



## **APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE DISSECAÇÃO DO RELEVO (IDR) COMO FERRAMENTA DE ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA NA SERRA DA ARATANHA – CE**

Paulo Emanuel Alves Lopes <sup>1</sup>  
Gislania de Meneses Silva <sup>2</sup>  
Lara Lima Lourenço <sup>3</sup>  
Maria Lúcia Brito da Cruz <sup>4</sup>

### **RESUMO**

Este trabalho teve como objetivo analisar o grau de compartimentação da Serra da Aratanha – CE por meio do Índice de Dissecação do Relevo (IDR), utilizando uma abordagem automatizada proposta por Guimarães et al. (2017), baseada na matriz morfométrica de Ross (1994). Foram empregados dados do Modelo Digital de Elevação (MDE) COPERNICUS GLO-30 (30m de resolução) e técnicas de geoprocessamento no software QGIS 3.40 para calcular a dissecação vertical (amplitude altimétrica) e horizontal (distância média entre interflúvios). O estudo insere-se no avanço das geotecnologias aplicadas à análise ambiental, em especial o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), ferramentas que têm ampliado significativamente as possibilidades de leitura e interpretação da paisagem. Com base nessas ferramentas, foram mapeadas e espacializadas as variáveis de entalhamento do relevo, largura média das bacias, altimetria e declividade, culminando na classificação do IDR com base em cinco níveis (Muito Fraca a Muito Forte). Os resultados revelaram predominância das classes “Forte” e “Muito Forte” de dissecação nas áreas centrais e nordeste da serra, associadas a vales encaixados em “V”, alta densidade de drenagem e declividades acentuadas (20-75%), refletindo processos erosivos intensos. Em contraste, setores internos apresentaram dissecação Moderada a Fraca, vinculados a topos de morros e superfícies residuais aplainadas (declividades de 8-20%), indicando maior estabilidade geomorfológica. A análise integrada com mapas de declividade e hipsometria destacou a influência de fatores geológicos, climáticos (pluviosidade assimétrica) e pedogenéticos na compartimentação do relevo. Os achados subsidiam o planejamento territorial, apontando áreas críticas à erosão e movimentos de massa, com implicações para gestão ambiental na região metropolitana de Fortaleza.

**Palavras-Chave:** Geomorfologia, Compartimentação morfométrica, sensoriamento remoto.

### **INTRODUÇÃO**

O uso de geotecnologias, como sensoriamento remoto e processamento digital de imagens orbitais, são essenciais para analisar áreas serranas, permitindo a extração de informações morfométricas (altitude, inclinação, morfologia das encostas) e a compreensão da dinâmica geomorfológica (Lillesand et al., 2004).

O avanço dessas tecnologias, impulsionado pelo desenvolvimento de sensores em aeronaves e satélites, revolucionou o estudo da superfície terrestre, facilitando a representação digital da paisagem por meio do Sistema de Informação Geográfica (SIG). Esses avanços foram

---

<sup>1</sup>Mestrando em Geografia na Universidade Estadual do Ceará – UECE, [paulo.emanuel@aluno.uece.br](mailto:paulo.emanuel@aluno.uece.br)

<sup>2</sup>Doutoranda em Geografia na Universidade Estadual do Ceará – UECE, [gislaniamenteses@gmail.com](mailto:gislaniamenteses@gmail.com)

<sup>3</sup>Doutoranda em Geografia na Universidade Estadual do Ceará – UECE, [lara.lourenco@aluno.uece.br](mailto:lara.lourenco@aluno.uece.br)

<sup>4</sup>Professora do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Ceará – UECE, [mlbcruz@gmail.com](mailto:mlbcruz@gmail.com)



consolidados com o lançamento do Landsat (1972) e o progresso da computação, fundamentais para a coleta, processamento e disseminação de dados geoespaciais na sociedade contemporânea.

Inicialmente restritos a instituições governamentais e acadêmicas, os SIG e o Sensoriamento Remoto passaram por um processo de comercialização, ampliando suas aplicações e adaptando-se às demandas de diferentes usuários. Essa expansão permitiu a automação de procedimentos antes manuais ou mesmo inviáveis, impulsionando o desenvolvimento das ciências que estudam a superfície terrestre e seus elementos.

Segundo Novo (2008, p. 15), o Sensoriamento Remoto pode ser definido como:

A utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos para transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves ou outras plataformas com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra a partir do registro e da análise das interações entre radiação eletromagnética e as substâncias que compõem em suas mais diversas manifestações.

