ANÁLISE MORFOMÉTRICA DO RELEVO: CONTRIBUIÇÕES AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL URBANO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO DA VILA MARIA, GARANHUNS, PERNAMBUCO

Simão Batista de Freitas [1]
Daniel Dantas Moreira Gomes [2]
Kleber Carvalho Lima [3]

RESUMO
A compreensão das características do meio físico e de seu dinamismo contribui para uma melhor gestão do território e minimização de efeitos adversos oriundos de fenômenos naturais. Dentre os componentes do meio físico natural, o relevo exerce importante papel, podendo apresentar características favoráveis ou limitantes para as atividades humanas, pelo risco de situações adversas, sendo inclusive previstas restrições na legislação brasileira em função de um atributo do relevo, a declividade. Porém, para além da declividade, outras características do relevo podem ser consideradas, como a dissecação horizontal e vertical. Essas características morfométricas (declividade, dissecação horizontal e vertical) podem ser agrupadas em um único produto cartográfico, a carta de energia do relevo. Esse produto cartográfico possibilita a identificação de áreas com potencial ao desencadeamento de processos geomorfológicos. Nesse sentido, o presente estudo teve por objetivo avaliar a carta de energia do relevo como instrumento para o planejamento ambiental urbano, tendo como área de estudo a bacia hidrográfica do riacho da Vila Maria. A referida bacia fica localizada no município de Garanhuns, Pernambuco, e apresenta suscetibilidade natural à ocorrência de processos geodinâmicos. Para alcançar o objetivo pretendido, foram elaboradas em SIG as cartas de declividade e dissecação horizontal e vertical, que foram posteriormente unidas por meio de linguagem *Python*. Por meio da análise da carta de energia do relevo, pode ser observado que a bacia apresenta alta suscetibilidade à ocorrência de processos geomorfológicos. Assim, foram identificados locais cuja urbanização não é indicada, além de locais onde o processo de urbanização tem influenciado a ocorrência de processos erosivos. Desta forma, considera-se que a carta de energia do relevo elaborada para a área de estudo possibilita a identificação de locais inapropriados para a urbanização, contribuindo assim para o planejamento ambiental urbano.
Palavras chave: Declividade; Dissecações; Urbanização.

INTRODUÇÃO

Compreender as características do meio físico e de seu dinamismo proporciona uma melhor gestão do território, contribuindo para a prevenção de riscos e no desenvolvimento de

[1] Doutorando em Geografia, Universidade de Federal de Santa Maria – UFSM, simao.freitas@acad.ufsm.br;
[2] Professor Doutor, Universidade de Pernambuco - UPE, daniel.gomes@upe.br;
[3] Professor Doutor, Universidade de Pernambuco - UPE, kleber.carvalho@upe.br;

sistemas de mitigação para a minimização dos efeitos que os fenômenos naturais podem exercer sobre a sociedade, suas construções e atividades (Pedrosa, 2013).

