
Mapa 5	– Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos de Massa da Serra da Meruoca/CE	50

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Formas do relevo em porcentagem, referente à área total	47
Gráfico 2 – Susceptibilidade em porcentagem, referente à área total	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais causas dos movimentos de massa	23
Quadro 2 – Comparação entre as classificações de Freire (1965), Guidicini e Nieble (1984) e IPT (1991)	25
Quadro 3 – Referências sobre geografia física, geomorfologia e maciços residuais	30
Quadro 4 – Referências sobre risco, vulnerabilidade e susceptibilidade	30
Quadro 5 – Referências sobre movimentos de massa	30
Quadro 6 – Referências sobre planejamento ambiental	31
Quadro 7 – Referências sobre o uso de geotecnologias	31
Quadro 8 – Referências sobre estudos, legislações e movimentos relacionados a conservação do meio ambiente	31
Quadro 9 – Fonte das informações e dados para construção dos produtos cartográficos	33
Quadro 10 – Detalhamento do processo <i>r. recode</i> para reclassificação de pixels de altimetria	34
Quadro 11 – Detalhamento do processo <i>r. reclass</i> para reclassificação de pixels de declividade	35
Quadro 12 – Detalhamento da classificação do relevo a partir dos dados de declividade	36
Quadro 13 – Susceptibilidade a deslizamentos de massa de acordo com a classificação do relevo	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
APA	Área de Proteção Ambiental
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
MMA	Ministério do Meio Ambiente
SCP	Semi-Automatic Classification Plugin
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
UC	Unidade de Conservação
USGS	United States Geological Survey
UTM	Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	CONCEITOS E TEMAS FUNDAMENTAIS	16
2.1	Maciços Residuais Cristalinos	16
2.2	Risco, Vulnerabilidade e Susceptibilidade	19
2.3	Movimentos de Massa	22
2.4	Degradação e impacto ambiental associados ao deslizamento de encosta	27
3	PROCEDIMENTOS TÉCNICO-METODOLÓGICOS	29
3.1	Levantamentos bibliográficos documentais	29
3.2	Elaboração de cartografia básica e temática	31
3.2.1	<i>Produtos utilizados na confecção dos mapas</i>	32
3.3	Integralização de dados e proposições	37
4	CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DA SERRA DA MERUOCA/CE	38
5	AÇÕES MITIGADORAS E QUESTÕES FINAIS	52
	REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

Na segunda metade do século XX os problemas ambientais se intensificaram e começaram a surgir com maior visibilidade nos diversos setores da população, o que ocorreu principalmente por conta do fortalecimento do crescimento econômico mundial. Por conta disso, há o surgimento dos movimentos ecologistas com o objetivo de pôr à frente o alerta ao que a ação humana poderia causar ao meio ambiente (DIAS, 2005).

Exemplos exponenciais desses movimentos são os pioneiros encontros do Clube de Roma (1971) e a Conferência de Estocolmo (1972), que debateram sobre os riscos da degradação ambiental e apresentaram documentos sobre o assunto, como o Relatório Meadows (MEADOWS *et al.*, 1972) e a Carta de Princípios, respectivamente. Posteriormente, o Relatório Brutland (1987), a Conferência de Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO 92), o Protocolo de Quioto (1997) e a Rio + 20 (2012) firmaram a pauta ambiental nas discussões internacionais.

Para Gama, Carvalho e Carvalho Júnior (2012), já no final do século XX, têm-se a ideia do planejamento ambiental como resposta ao desenvolvimento tecnológico e o aumento da competição por terras e aumento da exploração de recursos naturais como consequência. Ou seja, como forma de mitigar os diversos impactos negativos ao meio ambiente, gerados pela própria irracionalidade humana na modernidade.

Neste contexto, as Terras Secas vêm passando por sérios problemas ambientais relacionados à degradação da terra, com o desmatamento, queimadas e perdas de solos com acelerada erosão em função do manejo inadequado dos recursos naturais. Sendo assim, pontilhados e dispersos em meio ao semiárido do Brasil, têm-se os maciços, cristais residuais e inserlbergs.

Os maciços podem ser classificados como altos (acima de 600 m) e os baixos, (abaixo de 600 m). Decorrente disto, em razão de sua altimetria, podem ocorrer áreas de exceção com resquícios de vegetação montana perenifólia ou plúvio-nebular. (SOUZA, 2000; NASCIMENTO, 2006; SOUZA; OLIVEIRA, 2006).

Nestes maciços, os movimentos de massa ocorrem com mais frequência nos períodos úmidos, verão-outono no Hemisfério Sul, quando as chuvas são muito concentradas de fevereiro a maio. A exemplo, tem-se as recentes tragédias causadas por deslizamentos ocorridas na Serra do Mar/SP (fevereiro de 2023) e em Aratuba/CE (abril de 2023), que deixaram vítimas, desaparecidos e desabrigados.

Desse modo, as condições geomorfológicas dessas feições precisam ser melhor conhecidas, para que as áreas susceptíveis de movimento de massas possam ser identificadas, mapeadas e mitigadas. Mesmo por que, com o aumento da degradação ambiental, os sertões semiáridos com suas caatingas vem sofrendo muito, assim como os maciços residuais, sobretudo nos úmidos, esse quadro é comum e vem aumentando os problemas ambientais nestas serras como, por exemplo, a intensificação dos processos de solifluxão e movimentos de massas.

Portanto, este trabalho faz a análise geomorfológica do Maciço Residual Serra da Meruoca/CE, localizado na Região Noroeste do estado do Ceará, com o mapeamento das áreas e do nível de susceptibilidade a deslizamentos de massa em um ambiente de exceção morfoclimática no semiárido regional, isto é, em um brejo de altitude. Destaca-se, acerca da perspectiva de análise, a utilização da declividade como o principal fator de caracterização da vulnerabilidade para os deslizamentos de massa.

A partir disto o objetivo geral deste trabalho é: definir os setores com susceptibilidade aos deslizamentos de massa no Maciço Residual Serra da Meruoca/CE através da análise da geomorfologia.

E os principais objetivos específicos que delineiam dessa pesquisa são:

- a) Caracterizar a geomorfologia da Serra da Meruoca/CE;
- b) Identificar as formas do relevo;
- c) Determinar o grau de susceptibilidade a deslizamentos de massa do Maciço Residual;
- d) Apresentar propostas de uso sustentável para a Serra da Meruoca em face da susceptibilidade de deslizamentos de encostas.

2 CONCEITOS E TEMAS FUNDAMENTAIS

2.1 Maciços Residuais Cristalinos

A região Nordeste está inserida no Domínios das Depressões Interplanálticas Semiáridas do Nordeste que, como caracteriza que são: “regiões de depressões interplanálticas reduzidas a verdadeiras superfícies de erosão”, com rochas de fraca decomposição, drenagens intermitentes sazonais extensivas e volume global de precipitações irregulares (AB’SÁBER, 2012).

Contudo, tem-se nos Maciços Residuais Cristalinos exemplos de ambientes com diferentes condições geoambientais ao que é esperado no domínio citado. Esses maciços podem ser subdivididos em Serras Altas/Úmidas e Subúmidas, com altitudes superiores a 600 m, comportando-se como paisagens de exceção, “ilhas” de umidade/enclaves em meio ao contexto do Nordeste recoberto predominantemente da Caatinga Semiárida. E Serras Secas, quando com altitudes abaixo de 600 m, possuem características climáticas, pedológicas e ecológicas equivalentes às encontradas na Depressão Sertaneja (SOUZA, 1989; SOUZA; LIMA; PAIVA, 1979).

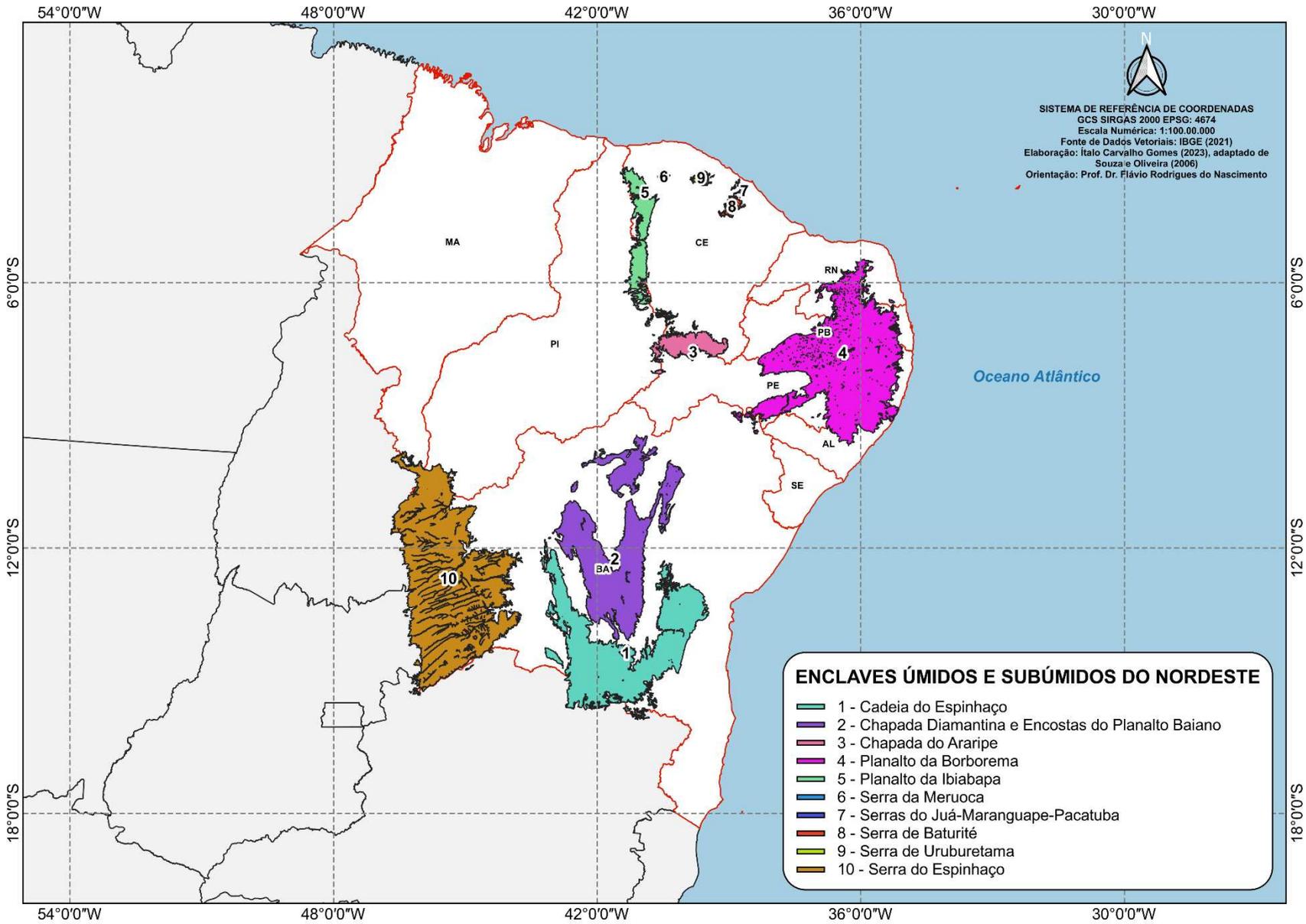
Para Lima, Moraes e Souza (2000) os Maciços Residuais e a Depressões Sertanejas se inserem no domínio dos Escudos e Maciços Antigos. Representando o maior domínio em extensão territorial do estado do Ceará ($\frac{2}{3}$ do Território total), possui litologias majoritariamente pré-cambrianas, formas de relevo que remontam à ação tectônica-estrutural e exibem a relação dessas com as condições “flutuantes” do clima no Cenozoico.

Os Maciços Residuais Cristalinos classificados como Altos possuem como características dominantes superfícies elevadas acima de 600-700 m, relevos sujeitos a fortes processos intempéricos químicos, resultando na morfogênese de topos de morros convexos e aguçados. Estão submetidos às condições climáticas úmidas e subúmidas com cotas de precipitações superiores a 900 mm. Decorre daí padrões de drenagem dendríticos e subdendríticos; condições edafoclimáticas que favorecem o desenvolvimento de atividades agrícolas policultoras associando a vegetação de brejo remanescente. Além de características de interseção entre as serras secas e os ambientes das depressões sertanejas semiáridas adjacentes (SOUZA, 2000).

Ressalta-se ainda sobre a evolução morfológica desses maciços no que se refere a erosão diferencial, ou seja, “onde as litologias menos resistentes ao intemperismo e à erosão são arrasadas e as de maior resistência formam relevos individualizados por depressões aplainadas” (LIMA, 2016, p. 63).

Os principais maciços residuais do Nordeste, como ilustrados na Figura 1, são a Chapada do Araripe, o Planalto da Ibiapaba, e as Serras da Meruoca, Juá, Maranguape, Pacatuba, Baturité e Uruburetama (CE); o Planalto da Borborema (RN, PB, PE e AL), a Chapada Diamantina e as Serras da Cadeia do Espinhaço (BA). Têm bom potencial hídrico de superfície e solos com média a alta fertilidade natural, e a principal limitação ao uso é de natureza morfológica, como apontam Souza e Oliveira (2006) sobre os enclaves úmidos e subúmidos do semiárido brasileiro.

Mapa 1– Enclaves úmidos e subúmidos do Nordeste.



Fonte: elaborado pelo autor.

Oliveira (2018) sobre a vilegiatura e urbanização em cidades serranas do Nordeste brasileiro remonta a ocupação dessas paisagens, desde a apropriação portuguesa às ocupações de resistência dos indígenas nas serras como forma de refúgios seguros – de encontro a marcha colonizadora europeia. Contemporaneamente, essas regiões mais povoadas que as áreas dos municípios da depressão sertaneja, justamente pela oferta hídrica, de pastagens e de recursos naturais, se tornaram estâncias. O território passou a ser modernizado, parcelado, comercializado em loteamentos sob a ação de empreendimentos imobiliários, atraindo empresas, negócios e serviços turísticos e de hotelaria.

Destaca-se o termo vilegiatura como forma de explicitar o crescimento exponencial das práticas de lazer de segundas residências nas serras, relacionadas aos investimentos no turismo oriundos das esferas públicas e privadas. Assim, vê-se a figura da ação antrópica como um agente histórico ativo e constante de transformação.

Tradicionalmente essas regiões serranas, principalmente no Ceará, são atreladas fortemente ao setor da agricultura por conta da ocorrência de precipitações pluviométricas mais regulares e abundantes devido à situação orográfica, tendo solos mais férteis e áreas de florestas remanescentes que constituem um rico habitat para a biodiversidade (FALCÃO; SILVA, 2002).