Já o Sistema de Informação Geográfica (SIG) é compreendido como:

Um sistema composto por softwares especializados que integram dados, hardware e recursos humanos, permitindo a coleta, armazenamento, recuperação, processamento, visualização e análise de informações georreferenciadas em um sistema de coordenadas conhecido (Fitz, 2008, p. 15).

Nesse contexto, a análise estrutural da paisagem se mostra indispensável, pois requer a consideração integrada de diversos elementos, como a topografia, a rede hidrográfica, o tipo de rochas, as características dos solos e o uso do solo. Essa abordagem possibilita compreender de forma sistêmica as interações entre esses componentes e seus efeitos sobre a dinâmica ambiental. Segundo Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2010), indicadores como o índice de dissecação do relevo e a declividade do terreno são particularmente importantes, pois fornecem informações relevantes sobre a estabilidade das encostas e o risco de processos erosivos.

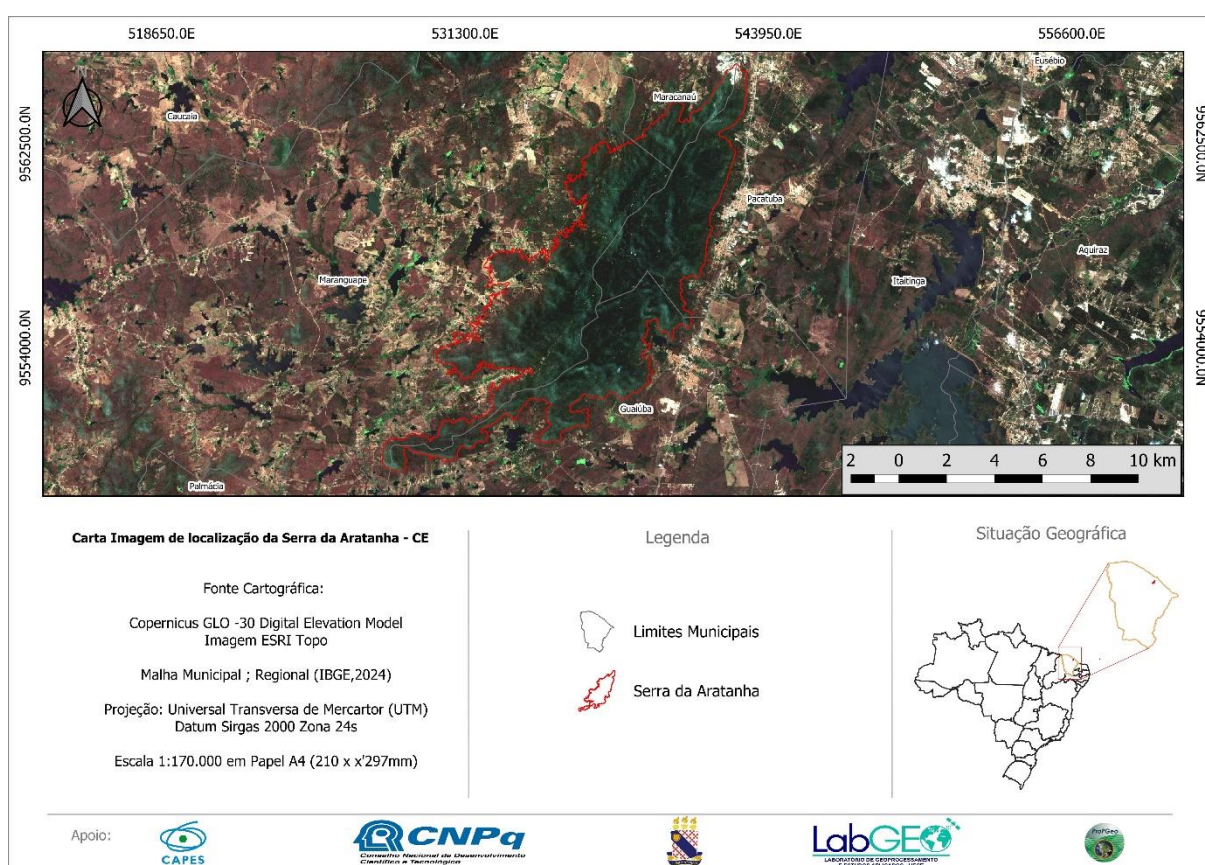
O relevo dissecado corresponde a área intensamente erodida pela rede hidrográfica, resultando em paisagens marcadas por processos erosivos heterogêneos no tempo e no espaço (Guerra, 1993). Para analisar essa dissecação, o Índice de Dissecação do Relevo (IDR) destaca-se como uma ferramenta morfométrica eficaz, combinando o entalhamento vertical (diferença altimétrica entre topos e fundos de vale) e a dissecação horizontal (distância média entre interflúvios) (Ross, 1992; 1994; Guimarães et al., 2017).