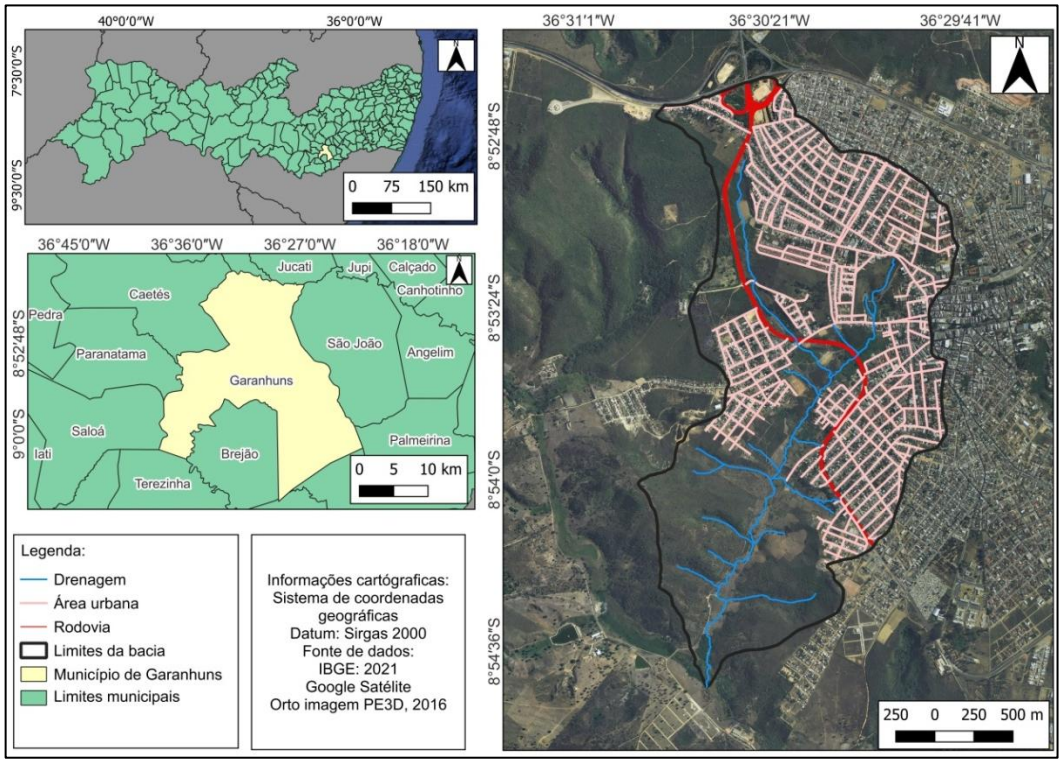
Dentre os componentes do meio físico natural, temos o relevo, que apresentar características favoráveis ou limitantes a ocupação humana devido ao risco de ocorrência de fenômenos adversos (Cheliz; Rodrigues; Ladeira, 2023), sendo inclusive previsto na legislação brasileira limitações, a partir de uma das características do relevo, a declividade (Brasil, 1979).

Além da declividade, outras características do relevo podem contribuir para a formação de processos erosivos, tais como as dissecações horizontal e vertical. Estas características indicam, respectivamente, a ação dos canais fluviais sobre as formas de relevo e a propensão à ocorrência de processos gravitacionais (Marques Neto, 2020; Bonzanini; Stefanuto; Lupinacci, 2022; Bonzanini, 2024).

Por meio da combinação dessas características do relevo em um único produto cartográfico, é obtida a carta de energia do relevo, um produto de síntese que indica, a partir do conjunto dessas características, os locais dos terrenos com maior potencial de ocorrência de processos geomorfológicos (Mendes, 1993; Bonzanini; Stefanuto; Lupinacci, 2022; Bonzanini, 2024), além de indicar locais com restrições geotécnicas (Marques Neto, 2020).

Nesse sentido, o presente estudo objetivou avaliar a carta de energia do relevo como instrumento para o planejamento ambiental urbano. A área de estudo foi a bacia hidrográfica do riacho da Vila Maria, localizada em Garanhuns, Pernambuco. O município em questão apresenta suscetibilidade natural à ocorrência de processos geodinâmicos, tais como movimentos de massa e voçorocamentos (Azambuja, 2007; Azambuja; Corrêa, 2015).

Figura 01 – Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

O referido município tem sua geologia constituída pelos litotipos complexo Cabrobó e Belém de São Francisco, que são do Mesoproterozoico, pelos Granitoides indiscriminados, que são da era do Neoproterozoico (CPRM, 2005). O clima de Garanhuns segundo a classificação de Köppen é tipo Csa, a temperatura média anual de 20°C e precipitação de 908,6 mm (Azambuja; Corrêa, 2015).

O município encontra-se situado no Planalto da Borborema, com a área urbana apresentando superfície de cimeira tabuliforme, rupturas de gradientes convexas com fluxos superfícies não canalizados convergindo em cabeceiras de drenagem de primeira e segunda ordem efêmeras e intermitentes (Azambuja; Corrêa, 2015).

De acordo com o Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco, que possui escala de 1:100.000, os solos de Garanhuns são: Argissolo Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Amarelo, Neossolo Litólico, Neossolo Regolítico e Planossolos Háplico (Embrapa solos, 2001).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançar o objetivo pretendido, foram confeccionadas cartas morfométricas de declividade, dissecação horizontal, dissecação vertical e energia do relevo. Estas cartas foram elaboradas no software ArcGis em escala de 1:10.000, a parte do modelo digital de terreno (MDT) e a ortoimagem do Projeto Pernambuco Tridimensional (PE3D), disponibilizadas pela Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC.