Tal concepção é ressaltada por Falcão e Silva (2002, p. 18) quando afirmam e destacam que:

As áreas serranas são de fundamental importância pela quase totalidade da sua produção agrícola, e como tal deveriam ser as primeiras a receberem maiores cuidados, no sentido de conservar ou recuperar os seus solos, que geralmente são altamente suscetíveis aos processos erosivos decorrentes da atividade de produção agrícola, principalmente nas áreas de “brejo”, ou seja, acima de 600 m.

Deve-se atentar que a estabilidade ambiental nessas regiões depende das florestas e com o desmatamento descontrolado os riscos de erosão se atenuam (SOUZA *et al.*, 2011).

2.2 Risco, Vulnerabilidade e Susceptibilidade

Há muito tempo o homem se preocupa com a compreensão de risco, sendo datado até mesmo de uma época pré-científica (REBELO, 1999). Não sendo surpreendente aceitar a existência de variadas visões sobre o termo a depender da bibliografia tratada. Para Olímpio e Zanella (2017), ao abordar o risco sob o senso comum, há vinculação com a possibilidade de um dano que não pressupõe dependência com a vontade dos agentes envolvidos.

Para Kervern (1995), três períodos são os principais que demonstram o entendimento de risco e a maneira de agir quanto ao modo de minimizá-los das sociedades através do tempo: a Idade do Sangue, a Idade das Lágrimas e a Idade dos Neurônios.

A Idade do Sangue se refere às primeiras civilizações até o advento do cristianismo, onde o homem realizava sacrifícios ritualísticos como forma de agradar suas divindades, buscando misericórdia e futuras bênçãos (OLÍMPIO; ZANELLA, 2017). Tuan (2005) contribui na discussão ao ilustrar que essas tradições eram formas dos indivíduos ou comunidades de superar o medo relacionado a imprevisibilidade da natureza, como a ocorrência de desastres naturais e tinham o papel de trazer de volta a segurança e sustentar um equilíbrio da vida social.

Na Idade das Lágrimas, marcada pelo advento do cristianismo, os indivíduos passaram a clamar pelas misericórdias de Deus através de preces, procissões e cultos. Os riscos, nesse momento, seriam independentes da ação humana e relacionados ao poder divino, muitas vezes como forma de punição pelos pecados cometidos (OLÍMPIO; ZANELLA, 2017).

Por último, a Idade dos Neurônios trata-se do período onde o homem passa a encarar os riscos como elementos inerentes da própria natureza, onde essa seria a própria causa dos desastres, como terremotos e enchentes. É marcado pelo racionalismo como forma de controle dos fenômenos naturais, fortemente influenciado pelo cunho científico-capitalista das sociedades (MARANDOLA JR., 2014; OLÍMPIO; ZANELLA, 2017)

Tendo em vista as diferentes visões de risco e o modo de proceder diante deles, a construção de um significativo arcabouço teórico sobre o tema é de grande valia para a Geografia.

No presente trabalho será utilizada a nomenclatura, tanto de risco quanto de outros conceitos relacionados, proposta pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (2007), que define:

I) Evento: Fenômeno com características, dimensões e localização geográfica registrada no tempo, sem causar danos econômicos e/ou sociais;

II) Perigo (Hazard): Condição ou fenômeno com potencial para causar uma consequência desagradável;

III) Vulnerabilidade: Grau de perda para um dado elemento, grupo ou comunidade dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo;

IV) Suscetibilidade: Indica a potencialidade de ocorrência de processos naturais e induzidos em uma dada área, expressando-se segundo classes de probabilidade de ocorrência;

V) Risco: Relação entre a possibilidade de ocorrência de um dado processo ou fenômeno, e a magnitude de danos ou consequências sociais e/ou econômicas sobre um dado elemento, grupo ou comunidade. Quanto maior a vulnerabilidade, maior o risco;

VI) Área de Risco: Área passível de ser atingida por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais. Normalmente, no contexto das cidades brasileiras, essas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda (assentamentos precários).

Pontos importantes podem ser destacados, como a diferenciação com clareza dos termos risco e perigo, visto a proximidade dos conceitos. O primeiro se refere aos fenômenos naturais que compreendem a probabilidade de desestabilizar um ciclo natural conhecido pela sociedade, tais quais terremotos, erupções vulcânicas, furacões etc. Enquanto o segundo, perigo, traduz a susceptibilidade de uma população à determinado evento quando essa passa a ser conhecido, portanto, quando está posto em um contexto social (MENEZES JÚNIOR; SILVA, 2015).

Há várias maneiras de definir os conceitos de risco [...], devido às diversas áreas de conhecimento que fazem uso deles, porém, a abordagem dá-se através de perspectivas diferenciadas. [...] o risco como conceito parte do discurso linguístico, tem-se constituído na trajetória histórica e cultural das sociedades e deve ser sempre pensado como processo e não como variável em si. (JANCZURA, 2012, p. 302).

Em complemento, os estudos de Almeida (2011) e Tominaga (2009) dizem que perigo é a probabilidade de sucessão de um determinado fenômeno, processo ou ação/omissão humana, cuja ocorrência tem potencial de causar danos à vida, aos bens e ao meio. Associadamente, pode desencadear rupturas sociais, econômicas, políticas e ambientais em decorrência.

Trazem-se além disso, os conceitos de vulnerabilidade e susceptibilidade, diretamente ligados ao risco e associáveis entre si.

Zanella *et al.* (2013) afirma que a vulnerabilidade é uma noção decorrente de diversos fenômenos, causas e consequências diversas, que afetam distintamente pessoas e grupos sociais, podendo ser medida através das condições culturais, étnicas, políticas, econômicas, educacionais, sociais e de saúde do afetado. Nesse caso, a pobreza é um exemplo de elemento que contribui para o aumento do risco (CARNEIRO; VEIGA, 2004), associada pela vulnerabilidade, visto que, como afirma Janczura:

A ausência de recursos materiais alimentará outras fragilidades: baixa escolarização, condições precárias de saúde e de nutrição, moradias precárias em locais ambientalmente degradados e condições sanitárias inadequadas (necessidades insatisfeitas). Famílias e pessoas em tais condições de vida disporão de um repertório mais reduzido para enfrentar as adversidades. (JANCZURA, 2012, P. 304).

Enquanto a vulnerabilidade tem estreita relação com as condições socioambientais, a susceptibilidade traz uma maior atenção aos próprios fenômenos naturais, tendo a interferência das sociedades como fatores de aceleração ou retardamento (GIRÃO; RABELO; ZANELLA, 2018). Ainda sobre isso, Girão, Rabelo e Zanella (*op cit*, p. 73) dizem que “a susceptibilidade é específica a um fenômeno. Assim, as características do meio podem o tornar mais vulnerável aos movimentos de massa e menos as inundações, por exemplo”.

Outro ponto de atenção refere-se à localização do espaço que ocorre evento natural intenso, visto que: caso ocorra em uma área desabitada será apenas um fenômeno natural; caso ocorra em um sistema social mais ou menos vulnerável, será um desastre natural atrelado a um perigo natural anterior (OLÍMPIO; ZANELLA, 2017).

Os conceitos de vulnerabilidade, susceptibilidade e risco, sendo associáveis e particulares entre si, não são restritos ao ambiente natural, mas incluem a variável humana como agente ativo de modificação do espaço físico.

Essa discussão entra com grande utilidade no presente trabalho pois, ao considerar a interação entre os diversos fatores geomorfológicos, e a forma de como eles incidem no espaço, consolidando condições de maior ou menor vulnerabilidade social e suscetibilidade aos riscos geomorfológicos (GIRÃO; RABELO; ZANELLA, 2018).

2.3 Movimentos de Massa

Saito, Soriano e Londe (2015) afirmam que fenômenos naturais ocorrentes em função da dinâmica natural da Terra, como movimentos de massa, terremotos e inundações, são denominados desastres naturais quando geram prejuízos econômicos, ambientais ou humanos à indivíduos ou grupos sociais. No Brasil, esses são, principalmente, oriundos da ação de agentes externos e geralmente associados a eventos pluviométricos de grande extensão e intensidade nas estações chuvosas (TOMINAGA, 2009).

Em meio aos fenômenos relacionados a desastres naturais, no país, estão os movimentos de massa. Tais movimentos são processos naturais contínuos da dinâmica externa, assim como o intemperismo e a erosão, que modelam a paisagem da superfície terrestre, como

apontam Fernandes e Amaral (1996). Segundo os mesmos autores, os movimentos de massa existem na natureza sob variados tipos, os quais envolvem diversos materiais, processos e fatores condicionantes.

Dentre os principais critérios utilizados para diferenciação dos tipos de movimentos de massa, destacam-se o tipo de material, a velocidade e o mecanismo do movimento, o modo de deformação, a geometria da massa movimentada e o conteúdo de água (SELBY, 1993).

Possuem causas naturais ou antrópicas ou a combinação de ambas – a exemplo do Quadro 1, que detalha as causas mais compatíveis no contexto do Brasil. “Essas têm habilidade de surtir efeitos variados, pois dependem de outros fatores, como declividade, morfologia do terreno, tipo de solo, rochas subjacentes e presença de pessoas ou estruturas” (SILVA, 2021, p. 25).

Destaca-se a ação antrópica, que possibilita o agravamento desse processo nas áreas urbanas, através da impermeabilização do solo e construções adensadas e, nas áreas rurais, da compactação dos solos, assoreamento de rios, e desmatamentos e queimadas (KOBAYAMA *et al.*, 2006).

Quadro 1 – Principais causas dos movimentos de massa.

CAUSAS FÍSICAS		<ul style="list-style-type: none"> · Precipitação intensa; · Precipitação intensa e prolongada; · Escoamento ou enchimento rápido (de inundações e marés); · Intemperismo redução/inchaço; · Inundação.
CAUSAS NATURAIS	Causas Geológicas	<ul style="list-style-type: none"> · Materiais frágeis, tais como sedimentos marinhos não consolidados; · Materiais intemperizados; · Materiais cisalhados; · Materiais diaclasados ou fissurados; · Descontinuidade de massa negativamente orientada (estratificação, xistosidade, etc.); · Descontinuidade estrutural orientada em contraste (falha, inconformidade, contato, etc.); · Contraste de permeabilidade; · Contraste de rigidez (material denso e rígido sobre material plástico).
	Causas Morfológicas	<ul style="list-style-type: none"> · Levantamento tectônico ou vulcânico; · Erosão fluvial na base da inclinação; · Erosão causada por ondas na base da encosta; · Erosão das margens laterais; · Erosão subterrânea · Deposição da carga no talude ou na sua crista; · Remoção de vegetação (incêndios florestais, seca).

CAUSAS HUMANAS	<ul style="list-style-type: none"> · Escavação do talude ou de sua base; · Uso de aterros instáveis para construções; · Carregamento sobre o declive ou sua crista, tais como aterros no topo de uma encosta; · Escoamento e enchimento de reservatórios; · Desmatamento (corte de árvores, extração de madeira, desmatamento para cultivo e estradas instáveis de acesso a florestas); · Irrigação de gramado; · Retenção de resíduos de mineração; · Vibração artificial (cravação de estacas, explosões, etc.); · Vazamento de água de infraestruturas; · Desvios de um rio, córrego ou corrente litorânea.
-----------------------	--

Fonte: Silva (2021), adaptado de Highland e Bobrowsky (2008).

Nesse contexto, Dikau (2004) destaca os deslizamentos nas encostas, tipo específico de movimento de tipo descendente, resultante de falha de cisalhamento ao longo de um plano bem definido. Fernandes e Amaral (1996, p. 123), por sua vez, apontam os deslizamentos “em função da sua interferência grande e persistente com as atividades do homem, da extrema variância de sua escala, da complexidade de causas e mecanismos, além da variedade de materiais envolvidos”.

Existem diferentes classificações para os movimentos, tanto nacionais quanto internacionais (RIFFEL, 2017). Isso se explica na maior parte das vezes pela influência das condições locais ou regionais em que os autores se encontram ou pela própria formação de cada um. Desse modo, podem seguir caminhos metodológicos de classificação com diferentes níveis de complexidade e aplicabilidade, baseados em diferentes princípios (GUIDICINE; NIEBLE, 1984).

Sharpe (1938) foi o autor de uma das primeiras classificações do tema supracitado, de grande aceite na literatura internacional, servindo como base para muitos estudos posteriores. Se fundamenta na correlação entre o tipo e a velocidade do movimento com o tipo de material em movimento, associado aos ambientes geomorfológicos e climáticos.

A classificação de Varnes (1978), baseada na classificação dos movimentos de massa de acordo com o mecanismo do movimento e o tipo de material envolvido transportado (rocha, detritos e solo), veio a ser uma das mais utilizadas pela sua simplicidade (TOMINAGA, 2007).

Consequente, Hutchinson (1988) propõe uma das mais complexas classificações. Tem como fundamentação a morfologia das massas em movimento e em critérios associados ao tipo de material, ao mecanismo de ruptura, à velocidade do movimento, às condições de

poro-pressão e às características da estrutura do solo. Por conta desse nível de complexidade, requer um grande volume de informações, o que dificulta sua utilização em campo (FERNANDES; AMARAL, 1996).

No Brasil, destacam-se os trabalhos de Freire (1965), Guidicini e Nieble (1984) e IPT (1991), os quais são comparados no Quadro 2.

Quadro 2 – Comparação entre as classificações de Freire (1965), Guidicini e Nieble (1984) e IPT (1991).

Freire (1965)	Guidicini e Nieble (1984)	IPT (1991)
		Rastejos
Escoamentos: Rastejos e Corridas	Escoamentos: Rastejos e Corridas	Corridas de massa
Escoamentos: Rotacionais e Translacionais	Escoamentos: Rotacionais, Translacionais, Queda de Blocos e Queda de Detritos	Escorregamentos
Subsidências e Desabamentos	Subsidências: Subsidências, Recalques e Desabamentos	Quedas/Tombamentos
	Formas de Transição	
	Movimentos Complexos	

Fonte: elaborado pelo autor, adaptado de Fernandes e Amaral (1996).

A classificação aplicada neste trabalho segue as terminologias de Guidicini e Nieble (1984) e IPT (1991), com destaque aos escorregamentos, classe mais importante dentre as formas de movimentos de massa. Serão desconsiderados os movimentos gravitacionais, genericamente chamados de rastejos, por se caracterizarem por processos lentos, contínuos e de menor importância econômica.