O IDR auxilia na compreensão da evolução do relevo e dos solos, na delimitação de compartimentos geomorfológicos e na identificação de áreas vulneráveis a processos erosivos e riscos ambientais (Guimarães et al., 2017; Marques Neto, 2020). Regiões com alta dissecação,

por exemplo, apresentam drenagem mais densa, o que pode restringir o uso do solo (Mortovani e Bueno, 2021). Além disso, o índice permite mapear padrões espaciais e subsidiar o planejamento territorial, utilizando dados como os do Projeto RADAM (Barbosa et al., 1984). Sua aplicação contribui para a análise integrada da paisagem, auxiliando na gestão ambiental e na identificação de fragilidades e potencialidades do relevo (Ross, 1992; Florenzano, 2008).

Desse modo, este estudo teve como objetivo principal calcular e analisar o Índice de Dissecação do Relevo (IDR) na Serra da Aratanha (figura 1), localizada no estado do Ceará, a fim de identificar áreas com maiores susceptibilidade à erosão e degradação ambiental.

**Figura 1.** Carta de Localização da Serra da Aratanha – CE.



**Fonte:** Autores (2025).

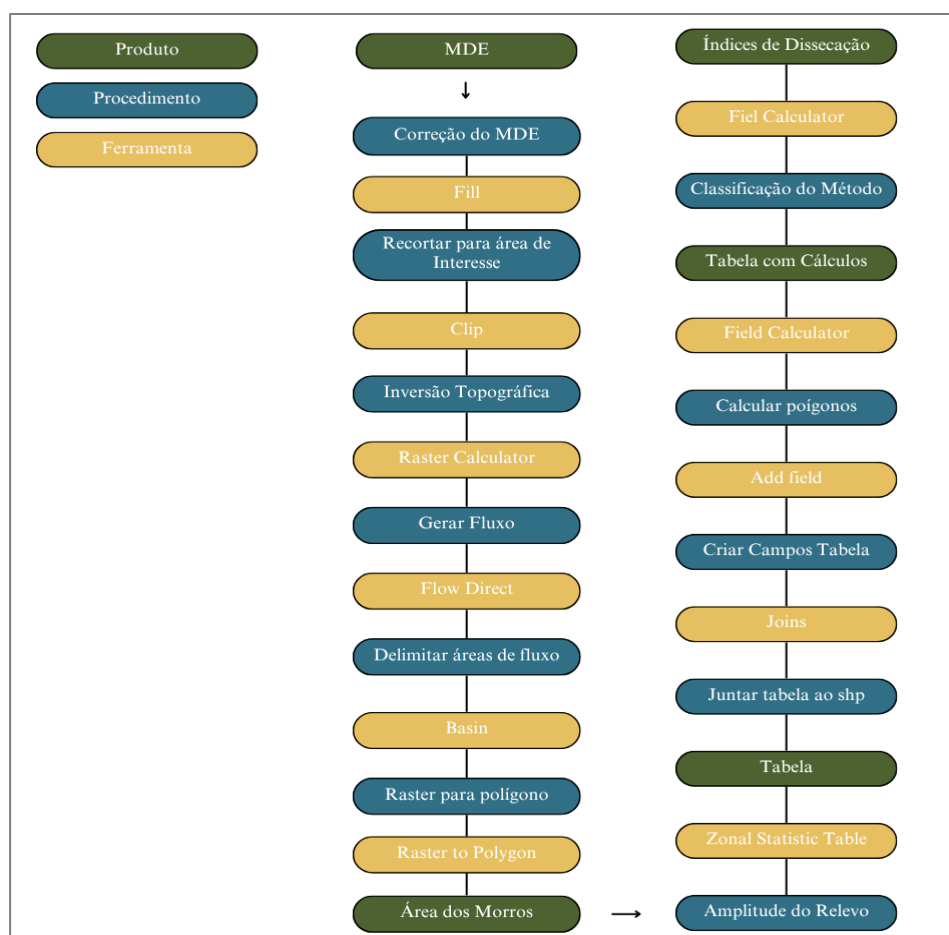
## METODOLOGIA

Adotou-se, neste estudo, a metodologia automatizada desenvolvida por Guimarães et al. (2017), a qual possibilita a obtenção do Índice de Dissecação do Relevo (IDR) em nível de pixel. Além disso, foi empregada a matriz de dissecação do relevo proposta por Ross (1996), que considera a relação entre duas variáveis morfométricas fundamentais: o grau de entalhamento dos vales e a dimensão média dos interflúvios. Essa abordagem integrada contribui para uma análise mais detalhada e precisa do grau de compartimentação do relevo.