A declividade foi elaborada de forma automática utilizando o MDT, por meio da ferramenta Slope – 3D Analyst Tool (Bonzanini; Lupinacci; Stefanuto, 2022). As classes de declividade utilizadas foram: ≤ 2%, 2 ┤ 5%, 5 ┤ 10%, 10 ┤ 15%, 15 ┤ 30%, 30 ┤ 47% e ≥ 47% (Bonzanini, 2024).

As dissecações horizontal e vertical foram elaboras com base na proposta de Spiridonovi (1981) e na adaptação de Mauro *et al*. (1991), além disso seguiu-se as orientações para elaboração em meio digital desses produtos presentes nos trabalhos Bonzanini, Lupinacci e Stefanuto (2022) e Bonzanini (2024) e os intervalos de classes apresentados por estes mesmo autores, a saber: dissecação horizontal: ≤10m, 11-20m, 21-40m, 41-80m, 81-160m, 161-320m, ≥321m; Dissecação vertical: ≤10m, 10 – 20m, 20 – 30m, 30 – 40m, 40 – 50m e ≥50m.

A elaboração da carta de energia do relevo seguiu a proposta de Zanatta e Ferreira (2015), que elaboraram passo a passo para realizar o procedimento em meio digital. As combinações utilizadas para gerar as classes de energia são apresentadas na Tabela 01. Nessas combinações, não foi utilizada dissecação vertical para a definição da classe de energia muito forte, devido a ser constatado em outros trabalhos que ela tende a generalizar a classe em áreas de topos suaves e planos (Bonzanini; Lupinacci; Stefanuto, 2022; Bonzanini, 2024).

Tabela 01: combinações para obtenção das classes de energia do relevo.

Classes de energia do relevo	Declividade (%)	Combinação	Dissecação Horizontal (m)	Combinação	Dissecação Vertical (m)
Muito Forte	30 – 47%≥47%	Ou	≤10 m	-	-
Forte	15 - 30%	Ou	11 – 20m	Ou	≥50 m
Medianamente forte	10 – 15%	Ou	21 – 40m	Ou	40 – 50m
Média	5 – 10%	Ou	41 – 80m 81	Ou	30 – 40m

			– 160m		20 – 30m
Fraca	2 – 5%	Ou	161 – 320m	Ou	10 – 20m
Muito Fraca	≤2%	Ou	≥321 m	Ou	≤10 m

Fonte: Bonzanini (2024, p. 33).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Azambuja (2007) e Azambuja e Corrêa (2018) relatam a existência de paleofeições erosivas na paisagem do município de Garanhuns, e explicam que essas feições são de um período em que a área esteve sujeita a repetidos eventos de desequilíbrio em seu sistema geomorfológico, que se deram possivelmente através da interface solo-clima, em momentos de oscilações climáticas cíclicas.

Contudo, segundo esses autores supracitados, na atualidade a reativação das paleofeições erosivas em Garanhuns não decorre apenas da influência do clima. Para esses autores, devemos considerar o papel da ação antrópica, sobretudo, via expansão urbana, como principal fator da retomada erosiva dessas feições em Garanhuns, uma vez que o processo de urbanização no município, mesmo que formal, não leva em consideração as características físico-naturais da área.

Trabalhos como os de Soares (2015) e Soares; Troles (2018) destacam a ocorrência de processos erosivos em áreas com declividade acentuada na sede do município de Garanhuns, com ocupação urbana próxima dessas feições, apresentando assim risco à população.

Nesse sentido, ressalta-se a necessidade de conhecimento das características físico-naturais, dentre elas do relevo, para o município de Garanhuns, fornecendo assim informações relevantes para atuação do poder público municipal, evitando que locais naturalmente susceptíveis à formação de processos erosivos sejam ocupados.

A ocupação urbana de áreas declivosas apresenta restrições perante a legislação, conforme a lei 6.766 de 1979 (Brasil, 1979). Para o município de Garanhuns, essa restrição é também prevista no plano diretor municipal, lei n.º 3620 de 2008 (Garanhuns, 2008).