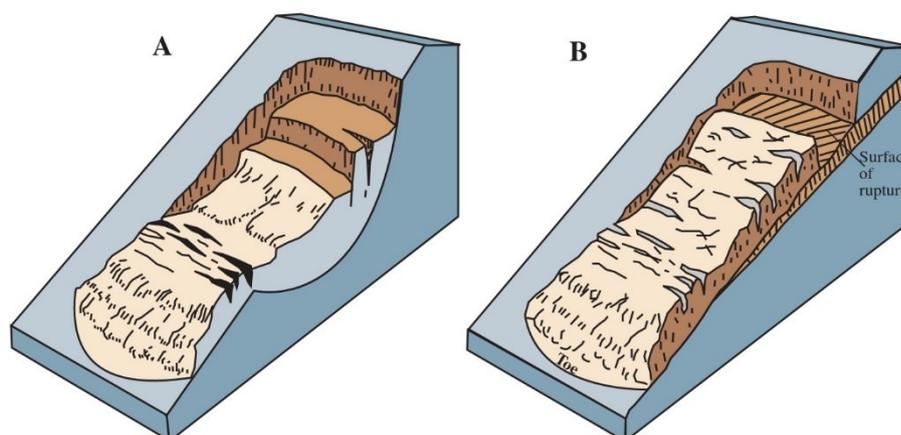
As chamadas “Corridas” (*flows*) são movimentos rápidos onde os materiais se comportam como fluidos viscosos, e geralmente estão associadas à concentração de fluxos d’água superficiais em algum ponto da encosta e deflagração de um processo de fluxo contínuo de material terroso (FERNANDES; AMARAL, 1996). Os fluxos de detritos, que são velozes, são os tipos mais destrutivos para estruturas, visto que na maioria das vezes ocorrem sem nenhum prenúncio.

Estes tendem a ser mais destrutivos, em comparação com os deslizamentos lentos, que permitem aplicação de medidas mitigadoras se tomadas a tempo (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008).

Os conhecidos “Escorregamentos” podem ser definidos como movimentos rápidos e de curta duração, onde o material deslizado e o estático são bem visíveis através a partir da observação do plano de ruptura. Os materiais movimentados podem ser diversos, como solos, rochas, saprólitos e outros tipos de resíduos, como lixo doméstico. De acordo com a forma do plano de ruptura, podem ser do tipo rotacional ou translacional (Figura 2).

Os escorregamentos Rotacionais (*slumps*) são caracterizados pela forma côncava da superfície de ruptura e estão relacionados com a existência de solos espessos e homogêneos. O início do movimento geralmente se dá em função do corte da base do material, seja causado por processos antrópicos ou naturais.

Figura 1 – Ilustração de Escorregamentos Rotacionais (A) e Translacionais (B).



Fonte: USGS (2006).

Enquanto isso, os Escorregamentos Translacionais, que é o tipo de movimento de massa mais frequente dentre todos, são caracterizados superfície de ruptura com forma plana, comprida e rasa, situada entre 0,5 m e 5,0 m de profundidade. Acompanham discontinuidades mecânicas e/ou hidrológicas no interior do material – aqui, as características morfológicas das encostas e as propriedades dos materiais são de grande importância, visto que na maioria das vezes os escorregamentos translacionais ocorrem durante períodos de precipitação intensa – e comumente influenciados por processos geológicos, geomorfológicos e pedológicos (FERNANDES; AMARAL, 1996).

Já as “Quedas de Blocos” são movimentos rápidos de blocos e/ou lascas de rocha caindo pela ação da gravidade sem a presença de uma superfície de deslizamento, na forma de queda livre (GUIDICINI; NIEBE, 1984). A ocorrência desse tipo de movimento é favorecida pela presença de discontinuidades na rocha, como fraturas e bandamentos composicionais, além da ação intempérica física e química (FERNANDES; AMARAL, 1996). O material

movimentado geralmente é rochoso e com geometria variável, como lascas, placas e blocos (AUGUSTO FILHO, 1992). Além disso, podem ser precedidas por movimentos menores decorrentes da progressiva separação do material de sua fonte (VARNES, 1978).

No geral, as principais condicionantes geológicas e geomorfológicas que atuam para eventos de movimentos de massa são: fraturas, falhas, foliamentos e bandamentos composicionais, descontinuidades no solo, morfologia da encosta e depósito de encosta (FERNANDES; AMARAL, 1996).

2.4 Degradação e impacto ambiental associados ao deslizamento de encosta (ou de massa)

Bergamo e Almeida (2006) afirmam que a necessidade cada vez maior de exploração dos recursos naturais como subsídio para a manutenção do processo de expansão desenfreado do modelo de economia contemporânea vigente (seja seguindo a tendência das políticas de modernização, das políticas relacionadas ao agronegócio ou até mesmo das políticas dos lazeres), usualmente, estão relacionados a falta de manejo do solo e da água, em áreas urbanas e rurais e ao processo de urbanização e de outros processos de uso e cobertura do solo não planejados. Esses, somados a fatores naturais (como declividade, tipos de relevo, tipos de solo, etc.) podem resultar na degradação ambiental de inúmeras áreas.

O impacto ambiental possui componentes espaciais e temporais, podendo ser descrito através das alterações nos parâmetros do meio ambiente, naturais ou sociais, durante certo período em uma determinada área. Ao longo dos anos, a problemática ambiental ou de degradação do meio ambiente pode ser classificada como um tipo de impacto que diminui as chances de um ecossistema sustentável. Essas alterações podem ocorrer em razão do uso inadequado do solo, com práticas não sustentáveis, trazidas de áreas de climas diferentes do local onde são implantadas, deixando impactos muitas vezes irreversíveis (CHRISTOFOLETTI, 1995).

Para efeito da resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA N° 01, de 23 de janeiro de 1986, em seu art. 1º, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- a) a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b) as atividades sociais e econômicas;
- c) a biota;
- d) as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

e) a qualidade dos recursos ambientais.

No contexto atual de mudanças ambientais relacionadas às atividades humanas, como a combinação do crescimento populacional a ocupação de novas áreas e a consequente pressão sobre o meio físico para exploração de recursos naturais, que se relacionam com as próprias condições ambientais das mais variadas áreas, as formas de relevo se evidenciam como componentes importantes no uso e ocupação. Com consequências negativas do crescimento urbano, os relevos podem ser ocupados irregularmente, proporcionando riscos associados à perigos ambientais, notadamente em áreas de vertentes.

Destaca-se a complexidade dos componentes geológicos e geomorfológicos, que associados à ação antrópica, contribuem para o surgimento de problemas geoambientais (GOMES; PEREIRA, 2014).

Como resposta aos impactos ambientais negativos e à degradação, aparecem como elementos importantes, as ferramentas de desenvolvimento sustentável, dentre elas, a prática do planejamento ambiental. Esse pode ser definido como o ordenamento e sistematização de ações e tarefas visando a conservação e a proteção ambiental, bem como um estudo de antecipação e proposição para resolução de possíveis problemas futuros no campo ambiental.

Quando o planejamento é realizado em escala municipal, ele pode ser visto como uma das variadas alternativas possíveis para a preservação, recuperação e conservação dos sistemas ambientais. Para tanto, devem ser levados em consideração muitos elementos, tais como hidrografia, pedologia, clima e geomorfologia (BERGAMO; ALMEIDA, 2006).

Bergamo e Almeida (2006) afirmam ainda que a geomorfologia é um importante elemento do planejamento ambiental, por ser algo intrínseco aos múltiplos aspectos da realidade ambiental, considerando elementos de ordem física, social, econômica e cultural. É através dela que se conheçam as unidades geomorfológicas, ou seja, “a descrição dos tipos e formas de relevo, padrões de drenagem, altimetria, declividade, processos de erosão e acumulação e/ou fragilidades e potencialidades de determinada área” (BERGAMO; ALMEIDA, 2006, p. 4).

Santos (2004) destaca a possibilidade de dedução do tipo e intensidade dos processos deposicionais e erosivos, a composição, distribuição e textura dos solos, além da capacidade potencial de usos, utilizando os estudos da conformação atual do terreno. Essa capacidade dá importância aos dados geomorfológicos, em associação com outros tipos de informações do meio, quanto a função de auxiliar na interpretação de fenômenos como inundações, variações climáticas locais, movimentos de massa e instabilidades de terrenos.

Nas Terras Secas (Áridas, Semiáridas e Subúmidas Secas), as chuvas torrenciais são comuns, concentradas no tempo e no espaço, de modo a produzir impactos hidrometeorológicos

intensos. Especialmente os brejos de altitude, com seus platôs e vertentes úmidas, podem ser potencialmente afetados e açodados pelas chuvas orográficas, aumentando o risco e a vulnerabilidade ao deslizamento de massa.

Assim, para o planejamento ambiental nesses ambientes, a geomorfologia pode ser utilizada para avaliar as intercessões entre a superfície do terreno, a localização e distribuição dos aglomerados humanos e o uso do solo limitado pela caracterização do relevo. Nesse trabalho, isso ocorre sob a perspectiva da análise da susceptibilidade a deslizamentos de massa, através do estudo das formas do relevo e do uso das tecnologias da geoinformação, como modo de subsídio para contribuições de práticas de mitigação de riscos ambientais, gestão e monitoramento de áreas, principalmente em encostas.

3 PROCEDIMENTOS TÉCNICO-METODOLÓGICOS

Os procedimentos técnico-metodológicos referentes à essa pesquisa foram divididos em três etapas: I. Levantamentos bibliográficos documentais; II. Elaboração de cartografia básica e temática; III. Integralização de dados e proposições.

A seguir serão detalhadas cada etapa planejada.

3.1 Levantamentos bibliográficos documentais

Essa etapa se constituiu na obtenção de informações relacionadas à temática da pesquisa, que subsidiou um arcabouço teórico referente aos conceitos de geografia física, geomorfologia, maciços residuais, movimentos de massa, risco, vulnerabilidade, suscetibilidade e impacto ambiental. Desse modo, foram consultadas bibliografias de autores de fundamental importância para o embasamento teórico desse trabalho.

Para compreender as características e dinâmicas ambientais recorrentes dos Maciços Residuais, além da caracterização geoambiental da Serra da Meruoca, foram estudadas diversas referências bibliográficas, que tratam sobre geografia física, geomorfologia e maciços residuais (Quadro 3).

Sobre os conceitos de risco, vulnerabilidade e susceptibilidade, foram utilizadas as referências presentes no Quadro 4.

Para o estado da arte acerca dos movimentos de massa, como conceituação, classificação e condicionantes, além de técnicas de monitoramento e gestão de encostas, foram consultados os autores listados no Quadro 5.

Referente ao planejamento ambiental e ao uso da geomorfologia como forma de auxílio do ordenamento territorial, foram buscadas as referências presentes no Quadro 6.

Para a elaboração do material cartográfico foram obtidas referências quanto ao uso de geotecnologias, tais como: Sistemas de Informações Geográficas (SIG), Sensoriamento Remoto e o Sistema de Posicionamento Global (GPS), além da análise de imagens orbitais, e a consulta das diversas funções disponíveis de SIGs destinados ao mapeamento e análise ambiental (Quadro 7).

Por fim, outros autores também contribuíram para a discussão trazendo referências sobre estudos, legislações e movimentos relacionados a conservação do meio ambiente (Quadro 8).

Quadro 3 – Referências sobre geografia física, geomorfologia e maciços residuais.

Autor	Autor
Ab'Sáber (2012)	Ferreira e Vieira (2000)
Álamo (1994)	Garcia <i>et al.</i> (2018)
Archanjo <i>et al.</i> (2009)	Gorayeb e Lima (2014)
Barreto (2018)	Lima (2016)
Bastos e Cordeiro (2012)	Nascimento (2006)
Brasil (1981)	Oliveira (2018)
Brito Neves (1999)	Pinéo e Palheta (2021)
Claudino-Sales e Pelvast (2007)	Souza (1988, 1989, 2000)
Dantas <i>et al.</i> (2014)	Souza <i>et al.</i> , (2011)
Falcão e Silva (2002)	Souza, Lima e Paiva (1979)
Feitosa (1998)	Souza e Oliveira (2006).

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 4 – Referências sobre risco, vulnerabilidade e susceptibilidade.

Autor	Autor
Almeida (2011)	Meneses Júnior e Silva (2015)
Carneiro e Veiga (2004)	Olímpio e Zanella (2017)
Girão, Rabelo e Zanella (2018)	Rebello (1999)
IPT (2007)	Tominaga (2009)
Janczura (2012)	Tuam (2005)
Kervern (1995)	Zanella <i>et al.</i> (2013).
Marandola Jr. (2014)	

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 5 – Referências sobre movimentos de massa.

Autor	Autor
Augusto Filho (1992)	Kobiyama <i>et al.</i> (2006)
Dikau (2004)	Riffel (2017)
Fernandes e Amaral (1996)	Saito, Soriano e Londe (2015)
Freire (1965)	Selby (1993)
Guidicine e Nieble (1984)	Sharpe (1938)
Highland e Bobrowsky (2008)	Silva (2021)
Fukuhara Yazaki <i>et al.</i> (2020)	Tominaga (2007)
Hutchinson (1988)	USGS (2006)
IPT (1991)	Varnes (1978).

Leão e Souza (2018)	
---------------------	--

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 6 – Referências sobre planejamento ambiental.

Autor	Autor
Bergamo e Almeida (2006)	Gomes e Pereira (2014)
Christofoletti (1995)	Santos (2004).
CONAMA (1986)	

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 7 – Referências sobre o uso de geotecnologias.

Autor	Autor
ASF DAAC (2001)	Meneses e Almeida (2012)
Câmara, Davis e Monteiro (2001)	NASA (2022)
EMBRAPA (1979)	Rosa (2005)
Figueiredo (2005)	Zaidan e Fernandes (2009).

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 8 – Referências sobre estudos, legislações e movimentos relacionados a conservação do meio ambiente.

Autor	Autor
Brasil (2000, 2008)	Gama, Carvalho e Carvalho Júnior (2012)
Dias (2005)	Meadows <i>et al.</i> (1972).

Fonte: elaborado pelo autor.

3.2 Elaboração de cartografia básica e temática

Os mapas foram elaborados por intermédio do uso de geotecnologias relacionadas aos produtos de sensoriamento remoto. As geotecnologias “são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica” (ROSA, 2005, p. 81).

As geotecnologias se demonstram como valiosas soluções em meio digital (hardware, software) que, por meio do processamento de dados, proporcionam a base para estudos em diversas áreas da ciência. Dentre elas, se destacam: o Sensoriamento Remoto, o Sistema de Posicionamento Global (GPS), os equipamentos topográficos, a cartografia digital, Fotogrametria, Banco de Dados Geográficos; *Web Mapping* e Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Câmara, Davis e Monteiro (2001) afirmam que o geoprocessamento é uma ferramenta que utiliza técnicas e métodos teóricos-matemáticos e computacionais relacionados à coleta, entrada, armazenamento, tratamento e processamento de dados. Assim, abrange as diferentes técnicas de processamento de dados espaciais, transformando-as em informações espaciais que são úteis para análises nas mais diversas áreas, através dos Sistemas de

Informações Geográficas (SIG). Sua utilidade é de grande valia pois, em um ambiente SIG, há a possibilidade de geoprocessar grandes quantidades de informações em um curto tempo.