Com isso, seguiu-se um processo sistemático estruturado em quatro etapas principais, conforme mostra a figura 2, para análise morfométrica da Serra da Aratanha. Para execução das análises, foram empregados os seguintes materiais: Modelo Digital de Elevação (MDE) *COPERNICUS* GLO-30 com resolução espacial de 30 metros, malhas territoriais de referência, delimitação da serra e a rede de drenagem da área, que serviram como base para os estudos morfométricos.

Além desses elementos, foram realizados mapeamentos complementares de declividade e altimetria da Serra da Aratanha para aprofundar a análise da pesquisa. Para as análises e espacialização dos resultados, utilizou-se o software QGIS, versão 3.40 (*Long-Term Release - LTR*), selecionado como ferramenta principal devido às suas características como plataforma de geoprocessamento de código aberto e livre acesso.

**Figura 2.** Fluxograma correspondente aos processos metodológicos



**Fonte:** Autores (2025)

A primeira etapa consistiu na aquisição, tratamento e preparação do Modelo Digital de Elevação (MDE). Onde foi realizado a correção do MDE através da função "r.fill.dir" para





preenchimento de pixels, gerando um arquivo sem depressão. Em seguida, procedeu-se à inversão deste novo MDE, multiplicando-o por (-1) na "calculadora raster", para gerar a direção de fluxos ("r.fill.dir") e a correção de seus vazios ("preencher sem dados").

A segunda etapa consistiu na avaliação da dissecação vertical do relevo por meio do mapeamento do grau de entalhamento dos vales. Foi gerado o arquivo de "meias bacias" ("r.watershed") e corrigidos os seus vazios. Esse arquivo matricial foi vetorizado, e o valor de altimetria foi aplicado a partir dos dados do MDE sem depressão ("Estatísticas Zonais"), obtendo-se, por fim, os valores da amplitude altimétrica, denominados Dissecação Vertical (DV).

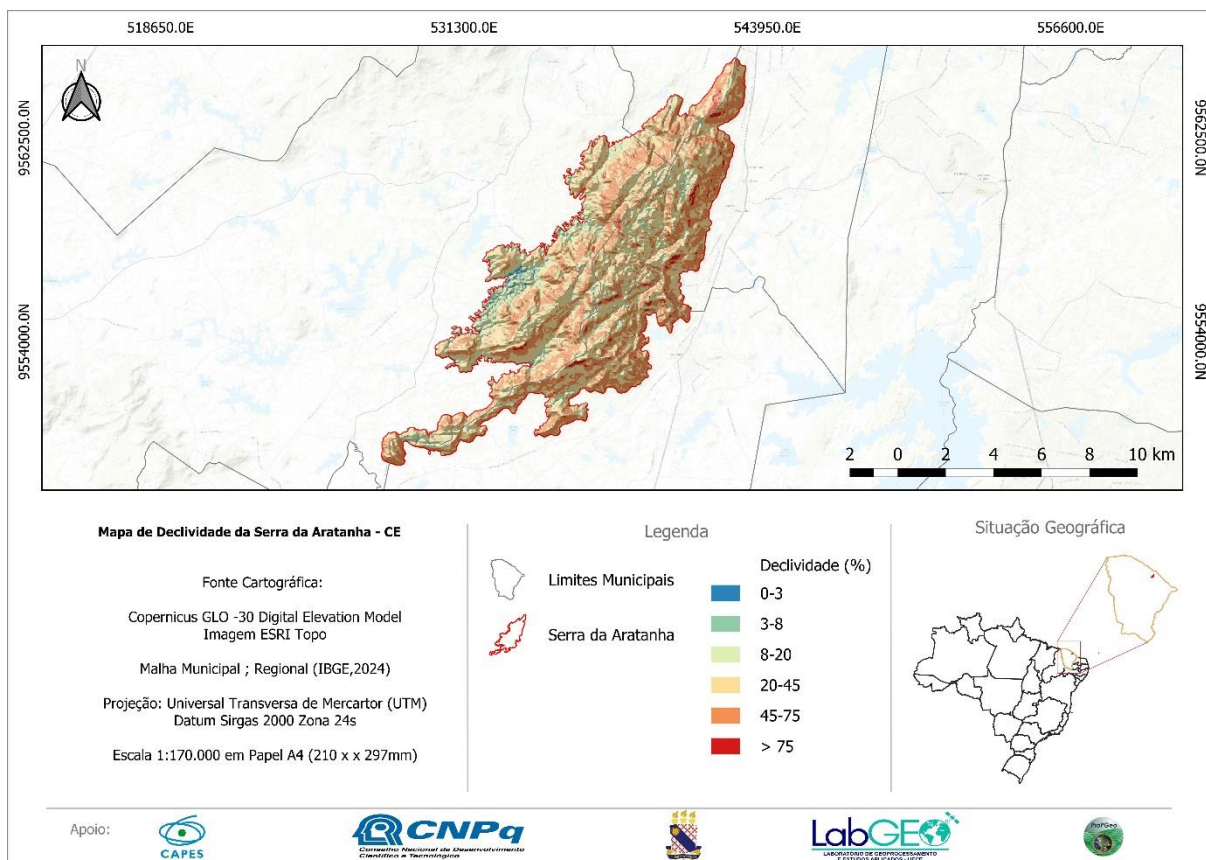
A terceira etapa consistiu no mapeamento da dimensão interfluvial média para análise da dissecação horizontal. Através da "calculadora de campo" da tabela de atributos do arquivo vetorizado, foi estabelecido os seguintes parâmetros: área (A); perímetro (P); comprimento da bacia (L), definido pelo perímetro dividido por dois; e largura média da bacia ( $\bar{L}$ ), medida pela altura dividida pelo comprimento da bacia. A Dissecação Horizontal (DH) corresponde, portanto, ao valor da largura média (Christofolletti, 1980; Lima, 2018).