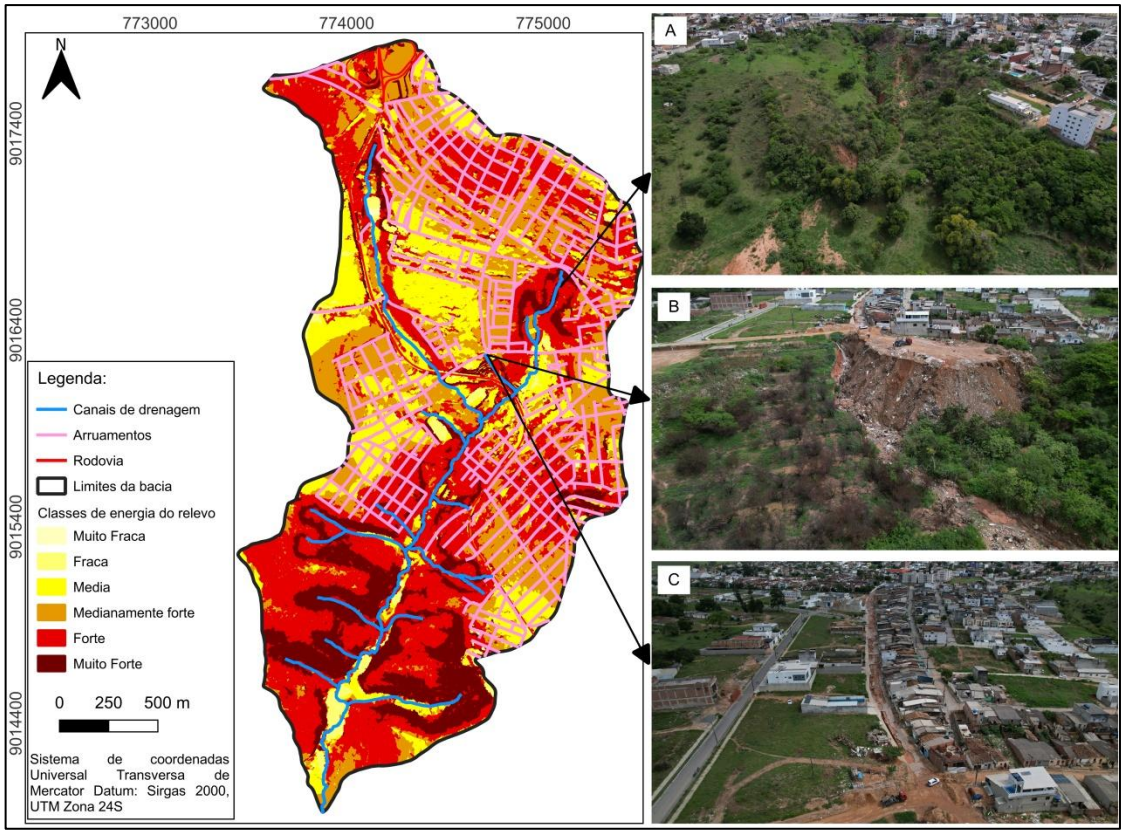
Conforme Machado e Cunha (2010), a apropriação desordenada da natureza devido à falta de conhecimentos prévios causa desequilíbrios ambientais. Nesse sentido, as autoras destacam o papel dos estudos das formas de relevo, dada a interação antrópica e as formas de

relevo, sendo que estas últimas apresentam fragilidades frente à ação antrópica dadas as suas características.

Assim, a carta de energia do relevo, por abranger as dissecações vertical e horizontal, para além da declividade, combinando-as em um único produto cartográfico, possibilitando a identificação dos locais cujas características do relevo apresentam restrições ao uso antrópico, pode fornecer informações importantes para o planejamento ambiental (Machado; Cunha, 2010), sendo, no caso do presente estudo, ao planejamento ambiental urbano.

A partir da carta de energia do relevo, figura 02, fica evidenciada a acentuada energia do relevo em grande parte da bacia. Conforme apresentado por Freitas *et al*. (*submetido),* as classes de energia forte, medianamente forte e média foram as que apresentaram maior abrangência na área de estudo.

Figura 02 – Carta de energia do relevo da BHRVM e registros fotográficos das áreas com energia elevada.



Fonte: Adaptado de Freitas *et al. submetido.*

Dadas as características do relevo evidenciadas pela carta de energia do relevo e das características da área de estudo, apresentando em grande parte ocupação urbana, além de áreas periurbanas, destaca-se a presença de locais indicados na carta de energia do relevo com restrições à ocupação antrópica, sobretudo via urbanização, dado o potencial de ocorrência de processos geomorfológicos.

Observa-se, por meio da carta de energia do relevo, na área central e no setor norte da bacia, ocupações urbanas consolidadas em locais com energia do relevo acentuada. Nessas áreas já é conhecida a ocorrência de processos erosivos, tais como voçorocas (Soares, 2015).