O uso do SIG tem uma ligação direta com as tecnologias de sensoriamento remoto, pois proporciona com grande efetividade a integração entre dados de sensores remotos e dados de outras fontes, assim como a análise e tratamento desses dados.

No que diz respeito ao Sensoriamento Remoto, o conceito principal refere-se à obtenção de imagens dos objetos da superfície terrestre sem que haja um contato físico de qualquer espécie entre o sensor e o objeto. Essa obtenção é feita por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres. Portanto, está diretamente ligada ao entendimento dos fenômenos da natureza (MENESES; ALMEIDA, 2012).

Os sensores remotos dos satélites artificiais captam a energia refletida, através de ondas eletromagnéticas, pelos diversos objetos localizados na superfície terrestre e transforma essa energia em sinais elétricos que são compilados e transmitidos para estações receptoras de terra. Nessas estações as informações são transformadas em gráficos, tabelas ou imagens, onde através da interpretação desses dados é possível obter informações sobre a superfície terrestre (FIGUEIREDO, 2005).

Dessa forma, as imagens orbitais são de grande importância para os estudos ambientais, visto que possibilitam a análise de diversas características do meio ambiente – como geologia, geomorfologia, hidrografia, pedologia, uso e cobertura do solo etc. – ao decorrer do tempo. A partir disso se torna possível a produção de materiais cartográficos temáticos como mapas, através de bases cartográficas preexistentes e produtos de sensoriamento remoto (LIMA, 2016).

3.2.1 Produtos utilizados na confecção dos mapas

Os materiais cartográficos, constituídos de bases vetoriais e matriciais, utilizados na elaboração dos mapas foram adquiridos junto aos órgãos oficiais federais e estaduais que dispunham de bases de dados georreferenciados. Encontram-se listados no Quadro 9 todos os elementos utilizados para a construção dos produtos básicos e temáticos.

Quadro 9 – Fonte das informações e dados para construção dos produtos cartográficos.

Bases Cartográficas	Fonte	Locais de acesso
Divisão Territorial do Brasil	IBGE, 2021	https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html
Drenagens Superficiais do Estado do Ceará	COGERH, 2008	http://mapas.ipece.ce.gov.br/i3geo/ogc/index.php
Imagem ALOS PALSAR	ASF DATA SEACH, 2011	https://search.asf.alaska.edu/#/
Imagem LANDSAT	USGS, 2022	https://earthexplorer.usgs.gov/
Limites da Serra da Meruoca	IBGE, 2021	https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html
Limites Municipais do Estado do Ceará	IPECE, 2021	http://mapas.ipece.ce.gov.br/i3geo/ogc/index.php
Manchas Urbanas das Sedes Municipais do Estado do Ceará	IPECE, 2013	http://mapas.ipece.ce.gov.br/i3geo/ogc/index.php
Massas D'Água do Brasil	ANA, 2019	https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/7d054e5a-8cc9-403c-9f1a-085fd933610c
Rodovias Pavimentadas do Estado do Ceará	IPECE, 2018	http://mapas.ipece.ce.gov.br/i3geo/ogc/index.php
Sedes municipais e distritais (topônimos) do Estado do Ceará.	IPECE, 2018	http://mapas.ipece.ce.gov.br/i3geo/ogc/index.php

Fonte: elaborado pelo autor.

Toda a base cartográfica coletada e utilizada no trabalho foi processada utilizando o Sistema de Referência de Coordenadas em projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), DATUM SIRGAS 2000 Zona 24S (EPSG: 31984).

A imagem ALPSRP270877110, elaborada a partir dos dados do radar ALOS PALSAR, foi obtida na plataforma de banco de dados geomorfométricos ASF Data Search. Com uma resolução espacial de 12,5 m, possibilitou a confecção dos mapas de Hipsometria, Clinografia e Geomorfologia.

A imagem LC09_L1TP_218062_20220725_20220725_02_T1, elaborada a partir dos dados do sensor OLI/TIRS do satélite LANDSAT, foi obtida na plataforma de banco de dados orbitais *EarthExplorer da United States Geological Survey* – USGS. Com uma resolução espacial de 30 m, possibilitou a confecção do mapa de imageamento orbital.

Com as bases cartográficas e imagens adquiridas, foram confeccionados os mapas (básico e temáticos) referentes à localização da área, altimetria, declividade, hidrografia, geomorfologia, e suscetibilidade a deslizamentos de massa, além do imageamento orbital.

A construção para impressão dos mapas foi feita em uma escala cartográfica 1:125.000, adequando o tamanho da área com a dimensão da folha de papel A3 (29,7cm x 42,0 cm). O *software* utilizado para a confecção foi o ArcGIS (versão 10.8), em conjunto com os *softwares* livres Google Earth Pro e QGIS, versões 7.3.6.9345 e 3.28.5, respectivamente.

Deste modo, os mapas produzidos foram:

Mapa de Localização da Serra da Meruoca/CE: mapa base para compreensão da área de estudo e do seu entorno, confeccionado utilizando dados matriciais e vetoriais. Agrega informações de: limites da Serra da Meruoca, divisas estaduais, limites municipais, manchas urbanas, sedes municipais e sedes distritais, rodovias pavimentadas e massas d'água, além de uma imagem de satélite da área, obtida no *software* QGIS, acessando o banco de imagens do Google Satellite. A delimitação da Serra da Meruoca foi definida a partir do mapeamento geomorfológico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2021), fazendo um recorte do trabalho, de todo o país, para a área de estudo. Para fins estéticos, uma imagem de relevo sombreada foi gerada através do processo *Hillshade*, a partir da imagem ALOS PALSAR, também no QGIS, e utilizada sobreposta ao mapeamento. A construção do *layout* do mapa foi realizada no ArcGIS, sobrepondo imagens e outros dados cartográficos na escala cartográfica 1:125.000.

Mapa Hipsométrico da Serra da Meruoca/CE: referente à altimetria da área de estudo. A imagem obtida através do satélite ALOS PALSAR foi submetida ao processo *r.recode*, no QGIS, para recodificação dos valores de cada pixel em onze classes altimétricas (como detalhado no Quadro 4), permitindo assim, uma melhor visualização das informações. Para fins estéticos, uma imagem de relevo sombreada foi gerada através do processo *Hillshade*, também no QGIS, e utilizada sobreposta ao mapeamento. A construção do *layout* do mapa foi realizada no ArcGIS, sobrepondo as imagens e outros dados cartográficos na escala cartográfica 1:250.000.

Quadro 10 – Detalhamento do processo *r.recode* para reclassificação de pixels de altimetria.

Intervalos de altimetria em metros (m)	Classes de altimetria (elevação)	Regras de reclassificação (<i>r.recode</i>)
1 – 100	1	1:100:1
100 – 200	2	100.000001:200:2
200 – 300	3	200.000001:300:3
300 – 400	4	300.000001:400:4
400 – 500	5	400.000001:500:5

500 – 600	6	500.000001:600:6
600 – 700	7	600.000001:700:7
700 – 800	8	700.000001:800:8
800 – 900	9	800.000001:900:9
900 – 1000	10	900.000001:1000:10
Acima de 1.000	11	1000.000001:*:11

Fonte: elaborado pelo autor.

Mapa Clinográfico da Serra da Meruoca/CE: referente à declividade da área de estudo. A imagem obtida através do satélite ALOS PALSAR foi submetida ao processo *Slope*, do QGIS, para obtenção das declividades em porcentagem. Após isso, foi utilizado o processo *r.reclass*, também do QGIS, para reclassificar os valores de cada pixel em seis classes de declividade (como detalhado no Quadro 5), conforme a classificação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (1979). Para fins estéticos, uma imagem de relevo sombreada foi gerada através do processo *Hillshade*, também no QGIS, e utilizada sobreposta ao mapeamento. A construção do *layout* do mapa foi realizada no ArcGIS, sobrepondo as imagens e outros dados cartográficos na escala cartográfica 1:250.000.

Quadro 11 – Detalhamento do processo *r.reclass* para reclassificação de pixels de declividade.

Intervalos de declividade em porcentagem (%)	Relevo	Classes de declividade	Regras de reclassificação (<i>r.reclass</i>)
0 – 3	Plano	1	0.0000 thru 3.0000 = 1
3 – 8	Suave-Ondulado	2	3.0001 thru 8.0000 = 2
8 – 20	Ondulado	3	8.0001 thru 20.0000 = 3
20 – 45	Forte-Ondulado	4	20.0001 thru 45.0000 = 4
45 – 75	Montanhoso	5	45.0001 thru 75.0000 = 5
>75	Forte-Montanhoso	6	75.0001 thru 1000.0000 = 6

Fonte: elaborado pelo autor.

Mapa Hidrográfico da Serra da Meruoca/CE: referente à hidrografia da área de estudo. Refere-se às principais drenagens superficiais e corpos d'água existentes na região. Para fins estéticos, uma imagem de relevo sombreada foi gerada através do processo *Hillshade*, a partir da imagem ALOS PALSAR, também no QGIS, e utilizada sobreposta ao mapeamento.

A construção do *layout* do mapa foi realizada no ArcGIS, sobrepondo imagens e outros dados cartográficos na escala cartográfica 1:250.000.

Imageamento Orbital da Serra da Meruoca/CE: referente ao imageamento da área de estudo. A imagem obtida através do satélite LANDSAT foi submetida ao processo de correção da reflectância para o topo da atmosfera, através do plugin Semi-Automatic Classification Plugin (SCP), no QGIS. Após isso, foi utilizado o processo *Pansharpening*, também no SCP, para melhorar a resolução espacial em 15 m, possibilitando uma visualização do terreno com maior qualidade. Para fins estéticos, uma imagem de relevo sombreada foi gerada através do processo *Hillshade*, a partir da imagem ALOS PALSAR, também no QGIS, e utilizada sobreposta ao mapeamento. A construção do *layout* do mapa foi realizada no ArcGIS, sobrepondo as imagens e outros dados cartográficos na escala cartográfica 1:250.000.

Mapa Geomorfológico da Serra da Meruoca/CE: referente à geomorfologia da área de estudo. Seguindo metodologia adaptada de Zaidan e Fernandes (2009), foi confeccionado a partir da análise da imagem obtida através do satélite ALOS PALSAR, tratada para evidenciar a declividade em porcentagem, com o intuito de caracterizar o relevo em quatro classes: topo, vertente, planície alveolar e fundo de vale. Foi utilizado o processo *Raster to Polygon*, do ArcGIS, para transformar os dados matriciais em dados vetoriais.

As feições geradas em polígonos foram mescladas utilizando o software QGIS de acordo com as informações de declividade, em complemento com a altimetria, hidrografia e o imageamento orbital, de modo a uniformizá-las nas classificações do relevo pretendidas (como detalhado no Quadro 6). Para fins estéticos, uma imagem de relevo sombreada foi gerada através do processo *Hillshade*, também no QGIS, e utilizada sobreposta ao mapeamento. A construção do *layout* do mapa foi realizada no ArcGIS, sobrepondo imagens e outros dados cartográficos na escala cartográfica 1:125.000.

Quadro 12 – Detalhamento da classificação do relevo a partir dos dados de declividade.

Intervalos de declividade em porcentagem (%)	Relevo	Classes de declividade	Classificação do relevo
0 – 3	Plano	1	Topo, planície alveolar ou fundo de vale
3 – 8	Suave-Ondulado	2	Topo, planície alveolar ou fundo de vale
8 – 20	Ondulado	3	Vertente
20 – 45	Forte-Ondulado	4	Vertente

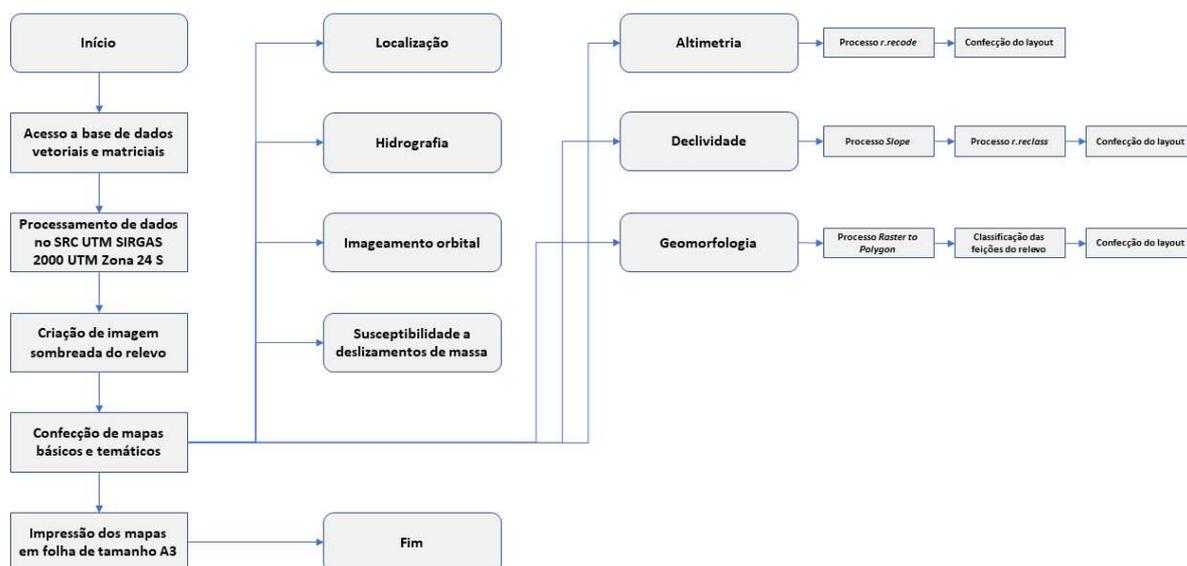
45 – 75	Montanhoso	5	Vertente
>75	Forte-Montanhoso	6	Vertente

Fonte: elaborado pelo autor.

Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos de Massa da Serra da Meruoca/CE:

referente às áreas suscetíveis a deslizamentos de massa das áreas de estudo, elaborado através de cruzamentos dos materiais cartográficos já confeccionados. Para tratar da vulnerabilidade, utilizou-se ainda a relação da estabilidade das áreas com as dinâmicas de intemperismo, erosão e deposição de sedimentos. Para fins estéticos, uma imagem de relevo sombreada foi gerada através do processo *Hillshade*, a partir da imagem ALOS PALSAR, também no QGIS, e utilizada sobreposta ao mapeamento. A construção do *layout* do mapa foi realizada no ArcGIS, sobrepondo imagens e outros dados cartográficos na escala cartográfica 1:125.000.