Na quarta etapa, foi realizado o cálculo dos valores de dissecação do relevo, através da calculadora de campo, para substituir os valores obtidos em DV e DH pelos valores propostos na matriz de Ross (1994). Posteriormente, foi elaborado a soma (DV + DH), que gerou o Índice de Dissecação do Relevo (IDR). Foi feito a conversão para arquivo matricial e aplicado o índice proposto por Guimarães (2017). Após a execução dessas operações, o produto foi recortado novamente com o arquivo estabelecido e adequado para a escala de 1:100.000.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A declividade é um fator determinante na formação dos solos e na dinâmica dos mantos de intemperismo, conforme evidenciado no mapeamento da Serra da Aratanha (Figura 3). Nas áreas de colinas, os declives variam tipicamente entre 10% e 15%, enquanto nas cristas mais acentuadas podem alcançar de 30% a 45%, resultando em vertentes escarpadas com afloramentos rochosos e cobertura pedológica descontínua. Nos fundos de vale, as vertentes apresentam-se profundamente entalhadas e estreitas, embora em áreas de suavização topográfica ocorram depressões planas com acumulação de materiais colúvio-aluviais.

**Figura 3.** Mapa de Declividade da Serra da Aratanha – CE.



**Fonte:** Autores (2025)

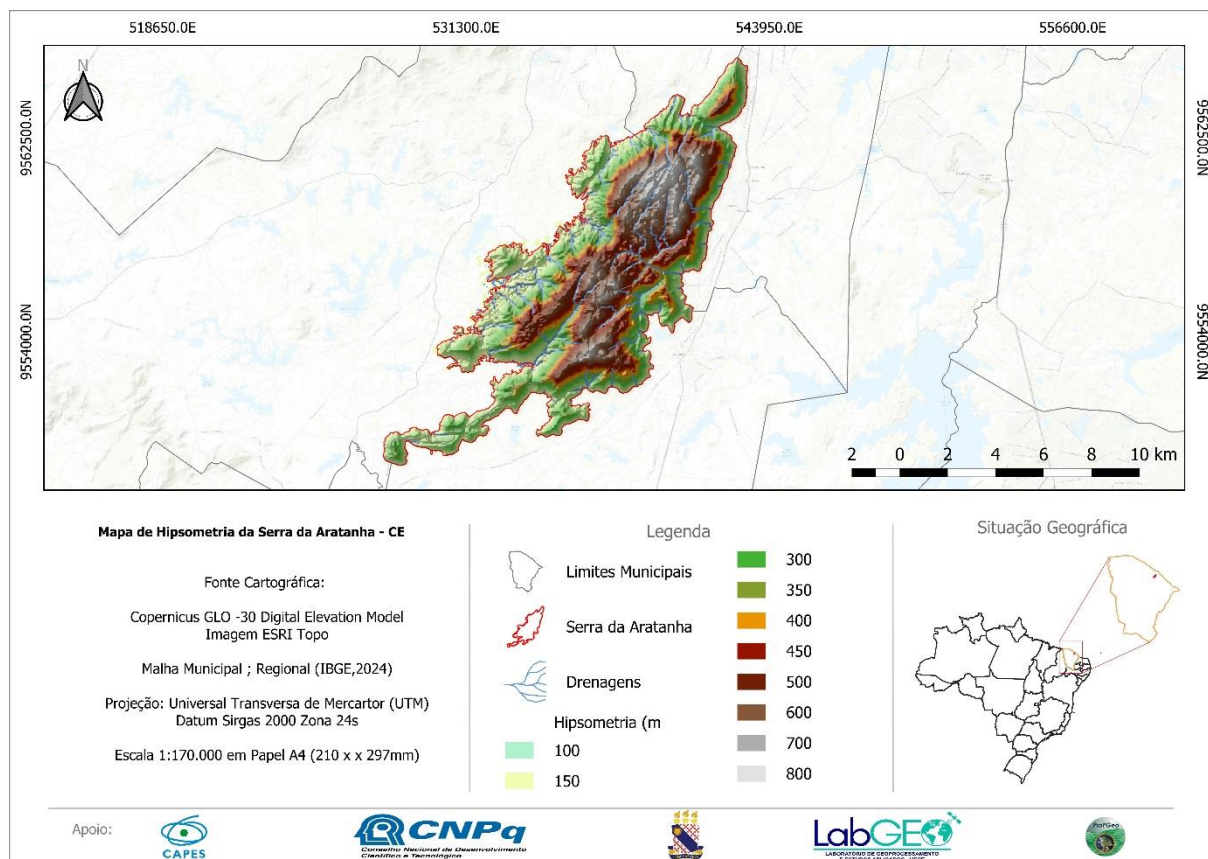