A ocorrência desses processos erosivos pode ser explicada pelas características morfométricas da área lhe conferirem energia acentuada (figura 3A) ou pela relação de vizinhança que áreas com elevada energia exercem sobre suas adjacências. Essas áreas de energia do relevo acentuada fazem com que o fluxo das águas ganhe poder erosivo, mas sua dissipação ocorre em áreas de entorno, desencadeando processos erosivos (Bonzanini; Lupinacci, 2022).

Como apresentado por Thomazini e Cunha (2012), na bacia do córrego do Castelo, em Bauru - SP, nas vertentes urbanizadas com presença de pavimentação, há maior energia do escoamento das águas pluviais, visto que a infiltração é comprometida. Nessas vertentes não ocorrem processos erosivos, porém influenciam a ocorrência de erosões nas áreas que recebem o escoamento superficial.

Processo similar ao que ocorre na BHRVM, como pode ser visualizado na figura 3B, em que uma de energia acentuada e com pavimentação confere elevada energia às águas pluviais, que culmina na formação de uma voçoroca na área de entorno que recebe esse fluxo. A energia do fluxo é tão intensa que até mesmo o calçamento é retirado (Figura 3C).

Chama-se atenção ainda para o setor sul da bacia, que, conforme a carta de energia do relevo apresenta áreas com energia do relevo acentuada, em grande parte na classe de energia muito forte. Nesse setor ainda há presença de grandes extensões sem urbanização e, dadas as características observadas, não se recomenda que a urbanização seja realizada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das características morfométricas identificadas para a BHRMV por meio da carta da energia do relevo, pode-se identificar o elevado potencial à ocorrência de processos geomorfológicos, uma vez que a maior parte da bacia apresenta energia de classe média ou superior.

Nesse sentido, a área de estudo apresenta restrições à ocupação antrópica, em especial à urbanização, contando inclusive com feições erosivas em áreas com energia elevada e com feições erosivas formadas a partir da influência da urbanização sobre o escoamento superficial das águas pluviais, conferindo-lhe maior energia. A carta de energia do relevo também evidenciou locais ainda não urbanizados no setor sul da bacia com restrições à urbanização, dadas as características morfométricas apontarem para o elevado potencial de ocorrência de erosão.

Diante do exposto, considera-se que a carta de energia do relevo elaborada para a BHRVM representa um importante instrumento para o planejamento ambiental urbano, evidenciando as características morfométricas do relevo e suas limitações frente ao processo de urbanização.

AGRADECIMETNOS: Os autores agradecem à FACEPE pela concessão de bolsas de mestrado ao Primeiro autor no processo no IBPG-0545-4.00/24.

REFERENCIAS

AZAMBUJA, R. N.; CORRÊA, A. C. B. Geomorfologia e áreas de expansão urbana do município de Garanhuns-PE: uma abordagem espaço-temporal dos eventos morfodinâmicos para o planejamento territorial. **Geo UERJ**, [S. l.], n. 27, p. 202–233, 2015. Disponível em: https://www.epublicacoes.uerj.br/geouerj/article/view/16739. Acesso em: 5 mar. 2025.

AZAMBUJA, R. N. **Análise geomorfológica em áreas de expansão urbana no município de Garanhuns-PE.** 2007. Dissertação. (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/6920. Acesso em: 20 de jan. 2024.

BRASIL. **Lei n° 6.766 de 19 de dezembro de 1979**. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras providências. Brasília, DF, 19 de dez. 1979. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm. Acesso em: 5 fev. 2025.

BONZANINI, H. L.; LUPINACCI, C. M.; STEFANUTO, E. B. A Erosão Linear e Sua Relação com a Morfometria do Relevo na Alta Bacia do Rio Capivara – Botucatu (SP). **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 15, n. 4, p. 1947–1964, 2022. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/251894. Acesso em: 5 mar. 2025.

BONZANINI, H. L. **Uso adequado das terras em área de relevo cuestiforme na alta bacia do Rio Cabeça (SP).** 2024. Dissertação. (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Rio Claro, 2024. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstreams/4d80e54d-c3ea-4b07-a07f-4fc4bbe80a52/download. Acesso em: 20 out. 2024.