Figura 2 – Fluxograma da produção de mapas.



Fonte: elaborado pelo autor

3.3 Integralização de dados e proposições

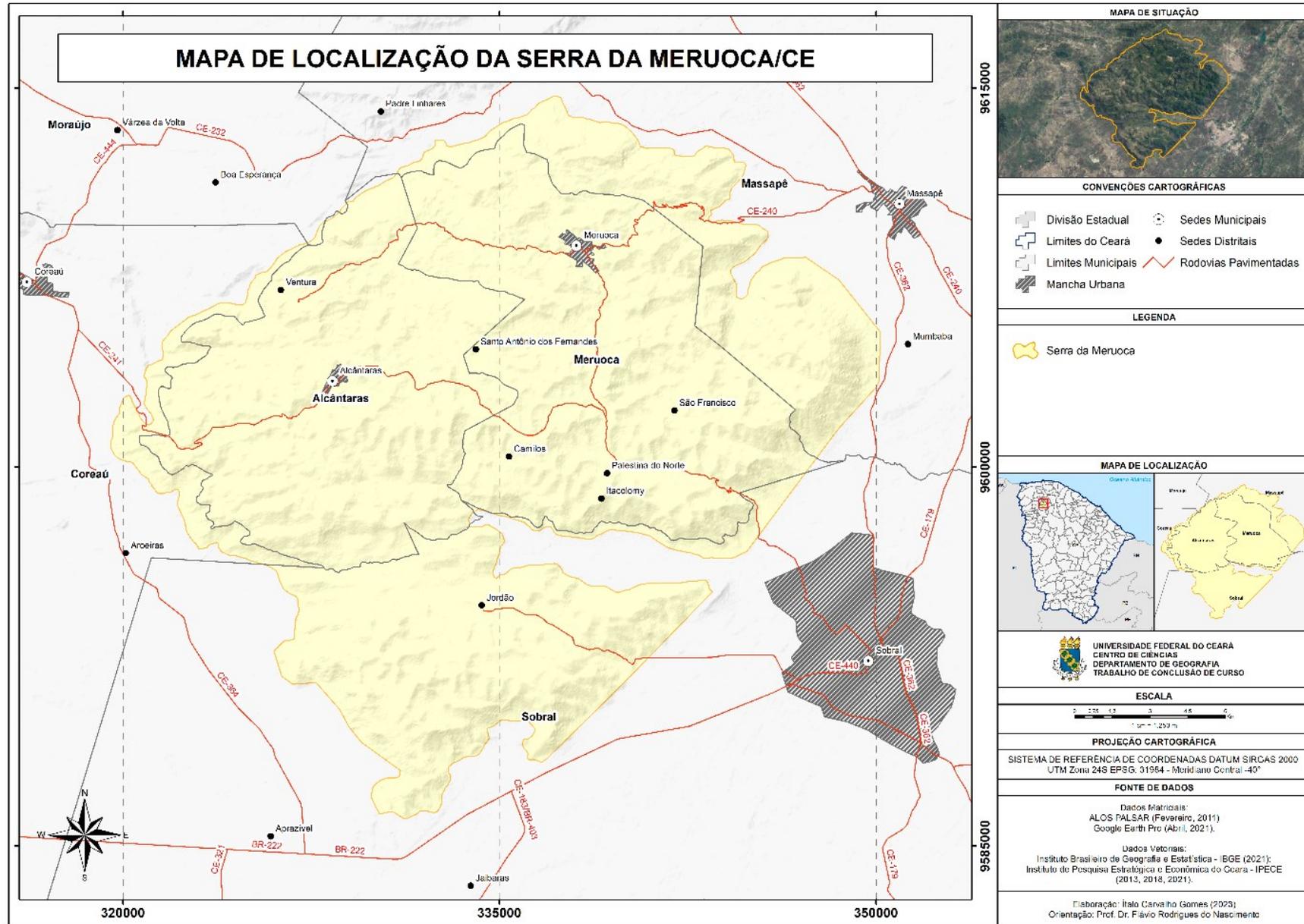
Na última etapa, os dados adquiridos nas etapas anteriores foram organizados e cruzados, para elaboração dos materiais finais que serviram para análise de diagnóstico final da área pesquisada.

Nessa última etapa se espera, com os materiais de diagnóstico, que levam em consideração as limitações de uso e cobertura do meio físico-natural visto por meio da susceptibilidade a eventos de deslizamentos de massa, contribuir para a gestão ambiental das áreas estudadas. Esse auxílio ocorrerá através de propostas de usos dos ambientes naturais e de técnicas de mitigação da degradação ambiental e de monitoramento de encostas.

4 CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DA SERRA DA MERUOCA/CE

A Meruoca está situada na Região Noroeste do estado do Ceará, a oeste do rio Acaraú, e contida em parte dos municípios de Alcântaras, Massapê, Meruoca e Sobral (Figura 3). Tem estrutura definida como um “*stock*” granítico com, respectivamente, comprimento e largura de 25 e 20 Km, sendo limitado a leste, nordeste, noroeste e sul por prolongamentos de falhas, e constituindo a borda ocidental do “*graben*” (fossa tectônica) do Jaibaras (SOUZA; OLIVEIRA, 2006).

Mapa 2 – Mapa de Localização da Serra da Meruoca/CE.



Fonte: elaborado pelo autor.

As reativações dessas falhas durante o cretáceo e o posterior processo erosivo foram responsáveis pelo arranjo do relevo granítico da Meruoca ao longo da falha Sobral-Pedro II (CLAUDINO-SALES; PELVAST, 2007).

A vertente noroeste possui influências da ZC Água Branca e da Falha Arapurina, a vertente sudoeste tem implicações da Falha Arapa, a vertente nordeste por ZC sem identificação específica e a vertente sudeste é afetada pela Falha Café – Ipueiras e pelo Lineamento Sobral – Pedro II; e, no interior dessa serra, há ocorrência de fraturas que cuja orientação é NE-SO (BARRETO, 2018). Por essas condições, a Serra da Meruoca se destaca como uma região sísmica.

Pelo ponto de vista geomorfológico, o Ceará é grandemente diverso, apresentando variados relevos desenvolvidos sobre rochas cristalinas, sedimentares e metamórficas de diferentes idades. Como feições predominantes na superfície cearense destacam-se as depressões sertanejas, mas não se pode deixar de acentuar outras feições residuais como os maciços residuais cristalinos e os campos de inselbergs (BASTOS; CORDEIRO, 2012).

É a partir dessa relação que podemos remontar e verificar o processo de formação e evolução das diferentes feições do nosso estado.

Não obstante, a evolução morfológica do Ceará é concernente da relação entre a morfologia antiga, com a Orogênese Brasileira e rifteamento da Pangeia em destaque; a morfoestrutura, relacionada aos materiais geológicos e suas resistências aos processos intempéricos e erosivos; e as ações morfoclimáticas, que participam da morfogênese esculpindo rochas mais resistentes e depositando sedimentos (BARRETO, 2018).

Segundo Barreto (2018, p. 52), ainda:

O relevo é composto da ação conjunta da morfotectônica, da morfoestrutura e dos aspectos morfoclimáticos em diferentes escalas espaciais e temporais. Assim, a compreensão da sua evolução se dá por meio do entendimento da ação desses três atributos, para que se possam delimitar e analisar o atual quadro geomorfológico.

O surgimento do Maciço Residual da Meruoca está relacionado aos processos de aglutinação supercontinental da placa sul-americana, em aproximadamente 750 Ma a 530 Ma, mais especificamente o terceiro dos quatro grandes processos que ocorreram no Neoproterozóico, coincidindo com a Orogênese Brasileira (BRITO NEVES, 1999).

Dantas *et al.* (2014) destaca, ao fim do curso da Orogênese Brasileira, a incidência de plutonismos graníticos, rochas metamórficas intrudidas de extensos plútons e batólitos graníticos originados de antigos arcos magmáticos do Neoproterozóico. É nesse contexto que

se encontra a Serra da Meruoca, um registro de processos magmáticos pós-tectônicos (GORAYEB; LIMA, 2014).

De acordo com as Relações Tectonoestratigráficas Pré-Silurianas desenvolvidas por Pinéo e Palheta (2021) para a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), a Unidade Litoestratigráfica da Suíte Intrusiva Meruoca, onde está inserida a área de estudo, é datada do Cambriano (541-485 Ma).

Geocronologicamente, estudos apontam a idade U-Pb de 523 Ma (ARCHANJO *et al.*, 2009) e de 539 Ma (GARCIA *et al.*, 2018) para o Corpo Meruoca (e1ym). Esse apresenta como principais litotipos: hornblenda-ortoclásio graníticos, granodioritos, monzonitos, sienitos e microgranitos, de cores vermelha e rosa, granulação grossa e isotrópicos, além de dioritos.

A litoestratigrafia da área, como aponta o projeto RADAMBRASIL (BRASIL, 1981), integra a unidade dos Granitos Meruoca, Mucambo e Serra da Barriga do Cambriano. Sendo constituído por granitos que variam de róseo-claro a avermelhado (SOUZA; OLIVEIRA, 2006).

A Serra da Meruoca possui heterogeneidades em sua composição, sendo subdividida em Meruoca Norte e Meruoca Sul da Serra do Rosário, marcadas por uma zona de cisalhamento observada ao longo do vale do Riacho Boqueirão. A primeira está ao norte, possui maiores índices de umidade, o que reflete na vegetação de brejo, se enquadrando como um enclave úmido e sub-úmido (SOUZA; OLIVEIRA, 2006).

Já a segunda, na porção sul, apresenta menores precipitações e características que se assemelham à Depressão Sertaneja e às Serras Secas, como a vegetação herbácea-arbustiva xerófita típica da caatinga (SOUZA, 1988).

As condições de barlavento e sotavento conferem à Serra a identificação de duas vertentes, Vertente Úmida (a barlavento) e Vertente Seca (a sotavento). Essa diferenciação está diretamente relacionada ao conjunto da altimétrica com a exposição aos ventos úmidos provenientes do Oceano Atlântico. Tal combinação torna possível a ocorrência de chuvas orográficas.

Os maciços residuais são caracterizados por altitudes variando de 600 a 1.100 metros, e litologias de maior resistência, como granitos e quartzitos. No que se refere à Serra da Meruoca, possui níveis altimétricos que variam de 600 a mais de 1.000 metros, como pode ser visto na hipsometria da área (Figura 5 a).

Figura 3 – Maciço Residual da Meruoca/CE.



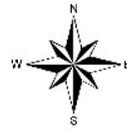
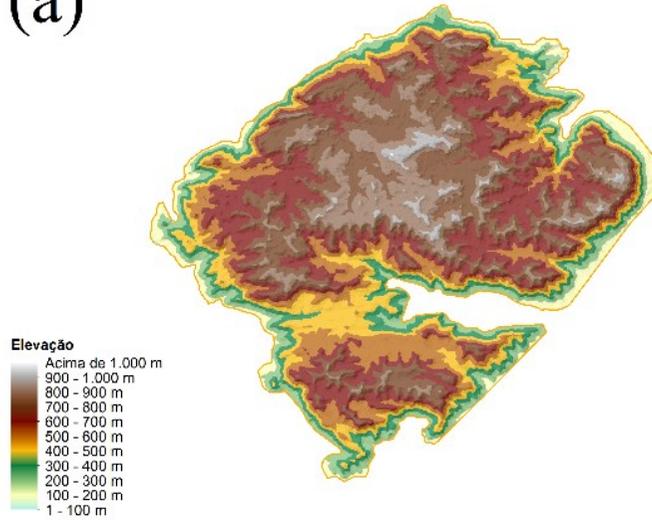
Fonte: BARRETO (2018).

Nas áreas mais rebaixadas existem depósitos colúvio-aluviais, que recebem os sedimentos das regiões de maior topografia. São classificadas, assim, como planícies alveolares, geralmente margeando planícies fluviais e corpos d'água.

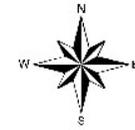
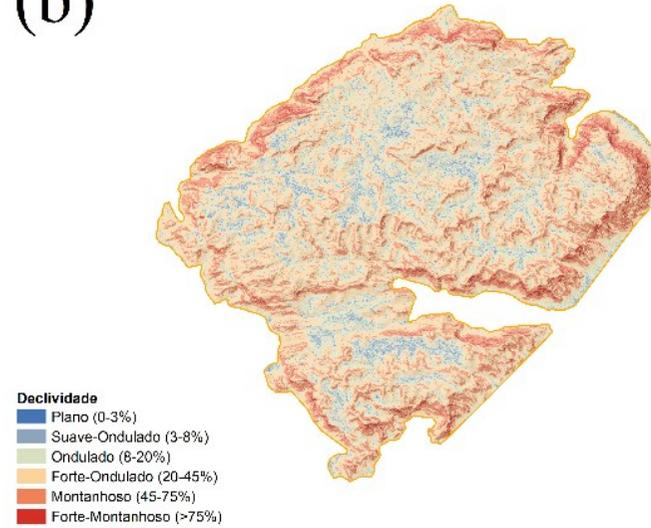
A Meruoca em sua maior parte possui agudos níveis de declividade em porcentagem. Como exemplo, 93,07% da área total da serra está classificada no intervalo entre as classes Ondulado (8-20%), Forte-Ondulado (20-45%), Montanhoso (45-75%) e Forte-Montanhoso (>75%), como ilustra a Figura 5 b.

Mapa 3 – Mapas temáticos e imagens: (a) elevação; (b) declividade; (c) hidrografia; (d) imageamento orbital.

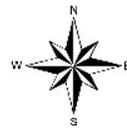
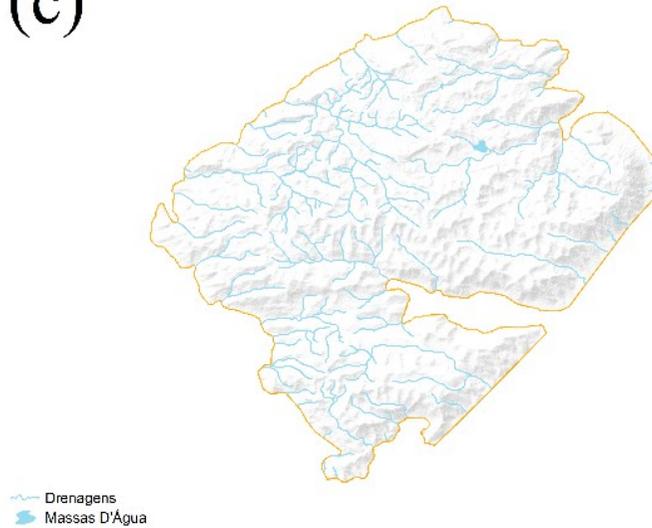
(a)



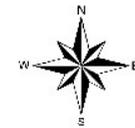
(b)



(c)



(d)



Fonte: elaborado pelo autor.