Declividades superiores a 30%, predominantes nos setores Sudeste e Leste da serra, estão associadas a solos pouco a moderadamente desenvolvidos, onde a intensa ação erosiva remove rapidamente o material intemperizado. Nestas áreas íngremes (30-75%), observam-se rochas expostas e vegetação esparsa, evidenciando a atuação acelerada de processos areolares pela ação da gravidade.

Em contraste, nas vertentes com declives mais suaves (0-20%), particularmente em altitudes próximas a 300m e ao longo das drenagens, ocorrem fluxos de detritos deposicionais. Nestes locais, o material mobilizado de cotas mais elevadas acumula-se, formando áreas de deposição que contrastam com os setores de maior declividade.

Com sua altimetria, a Serra da Aratanha constitui um relevo residual do embasamento cristalino, formado pelo Complexo Granitoide-Migmatítico, onde predominam ortognaisses graníticos e migmatitos com lentes anfibolíticas (Brandão, 1998).

A Serra da Aratanha apresenta uma grande amplitude altimétrica (figura 4), variando de áreas abaixo de 150 metros até altitudes superiores a 750 metros. As maiores altitudes (800 m) estão concentradas na porção central-norte do maciço, indicando o núcleo do relevo residual.

**Figura 4.** Mapa de Hipsometria da Serra da Aratanha – CE.



**Fonte:** Autores (2025)

O padrão altimétrico da serra mostra um relevo isolado e destacado em relação ao entorno, típico de maciços residuais úmidos, que são porções elevadas remanescentes de processos erosivos diferenciados. Esse tipo de relevo costuma funcionar como refúgio de umidade e biodiversidade, sendo frequente em enclaves úmidos do semiárido nordestino.