CHELIZ, P. M.; RODRIGUES, J. A.; LADEIRA, F. S. B. O papel do meio físico e relevo na ocupação humana: potencialidades, vulnerabilidades e impactos ambientais (enchentes, erosão e assoreamento) na trajetória histórica da região de Araraquara (SP). **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 584–632, 2023. DOI: 10.26848/rbgf.v16.1.p584-632. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/252434. Acesso em: 5 mar. 2025.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto de cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**. Diagnóstico do município de Garanhuns, estado de Pernambuco. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. Disponível em: https://rigeo.sgb.gov.br/jspui/bitstream/doc/15959/1/Rel_Garanhuns.pdf. Acesso em: 07 set. 2024.

EMBRAPA SOLOS. **ZAPE Digital**. Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco. Recife, 2001. CD-ROM. (Embrapa Solos. Documentos, 35).

FREITAS, S. B. *et al*. Avaliação do potencial ao desencadeamento de processos superficiais dinâmicos do relevo na bacia hidrográfica do riacho da Vila Maria, Garanhuns (PE). ***Revista de Geociências do Nordeste (REGNE)***, submetido para publicação.

GARANHUNS. **Lei n° 3620 de 2008**. Institui o plano diretor participativo do município de Garanhuns, instrumento da política urbana e ambiental, e dá outras providências.

GOMES, D. D. M. **Zoneamento geoambiental da bacia hidrográfica do Rio Canhoto: subsídios para a gestão e conservação dos recursos naturais**. 2025. 115 f. Tese (Livre-Docência em Ciências Ambientais) – Universidade de Pernambuco, UPE, Recife, 2025.

MACHADO, A. C. P.; CUNHA, C. M. L. análise quantitativa do relevo por intermédio das cartas morfométricas da alta bacia do Rio Itanhaém, Baixada Santista/SP. **CLIMEP – Climatologia e Estudos da Paisagem,** [S. l.], v. 5, n. 2, 2010. Disponível em: https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/climatologia/articleview/4026. Acesso em: 5 mar. 2025.

MARQUES NETO, R. **Cartografia geomorfológica:** revisões, aplicações e proposições. Curitiba. Ed. CRV, 2020, 174p.

MAURO, C. A.; RUSSO, I. L.; BOVO, RAQUEL.; TELES, A. P. S. S;. CARVALHO, M. B, S.; PICARELLI, A.; MELO, E. M. M. Contribuição ao planejamento ambiental de Cosmópolis – SP. In: ENCUENTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA, 3. Toluca, UAEM, v.4, 1991.

MENDES, I. A. **A dinâmica erosiva do escoamento pluvial na bacia do Córrego Lafon – Araçatuba – SP**. 1993. 171f. Tese (Doutorado em Geografia Física). Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade e São Paulo, São Paulo, 1993.

PEDROSA, António S. A Importância da Geomorfologia na compreensão das dinâmicas territoriais e na gestão dos riscos naturais. In: XIV ENCUENTRO DE GEOGRAFOS DE AMÉRICA LATINA. Lima, Peru, 2013. **Anais**. p. 1-21. Disponível em: http://www.observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal14/Procesosambientales/geomorfologia/02.pdf. Acesso em: 04 mai. 2023.

SOARES, A. B. **Análise da problemática socioambiental de nascentes urbanas no município de Garanhuns-PE**. 2015. Dissertação (mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/19780/1/AntonioBenevidesSoares_DISSERT.pdf. Acesso em: 28 abr. 2025.

SOARES, A. B.; TROLEIS, A. L. A expansão urbana de Garanhuns-PE entre 1811 e 2016 e suas implicações socioambientais. **Revista Movimentos Sociais e Dinâmicas Espaciais**, Recife, V. 7, N. 1, 2018. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/revistamseu/article/view/230751. Acesso em: 1 jan. 2024.

SPIRIDONOV, V., 1981. **Princípios de la Metodologia de las investigaciones de Campo y el Mapeo Geomorfológico**. Universidad Habana, Havana.

THOMAZINI, L.; CUNHA, C. M. L. Análise do relevo da bacia do Córrego Castelo (Bauru - SP): a influência da urbanização nos processos erosivos. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 13, n. 42, p. 169–189, 2012. Disponível em: https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16451. Acesso em: 5 mar. 2025.

ZANATA, F. A. S.; FERREIRA, M. V. 2015: Roteiro dos procedimentos para elaboração da carta de Energia do Relevo - Software ArcGis 10.2. Rio Claro: Laboratório de geomorfologia – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro (Brasil).