Sobre o relevo, a Vertente Úmida, localizada à barlavento, e o Platô Úmido, situado acima dos 700 m, da Meruoca estão submetidos à médias de precipitação pluviométrica anual entre 1.300 e 1.600 mm (FEITOSA, 1998), o que acaba favorecendo o intemperismo químico, a erosão lateral e os escoamentos laterais e difusos; o desenvolvimento de solos mais espessos; e uma vegetação de maior porte – mata úmida. O modelo do relevo tende a apresentar mais formas mais dissecadas, com topos convexos (colinas) e aguçados (cristas), vales em forma de V e encostas íngremes com ravinamentos (BRASIL, 1981; LIMA, 2016).

Figura 4 – Platô em colinas (Sede de Meruoca).



Fonte: Frederico de Holanda Bastos (2015).

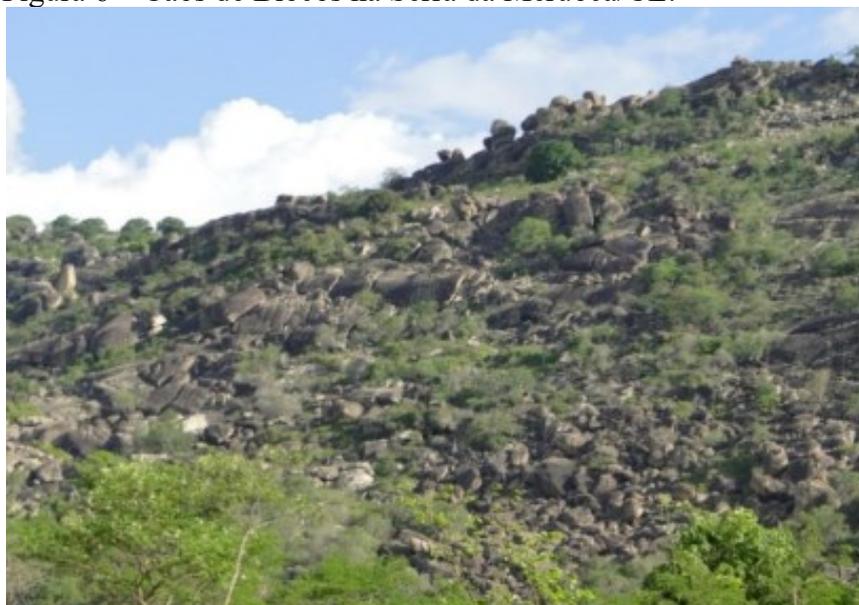
Na Vertente Úmida destacam-se a ocorrência de Torres Graníticas, segundo Ferreira e Vieira (2000); uma aglomeração de blocos em um mesmo local, que não foram movidos e encontram-se arranjados geometricamente, preservando a estrutura de fraturas que as originaram; e de Caos de Blocos, conjunto de blocos graníticos, gerados a partir da decomposição exógena do granito e aglomerados na superfície (ÁLAMO, 1994).

Figura 5 – Torres Graníticas na Serra da Meruoca/CE.



Fonte: Frederico de Holanda Bastos (2015).

Figura 6 – Caos de Blocos na Serra da Meruoca/CE.

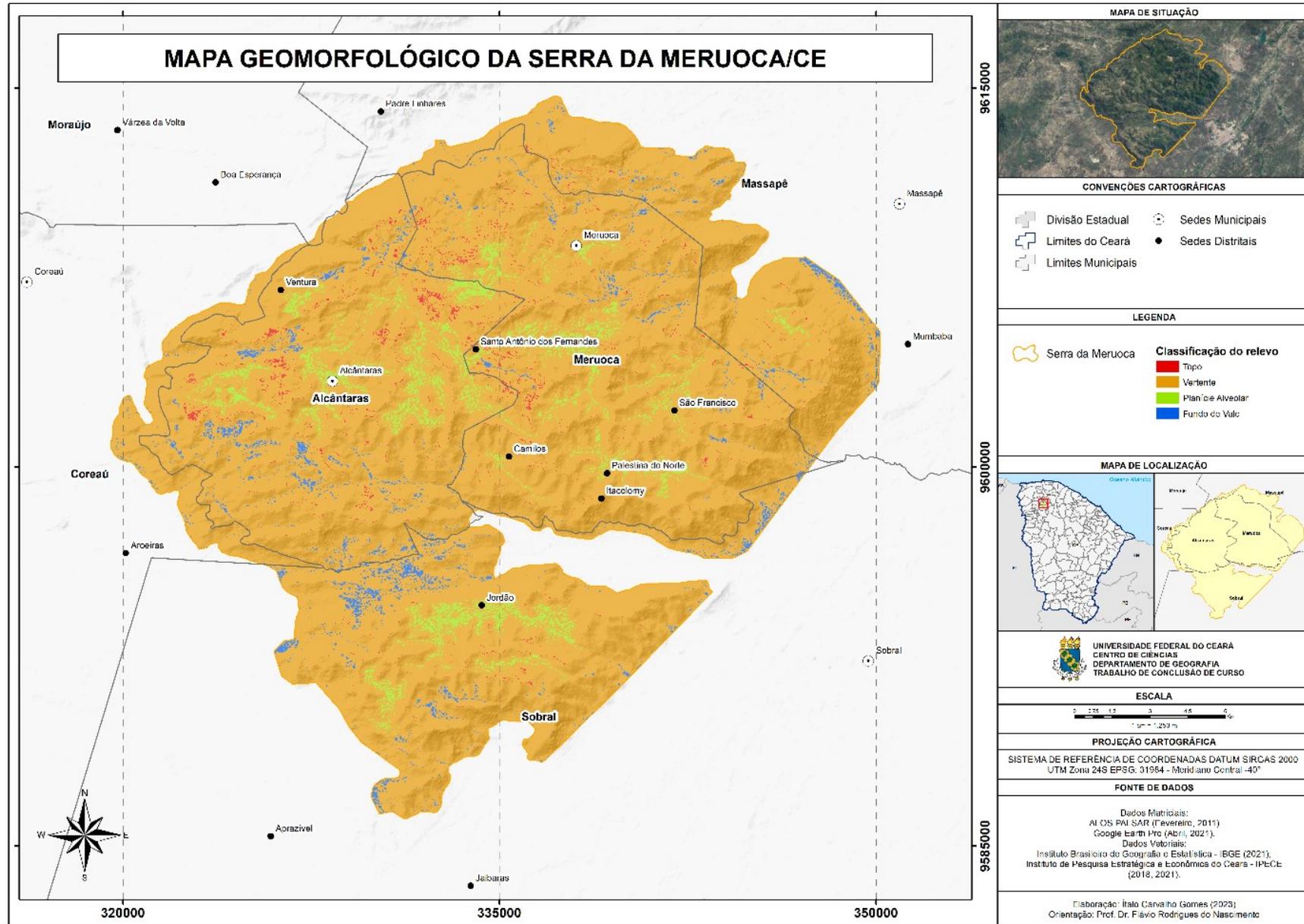


Fonte: Frederico de Holanda Bastos (2015).

A Vertente Seca, localizada à sotavento da Meruoca e na Serra do Rosário, possui morfogênese semelhante à da depressão sertaneja, com níveis suspensos de pedimentação desmontados, constituindo paisagens dissecadas em cristas. A diminuição progressiva das precipitações, por exemplo, é denunciada pela dispersão da vegetação hiperxerófila da caatinga (SOUZA, 1988).

Abaixo, tem-se o mapeamento geomorfológico da região de estudo (Figura 6).

Mapa 4 – Mapa Geomorfológico da Serra da Meruoca/CE.



Fonte: elaborado pelo autor.

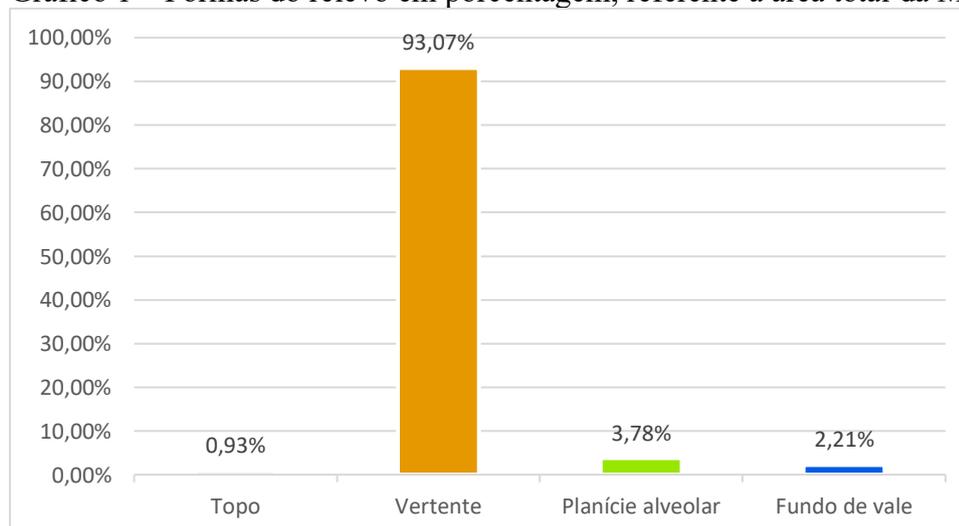
No presente trabalho optou-se por classificar a geomorfologia de acordo com as formas do relevo, nas seguintes classes: topo, vertente, planície alveolar e fundo de vale. O mapeamento geomorfológico da região de estudo (Figura 6) foi elaborado a partir dos dados de declividade (Figura 5 b), previamente gerados e tratados, em auxílio das informações de elevação (Figura 5 a), hidrografia (Figura 5 c) e do imageamento orbital (Figura 5 d).

É possível observar através do mapeamento que a compartimentação do relevo na forma de vertente, ou seja, regiões com declividade variando entre 8% a maiores que 75% (Quadro 6), é a mais significativa em extensão. Esse compartimento conta com aproximadamente 444,97 Km² de extensão, o que representa 93,07% dos 478,08 Km² de área do total. As vertentes referem-se às encostas, de menores ou maiores declives. São predominantes visto a caracterização montanhosa da Serra da Meruoca.

Em seguida, em ordem decrescente de área estão os compartimentos planície alveolar e fundo de vale, com 18,08 Km² (3,78% do total) e 10,56 Km² (2,21% do total), respectivamente. Esses dois compartimentos estão relacionados aos cursos das drenagens das bacias hidrográficas do Acaraú e Coreaú, visto que a serra funciona como um dispersor de drenagem (vertente oriental: rio Acaraú; vertente ocidental: rio Coreaú), ou na área intermediária entre a Meruoca e a Serra do Rosário. Os fundos de vales são estreitos e com solos aluviais profundos e férteis (SOUZA *et al.*, 2012).

As áreas correspondentes às formas de topo são as menos expressivas. Com 4,47 Km² de extensão aproximada, representam somente 0,93% da área total da Serra da Meruoca. Correspondem a pequenas dimensões de topos dos interflúvios convexizados e aguçados (SOUZA *et al.*, 2012), com declividade entre 0% e 8% e altitudes bastante elevadas.

Gráfico 1 – Formas do relevo em porcentagem, referente à área total da Meruoca.



Fonte: elaborado pelo autor

Optou-se por essa classificação do relevo pois, para a avaliação da susceptibilidade, as formas teriam diferentes níveis de vulnerabilidade a deslizamentos de massa, de acordo com suas características próprias. Desse modo, tem-se no Quadro 7 o detalhamento das formas do relevo com suas respectivas características físicas e graus de estabilidade e susceptibilidade a deslizamentos de massa.

Quadro 13 – Susceptibilidade a deslizamentos de massa de acordo com a classificação do relevo.

Classificação do relevo	Dinâmica dominante	Grau de estabilidade	Nível de susceptibilidade aos movimentos de massa
Topo	Intemperismo e erosão	Estáveis	Susceptibilidade Baixa
Vertente	Intemperismo e erosão	Instáveis	Susceptibilidade Alta
Planície Alveolar	Sedimentação	Moderadamente Estáveis	Susceptibilidade Média
Fundo de Vale	Erosão e sedimentação	Instáveis	Susceptibilidade Baixa

Fonte: elaborado pelo autor.

As áreas de topo se caracterizam por serem regiões de produção de sedimentos, com os processos intempéricos e erosivos sendo predominantes quando da falta de colonização vegetal, sobretudo de porte arbóreo. Contudo, pela característica de relevo plano¹ e de altitudes elevadas, possui considerável estabilidade terrena. Assim, a vulnerabilidade e susceptibilidade a deslizamentos de massa é considerada baixa.

As vertentes também são regiões com elevado intemperismo e erosão. São áreas de passagem entre os topos e os fundos de vale, portanto, têm considerável relação com o fluxo de energia dos sedimentos em movimento. Esse contexto, agregado ao relevo fortemente íngreme, tornam essas áreas instáveis, com maior sensibilidade e susceptibilidade de ocorrência de deslizamentos.