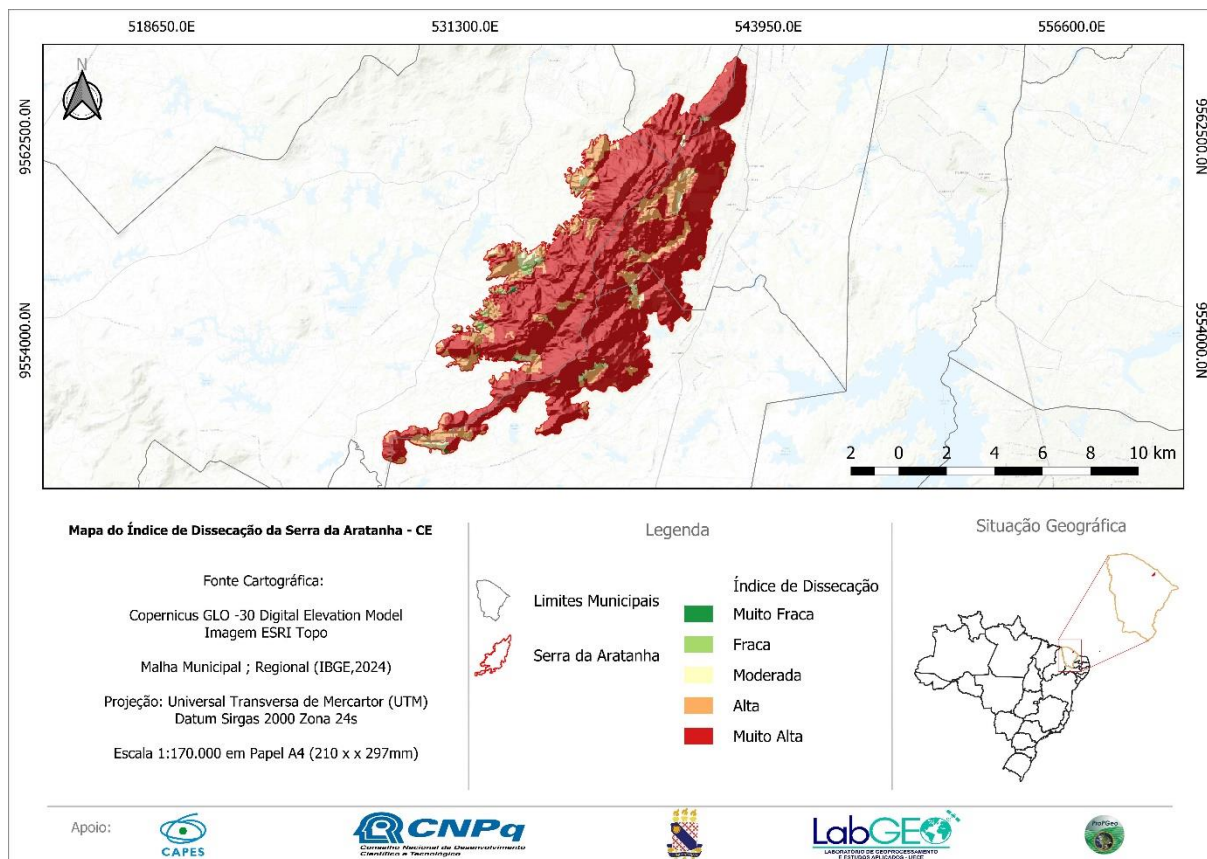
Essas características geológicas, associadas às condições climáticas locais, resultam em uma paisagem marcada por contrastes geomorfológicos significativos. Como destacado por Souza (2003), esse maciço residual representa superfície elevada do embasamento cristalino, cujas formas são intensamente modeladas pelos processos erosivos condicionados pelo regime pluviométrico assimétrico da região. Na vertente leste (barlavento), a maior pluviosidade favorece drenagem ativa, com vales em "V" e solos espessos (Argissolos), sustentando floresta plúvio-nebular (Souza e Oliveira, 2006; Brandão, 1998). As declividades acentuadas (20-75%) intensificam a erosão, apesar da cobertura vegetal protetora.

Já na vertente oeste (sotavento), o clima seco promove intemperismo físico, solos rasos (litólicos) e vegetação esparsa (Brandão, 1998), resultando em declives moderados (8-20%), mas com maior suscetibilidade erosiva. O contraste entre as vertentes evidencia a relação direta



entre clima, pedogênese e dinâmica geomorfológica. A partir desses fatores, o mapeamento do IDR (figura 5) permite avaliar o grau de dissecação do relevo da Serra da Aratanha.

**Figura 5.** Mapa do IDR da Serra da Aratanha – CE.



**Fonte:** Autores (2025)

A configuração atual do relevo da Serra da Aratanha resulta de um processo evolutivo marcado por diferentes fases de desenvolvimento geomorfológico. Inicialmente, as condições geológicas da área estabeleceram as bases para a atuação diferencial dos processos erosivos, com variações litológicas que condicionaram a formação do relevo.