As áreas de planícies alveolares são caracterizadas pela deposição de sedimentos, geralmente margeando rios e cursos d'água. Contextualmente, estão localizadas entre topos e fundos de vale e cercada por vertentes. A estabilidade é moderada, visto a condição geomorfológica circundante que não suprime a possibilidade de deslizamentos, assim, a susceptibilidade é média. Em razão das condições ambientais mais estáveis e bom potencial de

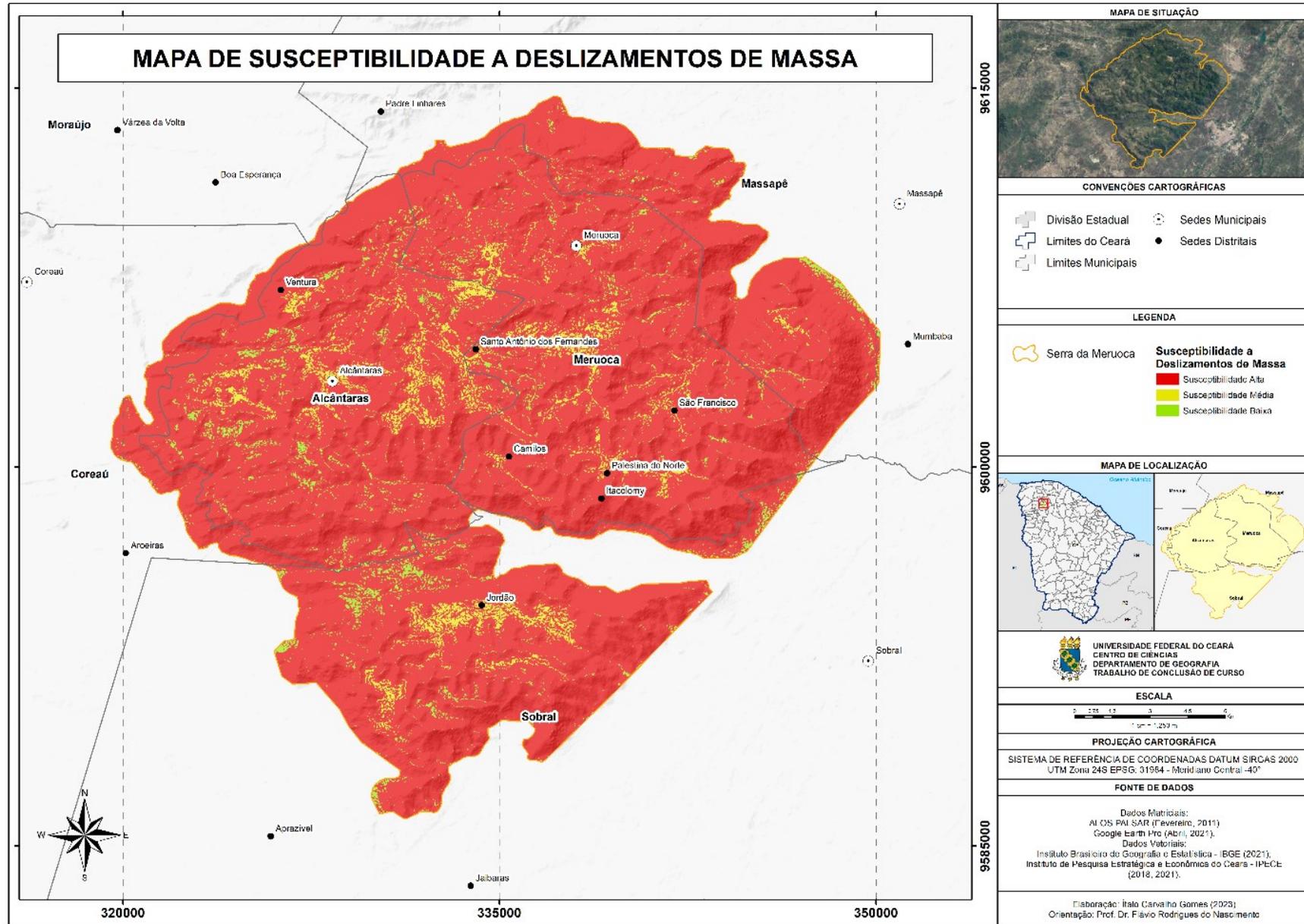
¹ Formas mais onduladas como colinas, cristas e picos foram desconsideradas em função da escala de mapeamento.

uso dos recursos naturais – relacionado com a topografia menos acidentada e a disponibilidade hídrica –, recomenda-se nessas áreas o uso de tecnologias agrícolas e pastoris que não promovam a deterioração ambiental, valorizando o cunho sustentável ao aliar o desenvolvimento socioeconômico com atividades que respeitem as potencialidades e limitações da região.

Os fundos de vale, quando encaixados entre as vertentes, possuem alta energia relacionada ao transporte de sedimentos oriundos das áreas de topografia elevada, nesse caso, têm um elevado grau de erosão fluvial e de instabilidade. Também foram observadas através do mapeamento geomorfológico pequenas áreas relativamente planas, principalmente nos limites da delimitação da Serra da Meruoca, onde deve predominar a sedimentação. Ademais, concluiu-se que essa compartimentação possui baixa susceptibilidade de ocorrência de deslizamentos.

Por fim, pode-se observar na Figura 6 o mapeamento da Serra da Meruoca levando em consideração os níveis de susceptibilidade a deslizamentos de massa.

Mapa 5 – Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos de Massa da Serra da Meruoca/CE.



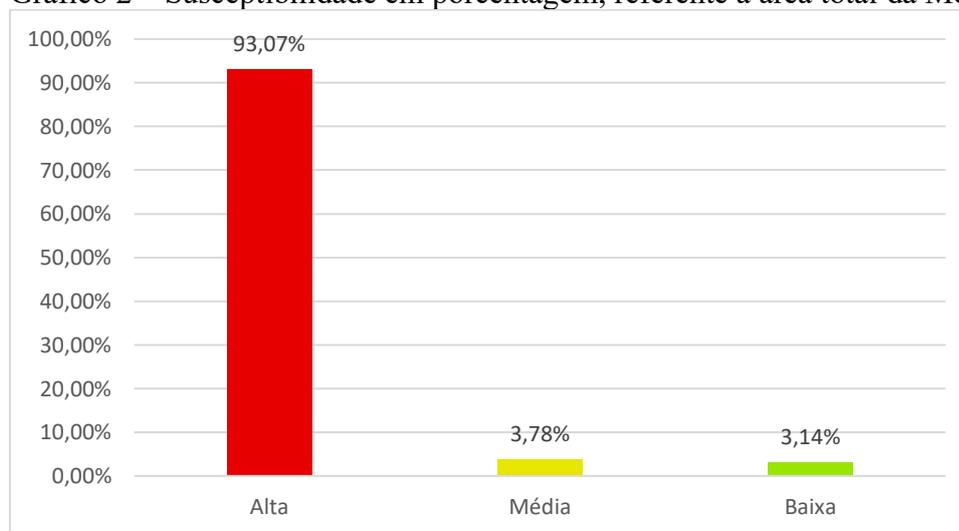
Fonte: elaborado pelo autor.

A maior parte da área da Serra da Meruoca é considerada de alta susceptibilidade a deslizamentos de massa, visto que as formas de vertentes do relevo são predominantes. Essa categoria representa cerca de 444,97 Km² da área total, ou seja, 93,07%.

As áreas representadas pela susceptibilidade média a deslizamentos se estendem por 18,08 Km², o equivalente a 3,79% da área total. São equivalentes às planícies alveolares.

Por último, as áreas de baixa susceptibilidade se dão em 15,03 Km², 3,14% da totalidade. Estão representadas nas áreas correspondentes aos topos e fundos de vale, conforme as observações referentes às dinâmicas dominantes e graus de estabilidade (Quadro 7).

Gráfico 2 – Susceptibilidade em porcentagem, referente à área total da Meruoca.



Fonte: elaborado pelo autor

Ressalta-se que neste trabalho, a perspectiva de análise foi baseada na geomorfologia, com a declividade sendo o principal fator de caracterização da vulnerabilidade para os deslizamentos de massa. Assim, não foram consideradas outras variáveis, como solos, vegetação e a própria degradação oriunda da ação antrópica.

Essa última, como apontam Souza e Oliveira (2006), ocorre na região principalmente em função do desmatamento sem critério conservacionista. As práticas agrícolas inadequadas, como o comum ato de brocar e queimar a cobertura vegetal (tradicional hábito indígena), propiciam a erosão das vertentes, alterando constantemente a paisagem da Serra da Meruoca e ocasionando impactos ambientais (FALCÃO; SILVA, 2003).

Portanto, convém a utilização do produto final como indicador das áreas vulneráveis, que, somado aos demais fatores citados, possuem potencial de susceptibilidade aos eventos.

5 AÇÕES MITIGADORAS E QUESTÕES FINAIS

No geral, a potencialidade de ocorrência de deslizamentos de massa na região da Meruoca é alta, visto que o terreno é fortemente acidentado.

As formas de topos possuem baixa susceptibilidade a deslizamentos de massa, por conta do relevo mais plano, elevado e estável. Ressalta-se que, devido a escala de mapeamento, as formas de colinas, cristas e picos não foram observadas, contudo, nos maciços, essas possuem elevada susceptibilidade.

As áreas de vertente, que representam a maior parte da serra, são classificadas como instáveis devido a predominância dos processos de intemperismo e erosão, assim, a susceptibilidade a deslizamentos de massa é a maior de todas.

As planícies alveolares são áreas moderadamente estáveis relacionadas aos cursos hídricos e onde predomina a sedimentação. A susceptibilidade a deslizamentos de massa é média.

Os fundos de vale possuem alta instabilidade em função da alta energia relacionada ao transporte de sedimentos. A susceptibilidade a deslizamentos de massa, contudo, é baixa, visto o predomínio da sedimentação.

Sabendo disso, é importante a elaboração e implantação de um planejamento ambiental nas áreas dos maciços residuais, pois cada vez mais estes são explorados. Tais ações são importantes para que sejam evitadas consequências negativas e que culminem com desastres naturais, como os deslizamentos de massa. No exemplo da Serra da Meruoca fica evidente a necessidade de ações de mitigação e monitoramento, sobretudo nas encostas.

Levou-se em consideração as limitações de uso e cobertura do meio físico-natural visto através da susceptibilidade a eventos de deslizamentos de massa. Dessa maneira, buscou-se primordialmente colaborar com as diversas esferas do poder público e, conseqüentemente, com a melhoria da qualidade de vida da população residente.

A partir do que foi colocado, a criação das Unidades de Conservação (UC) se demonstra como uma alternativa de reverter ou amenizar os processos de degradação ambiental através da proteção de áreas de grande relevância natural. Dentre os principais objetivos das UCs estão garantir a preservação e/ou conservação da diversidade biológica, promover o desenvolvimento sustentável a partir dos recursos naturais e proteger as comunidades tradicionais, seus conhecimentos e cultura (LIMA, 2016).

Representam um valioso instrumento para o desenvolvimento sustentável, pois possibilita a conservação do meio ambiente associada à adequação de uso e cobertura do solo, contribuindo para a conservação da biodiversidade e a recuperação de áreas degradadas. Sendo áreas delimitadas que se destinam à proteção e manutenção da diversidade biológica, recursos naturais e culturas associadas (BRASIL, 2000).

A Serra da Meruoca em se tratando de uma área de importante relevância ambiental e elevada vulnerabilidade, foi definida como Área de Proteção Ambiental – APA, vide Lei nº 11.891/2008 (BRASIL, 2008), pela necessidade de medidas de contenção do avanço da degradação. Está inserida no grupo das Unidades de Uso Sustentável, conforme regulamentação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC (Lei nº 9.985/2000) (BRASIL, 2000). Cujo objetivo básico é: proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais, visando a melhoria da qualidade de vida da população.

No entanto, até os dias de hoje a APA Serra da Meruoca não possui um plano de manejo, instrumento de referência fundamental para subsidiar decisões de manejo, gestão e planejamento em qualquer UC. A ausência desse plano, põe em dúvida a sua real eficiência da unidade. E neste caso, sobre a relação conservação x movimentos de massas.

Ao decorrer de todo o presente trabalho, buscou-se evidenciar umas das variáveis de vulnerabilidade da Serra da Meruoca, enfatizando a necessidade de ações de regulação entre conservação e uso sustentável dos recursos naturais e atividades existentes para controlar o risco de desastres ambientais.

Uma possível e essencial alternativa para isso é a elaboração do próprio plano de manejo para a APA, como tratado anteriormente. Cabe ao Poder Executivo Público, sendo o gestor da Unidade de Conservação, a responsabilidade de criação do documento. Todavia, essa hierarquia não exime a possibilidade dos governos estaduais e municipais de requererem o plano junto aos dirigentes referenciados.

Para um plano de manejo para a Serra da Meruoca, recomenda-se o emprego de sistemas de monitoramento de deslizamentos de massa nas encostas. Um exemplo pode ser o uso de acelerômetros eletrônicos para observar o comportamento da vibração do solo em períodos de precipitação (LEÃO; SILVA, 2018).

Em áreas com risco evidentes de deslizamentos, o estudo de técnicas emergenciais de contenção ou reforço do solo se tornam de grande valia. Alguns exemplos eficientes são: *muro de gabião*, *crib wall solo pneu* e *sacaria de cimento (rip-rap)*, para contenção de solos quando existe um desnível; *solo grampeado*, *terra armada*, *jet-grouting*, e *geomantas*, para o

reforço do solo fazendo inserção ou oclusão de materiais resistentes a tração (FUKUHARA YASAKI *et al.*, 2020).

Dirigido às prefeituras, através das secretarias de meio ambiente, recomenda-se a delimitação e monitoramento das áreas fortemente degradadas, com o intuito de promover práticas como o florestamento e reflorestamento, principalmente com espécimes de flora nativa. Faz-se importante a ampliação da fiscalização, buscando monitorar os quadros de desmatamento e de construções irregulares em áreas não apropriadas. Ademais, ações de incentivo ao turismo sustentável e à educação ambiental, tanto para a população local quanto para os visitantes, são bem observadas. Visto que a definição como unidade de uso sustentável também pressupõe a exploração do ambiente, desde que preserve a biodiversidade e os atributos ecológicos.

Feita a caracterização geomorfológica e o mapeamento da susceptibilidade a deslizamentos de massa na região da Serra da Meruoca, observaram-se os setores que requerem maior atenção. É fundamental a valorização de práticas objetivas para a conservação ambiental nessas áreas.

Por fim, é sugerido que estudos futuros incluam outras variáveis ambientais em uma análise integrada das diversas bases naturais, visando um mapeamento e definição da susceptibilidade mais fidedigna para a região. Se possível, com a realização de trabalhos de campo.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza do Brasil: potencialidades paisagísticas**. 7. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2012.
- ÁLAMO, G.T. **Vocabulário Geomorfológico**. Madri: Ediciones Akal, 1994.
- ALMEIDA, L. Q. **Por uma ciência dos riscos e vulnerabilidades na Geografia**. Revista Mercator. Fortaleza, v.10, n. 23, p. 83-99, 2011.
- ARCHANJO, C. J.; LAUNEAU, P.; HOLLANDA, M. H. B. M.; MACEDO, J. W. P. **Scattering of magnetic fabrics in the Cambrian alkaline granite of Meruoca (Ceará State, northeastern Brazil)**. International Journal of Earth Sciences, v. 98, p. 1793-1807. 2009.
- ASF DAAC 2011, **ALOS PALSAR_Radiometric_Terrain_Corrected_low_res**; Includes Material © JAXA/METI 2011. DOI: <https://doi.org/10.5067/JBYK3J6HFSVF>. Disponível em: <https://search.asf.alaska.edu/#/>. Acesso em: 29 set. 2022.
- AUGUSTO FILHO, O. **Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica**. In: 1ª Conferência brasileira sobre estabilidade de encostas. ABMS/ABGE. Rio de Janeiro, v.2. p. 721-733, 1992.
- BARRETO, L. L. **Indicadores geobiofísicos de suscetibilidade à desertificação nas serras de Uruburetama, da Meruoca e nos sertões do Centro Norte – Ceará – Brasil**. 176f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/38811>. Acesso em: 30 mai. 2022.
- BASTOS, F. H.; CORDEIRO, A. M. N. **Fatores naturais na evolução das paisagens no semiárido brasileiro: uma abordagem geral**. Revista Geonorte, Edição Especial, v.2, n.4, p. 464-476, 2012.
- BERGAMO, E. de P.; ALMEIDA, J. A. P. de. **A importância da geomorfologia para o planejamento ambiental: um estudo do município de Fartura/SP**. In: VI SINAGEO - IV Simpósio Nacional de Geomorfologia e I.A.G. Regional Conference on Geomorphology, 2006, Goiânia. VI SINAGEO - IV Simpósio Nacional de Geomorfologia e I.A.G. Conferência Regional de Geomorfologia: Geomorfologia Tropical e Subtropical: Processos, Métodos e Técnicas, 2006. v. 1.
- BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Lex: Diário oficial da união, Brasília, DF, 18 jul. 2000. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm. Acesso em: 9 jun. 2023.
- _____. **Lei nº 11.891, de 24 de dezembro de 2008**. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental Serra da Meruoca, no Estado do Ceará, e dá outras providências. Lex: Diário oficial da união, Brasília, DF, 24 dez. 2008. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/111891.htm. Acesso em: 9 jun. 2023.