Posteriormente, a exposição constante aos ventos úmidos e às chuvas intensas, particularmente na vertente de barlavento, desencadeou processos intensos de dissecação vertical. Estes se manifestam claramente na alta densidade de drenagem observada atualmente, onde cursos d'água encaixados esculpiram vales profundos em forma de "V", caracterizando as áreas de dissecação muito forte. Estas zonas apresentam as menores extensões interfluviais e declividades mais acentuadas (20-75%), refletindo a ação contínua da erosão linear ao longo do tempo geológico.

Em contraste, as porções internas do maciço desenvolveram características distintas, com transição para classes “forte” até fraca de dissecação. Estas áreas, associadas a topos de morros e superfícies residuais aplainadas, apresentam menor influência da drenagem encaixada





e declividades mais suaves (8-20%), indicando estágio mais avançado de estabilização geomorfológica. A menor fragmentação do relevo nestes setores sugere tanto proteção natural contra processos erosivos intensos, quanto possível atuação de antigos processos de pediplanação. Além disso, percebe-se que, por ser um Maciço Residual Úmido, a serra encontra-se em uma porção que se destoa da paisagem ao seu redor, denominada depressão sertaneja.

As áreas de dissecação muito forte representam setores onde os processos erosivos permanecem ativos, enquanto as zonas de dissecação fraca correspondem a terrenos em fase mais avançada de estabilização relativa, configurando um quadro dinâmico da evolução da paisagem.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise integrada dos mapas temáticos (IDR, altimetria e declividade) permitiu identificar padrões morfométricos predominantes na Serra da Aratanha, com destaque para as classes Forte e Muito Forte de dissecação do relevo, principalmente nas áreas centrais e nordeste. Esses resultados, obtidos a partir da metodologia de Guimarães (2017), refletem uma morfodinâmica intensa, caracterizada por alta densidade de drenagem, vales profundos e relevo fortemente compartimentado.

Os padrões de drenagem (dendrítico e radial) evidenciam a influência da geologia local e da baixa permeabilidade dos solos, com processos erosivos acentuados em áreas de maiores pluviosidades. A presença de vales em "V", corredeiras e cachoeiras reforça a ação da erosão linear, corroborando com estudos como os de Lopes (2025), que apontam riscos elevados de movimentos de massa em grande parte da serra.

Esses achados destacam a necessidade de políticas de gestão territorial que considerem a dinâmica geomorfológica local, visando à mitigação de riscos e ao planejamento sustentável da região metropolitana de Fortaleza.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA, M. P. et al. **Projeto RADAMBRASIL: Levantamento de Recursos Naturais**. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1984.

BRANDÃO. R.L. **Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza** – Projeto SINFOR: Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza: CPRM, 1998.



- FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.
- FLORENZANO, T. G. Sensoriamento remoto para geomorfologia. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. cap. 2, p. 31-71.
- GUERRA, A. T. **Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 8ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.
- GUIMARÃES, F. S.; CORDEIRO, C. M.; BUENO, G. T.; CARVALHO, V. L. M.; NERO, M. A. Uma proposta para automatização do Índice de Dissecação do Relevo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 1, p. 155-167, 2017. DOI: 10.20502/rbg.v18i1.1163.
- LILLESAND, T. M; KIEFER, R. W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. 5. ed. New York: John Wiley, 2004. 763 p.
- LIMA, J. S. **Estudo integrado da paisagem, geomorfologia e geotecnologias: proposta de automatização dos índices de dissecação do relevo**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018. 37p.
- MANTOVANI, J. R.; BUENO, G. T. **Uma proposta metodológica para mapear a dissecação do relevo e aplicá-la no Parque Nacional da Serra da Canastra-MG**. GEOUSP, v. 25, n. 1, p. 1-19, 2021. DOI: 10.11606/issn.2179-0892.
- MARQUES NETO, R. **Cartografia geomorfológica: revisões, aplicações e proposições**. Curitiba: CRV, 2020. 174p.
- NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2008.
- RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da; CAVALCANTI, A. de P. B. **Geoeecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 3ª edição, Fortaleza, Edições UFC, 2010.
- ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia, USP**, n. 8, p. 63-74, 1994. DOI: 10.7154/RDG.1994.0008.0006.
- ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia, USP**, v. 6, p. 17-29, 1992. DOI: 10.7154/RDG.1992.0006.0002.
- SOUZA, M. J. M.; OLIVEIRA, V. P. V.. Os enclaves úmidos e subúmidos do semiárido do nordeste brasileiro. **Revista Mercator (Fortaleza)**, ano 05, n. 09. Universidade Federal do Ceará, 2006.