_____. Ministério de Minas e Energia. Secretaria-Geral. **Folha SA. 24 Fortaleza: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra.** Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro: Projeto RADAMBRASIL, v. 21, 1981.

BRITO NEVES, B. B. **América do Sul: quatro fusões, quatro fissões e o processo acrescionário Andino.** Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v.29, n.3, 1999. p. 379-392.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação.** São José dos Campos, INPE, 2001.

CARNEIRO, C. B. L.; VEIGA, L. **O conceito de inclusão, dimensões e indicadores.** Belo Horizonte: Secretaria Municipal de Coordenação da Política Social, jun. 2004. (Pensar BH – Política Social, 2.)

CLAUDINO-SALES, V.; PELVAST, J-P. **Evolução morfoestrutural do relevo da margem continental do estado do Ceará, Nordeste do Brasil.** Caminhos de Geografia. v. 7, n. 20 p. 1-21, Uberlândia, 2007.

CHRISTOFOLETTI, A. **A geografia física no estudo das mudanças ambientais.** In: CHRISTOFOLETTI, A. *et al.* (Org.) Geografia e meio ambiente no Brasil. São Paulo: Hucitec, 1995. p. 334-345.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil). **Resolução nº 1, de 23 de janeiro de 1986.** Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. 23 jan. 1986. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema>. Acesso em: 28 out. 2022.

DANTAS, M. E. *et al.* **Origem das Paisagens.** In: BRANDÃO, R. L.; FREITAS, L. C. B. (org.) Geodiversidade do estado do Ceará. Fortaleza: CPRM, 2014.

DIAS, R. **Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade.** São Paulo: Atlas, 2006. 196 p.

DIKAU, R. **Mass Movement.** In: GOUDIE, A.s. (ed.). Encyclopedia of Geomorphology. [S. l.]: Routledge Ltd., 2004. p. 644-653. Volume 2.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos.** Rio de Janeiro: 1979. 83p. (Embrapa-SNLCS. Miscelânea, 1).

FALCÃO, C. L. da C.; SILVA, J. R. C. **Avaliação preliminar dos efeitos da erosão e de sistemas de manejo na produtividade de um argissolo na Serra da Meruoca - CE.** Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS), v. 4, n. 1, p. 17-34, 2002. Disponível em: <https://rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/64>. Acesso em: 13 set. 2022.

FEITOSA, F. A. C. **Programa de recenseamento de fontes de abastecimento por água subterrânea no estado do Ceará: diagnóstico do município de Meruoca.** CPRM, 1998.

(Relatórios Técnicos). Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/16593>. Acesso em: 6 jun. 2023.

FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. do. **Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica**. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (org.). Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand, 1996. p. 123-194.

FERREIRA, N.; VIEIRA, G. **Guia geológico e geomorfológico do Parque Natural da Serra da Estrela**. Instituto da Conservação da Natureza e Instituto Geológico e Mineiro, 2000.

FIGUEIREDO, D. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, 2005. Disponível em: https://clickgeo.com.br/wp-content/uploads/2013/04/conceitos_sm.pdf. Acesso em 25 out. 2022.

FREIRE, E. S. M. **Movimentos coletivos de solos e rochas e sua moderna sistemática**. 8. ed. Rio de Janeiro: Construção, 1965. v. 8. p. 10-18.

FUKUHARA YAZAKI, B.; MENEGASSI PEREIRA DA SILVA, G.; LACERDA VASCONCELOS, R.; SHEN TIN HSIEH, V.; SEKO, K. R. C. **Análise das técnicas de contenção e estabilização de solos em encostas com ocupação antrópica**. Revista Mackenzie de Engenharia e Computação, [S. l.], v. 20, n. 1, p. 170–194, 2021. Disponível em: <http://editorarevistas.mackenzie.br/index.php/rmec/article/view/14126>. Acesso em: 30 jun. 2023.

GAMA, S. V. G.; CARVALHO, D. T.; CARVALHO JUNIOR, R. P. **Geografia, planejamento ambiental e educação ambiental: entre os parâmetros legais e as práticas reais**. Geo UERJ, Rio de Janeiro, v. 2, n.23, p. 524-551, 2. sem. 2012.

GARCIA, M. G. M.; PARENTE, C. V.; SILVA FILHO, W. F.; ALMEIDA, A. R. **Age of magmatic events in the Eopaleozoic Jaibaras Basin, NE Brazil: Constraints from U-Pb zircon geochronology**. Journal of South American Earth Sciences, v. 84, p. 113-126, 2018.

GIRÃO, Í. R. F.; RABELO, D. R.; ZANELLA, M. E. **Análise teórica dos conceitos: Riscos Socioambientais, Vulnerabilidade e Suscetibilidade**. Revista de Geociências do Nordeste, [S. l.], v. 4, p. 71–83, 2018. DOI: 10.21680/2447-3359.2018v4n0ID13273. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/13273>. Acesso em: 5 abr. 2023.

GOMES, M. A. F.; PEREIRA, L. C. **Aspectos geoambientais e áreas frágeis no Brasil**. Revista Intellectus, n° 26, Vol. 1. 2014. p. 5-19.

GORAYEB, P. S. S.; LIMA, A. M. M. **Aspectos texturais do magmatismo e tramas da tectônica impostas ao Granito Chaval na Zona de Cisalhamento Santa Rosa, extremo Noroeste da Província Borborema**. Brazilian Journal of Geology, v.44, São Paulo, 2014.

GUIDICINE, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1984.

HIGHLAND, L. M.; BOBROWSKY, P. **The landslide handbook: a guide to understanding landslides**. Virginia: U.S. Geological Survey, 2008. 129 p.

HUTCHINSON, J. N. **General Report: Morphological and Geotechnical Parameters of Landslides in relation to geology and hydrogeology**. 5th International Symposium on Landslides, Lausanne, 1988. v. 1. p. 3-33.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Brasília: MCidades; IPT, 2007. Disponível em: https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PrevencaoErradicacao/Livro_Mapeamento_Enconstas_Margens.pdf. Acesso em: 13 abr. 2023.

_____. **Ocupação de Encostas**. [S. l.]: IPT, 1991. 216 p. (IPT publicação nº 1831).

JANCZURA, R. **Risco ou vulnerabilidade social?** Textos & Contextos, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 301-308, ago./dez. 2012.

KERVERN, G. Y. **Elementos Fundamentais das Ciências Cindínicas**. Lisboa: Instituto Piaget, 1995.

KOBIYAMA, M. *et al.* **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006. 109 p. Disponível em: <http://logatti.edu.br/images/prevencaodesastres.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2023.

LEÃO, J. C.; SOUZA, P. H. de. **Sistema inteligente de monitoramento de deslizamento de solos**. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, [S. l.], v. 7, p. 508–524, 2018. DOI: 10.19177/rgsa.v7e02018508-524. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/6557. Acesso em: 30 jun. 2023.

LIMA, J. S. de. **Proposta de zoneamento geoambiental para a área de proteção ambiental Serra da Meruoca, Ceará**. 167f. Dissertação (Mestrado Acadêmico ou Profissional) - Universidade Estadual do Ceará, 2016. Disponível em: <http://siduece.uece.br/siduece/trabalhoAcademicoPublico.jsf?id=83650>. Acesso em: 5 mai. 2022.

MARANDOLA JR, E. **Habitar em risco: mobilidade e vulnerabilidade na experiência metropolitana**. São Paulo: Blucher, 2014.

MEADOWS, D. H.; MEADOWS, D. L.; RANDERS, J.; BEHRENS III, W. W. **The limits to growth & a report for The Club of Rome's project on the predicament of mankind**. New York: Universe Books, 1972.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. de. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: Universidade de Brasília, 2012.

MENEZES JÚNIOR, E. M.; SILVA, O. G. da. **Diferentes percepções para a compreensão do conceito de risco no enfoque ambiental**. Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS), [S. l.], v. 17, n. 2, p. 12–22, 2015. Disponível em: [//rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/237](http://rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/237). Acesso em: 22 jun. 2023.

NASA Landsat Program, 2022, **Landsat C02 scene**

LC09_L1TP_218062_20220725_20220725_02_T1, L1TP, USGS, Sioux Falls, 25/07/2022. DOI: <https://doi.org/10.5066/P975CC9B>. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 26 mai. 2023.

NASCIMENTO, F. R. do. **Degradação ambiental e desertificação no nordeste brasileiro: o contexto da bacia hidrográfica do rio Acaraú - Ceará**. 2006. 340 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/handle/1/17217>. Acesso em: 05 jul. 2023.

OLÍMPIO, J. L. S.; ZANELLA, M. E. **Riscos naturais: conceitos, componentes e relações entre natureza e sociedade**. RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise, [S.l.], v. 40, p. 94-109, ago. 2017. ISSN 2177-2738. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v40i0.45870>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/45870/32969>. Acesso em: 05 abr. 2023.

OLIVEIRA, P. R. A. de. **Vilegiatura e urbanização em cidades serranas do nordeste brasileiro**. 2018. 236f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/37029>. Acesso em: 10 out. 2022

PINÉO; T. R. G; PALHETA; E. S. M. (org.) **Projeto geologia e recursos minerais do Estado do Ceará: Mapa Geológico do estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2021. Escala 1:500.000.

REBELO, F. A. **Teoria do risco numa perspectiva geográfica**. Cadernos de Geografia, n. 18. Coimbra, p. 03-13, 1999.

RIFFEL, E. S. **Metodologias para mapeamento de suscetibilidade a movimentos de massa**. 2017. 125 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

ROSA, R. **Geotecnologias na Geografia aplicada**. Revista do Departamento de Geografia, [S. l.], v. 16, p. 81-90, 2005.

SANTOS, R.F. **Planejamento Ambiental – Teoria e Prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SAITO, S. M.; SORIANO, É.; LONDE, L. de R. **Desastres Naturais**. In: SAUSEN, T. M.; LACRUZ, M. S. P. (org.). Sensoriamento remoto para desastres. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. p. 23-42.

SELBY, M. J. **Hillslope Materials and Processes**. Oxford University Press, New York, 1993. 451p.

SHARPE, C. F. S. **Landslides and Related Phenomena: a study of mass-movements of soil and rock**. [S. l.]: Columbia University Press, 1938. 137 p.

SILVA, R. M. N. da. **Mapeamento da susceptibilidade à ocorrência de movimentos de massa em Pacoti (CE)**. 2021. 126 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade

Federal do Ceará, Fortaleza, 2021. Disponível em:
<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/63961>. Acesso em: 30 mai. 2022.

SOUZA, M. J. N. de. **Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará**. In: SOUZA, M. J. N.; LIMA, L. C.; MORAES, J. O. (Orgs.) *Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará*. Fortaleza: Ed. FUNECE, 2000, p. 13-98.

_____. **Contribuição ao estudo das unidades morfoestruturais do Estado do Ceará**. *Revista de Geologia da UFC*. Fortaleza, n. 1, p. 73-91, jun, 1988.

_____. **Geomorfologia**. In: IPLANCE. *Fundação Instituto de Planejamento do Ceará. Atlas do Ceará*. Fortaleza: IPLANCE, 1989.

SOUZA, M. J. N. de; LIMA, F. A. M.; PAIVA, J. B. **Compartimentação topográfica do Estado do Ceará**. Fortaleza, 1979.

SOUZA, M. J. N. de; OLIVEIRA, J. G. B. de; LINS, R. C.; JATOBÁ, L. **Condições geoambientais do semi-árido brasileiro**. *Ciência & Trópico*, [S. l.], v. 20, n. 1, 2011. Disponível em: <https://periodicos.fundaj.gov.br/CIC/article/view/497>. Acesso em: 30 jun. 2023.

SOUZA, M. J. N. de; OLIVEIRA, V. P. **Os enclaves úmidos e sub-úmidos do semiárido do nordeste brasileiro**. *Revista de geografia /UFC*, n.09, p.85-102, 2006. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/91>. Acesso em 16 ago. 2022

TOMINAGA, L. K. **Avaliação de metodologias de análise de risco a escorregamentos: aplicação de um ensaio em Ubatuba - SP**. 2007. 240 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

_____. **Desastres Naturais: por que ocorrem?** In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J; AMARAL, R. do. *Desastres Naturais: conhecer para prevenir*. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. Cap. 1. p. 25-38.

TUAN. Y. **Paisagens do medo**. Tradução de Livia de Oliveira. São Paulo: Ed. UNESP, 2005.

USGS. **Landslide Types and Processes**. 2006. Compilado por Lynn Highland. Design gráfico e *layout* por Margo Johnson. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/>. Acesso em: 12 mai. 2023.

VARNES, D. J. **Slope Movement Types and Processes**. In: SCHUSTER, R. L.; KRIZEK, R. J. (ed.). *Landslides, Analysis and Control*. Washington: National Academy of Sciences, 1978. p. 11-33. (Transportation Research Board, Special Report N. 176).

ZAIDAN, R. T.; FERNANDES, N. F. **Zoneamento de susceptibilidade a escorregamentos em encostas aplicado à bacia de drenagem urbana do Córrego do Independência - Juiz de Fora (MG)**. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, [S. l.], v. 10, n. 2, 2009. DOI: 10.20502/rbg.v10i2.131. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/131>. Acesso em: 30 dez. 2022.

ZANELLA, M. E.; OLÍMPIO, J. L.; COSTA, M. C. L.; DANTAS, E. W. C. **Vulnerabilidade socioambiental do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Cocó, Fortaleza-CE**.

Sociedade & Natureza, [S. l.], v. 25, n. 2, 2013. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/20988>. Acesso em: 26 jun. 2023.