

Geotecnologias aplicadas à caracterização e compartimentação geoambiental do maciço residual da Serra da Aratanha - Ceará**Geotechnologies applied to the characterization and geoenvironmental compartmentation of the residual massifosum of the Serra da Aratanha - Ceará**

Paulo Emanuel Alves Lopes¹

Gislania de Meneses Silva²

Lara Lima Lourenço³

Maria Lúcia Brito da Cruz⁴

Resumo

As geotecnologias têm se consolidado como ferramentas fundamentais nos estudos ambientais, permitindo análises detalhadas da paisagem e a identificação de padrões ambientais em diferentes escalas. A integração de técnicas como geoprocessamento, sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas (SIG) amplia a capacidade investigativa, favorecendo a caracterização do ambiente geológicos, geomorfológicos e pedológicos. No contexto do semiárido brasileiro, os maciços residuais representam ambientes estratégicos para a conservação hídrica e a sustentabilidade territorial. Este estudo tem como objetivo aplicar técnicas digitais para a caracterização e compartimentação geoambiental do Maciço Residual da Serra da Aratanha, localizado na região metropolitana de Fortaleza (CE). Os resultados evidenciaram a caracterização geoambiental da área e a delimitação de compartimentos distintos do maciço, a saber: Superfície de Platô Dissecado, Superfície de Platô Conservado, Vertente Norte Oriental, Vertente Norte-Occidental, Vertente Meridional, Rebordos e Degraus Estruturais. Essa compartimentação permitiu reconhecer a

1 Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará, e-mail: paulo.emanuel@aluno.uece.br, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9722-995X>.

2 Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará, e-mail: gislania.meneses@aluno.uece.br, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1343-1550>.

3 Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará, e-mail: lara.lourenco@aluno.uece.br, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3068-2378>.

4 Doutora e professora do Programa de Pós-Graduação de Geografia da Universidade Estadual do Ceará, e-mail: lucia.cruz@uece.br, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2202-923X>.

diversidade morfoestrutural e funcional da Serra da Aratanha, destacando sua relevância na dinâmica ambiental e na organização do território.

Palavras-Chave: Sensoriamento Remoto; Modelo Digital de Elevação; Análise Topográfica.

Abstract

Geotechnologies have established themselves as fundamental tools in environmental studies, enabling detailed landscape analyses and the identification of environmental patterns at different scales. The integration of techniques such as geoprocessing, remote sensing, and geographic information systems (GIS) expands investigative capabilities, favoring the characterization of geological, geomorphological, and pedological environments. In the Brazilian semiarid region, residual massifs represent strategic environments for water conservation and territorial sustainability. This study aims to apply digital techniques to the geoenvironmental characterization and compartmentalization of the Serra da Aratanha Residual Massif, located in the metropolitan region of Fortaleza, Ceará. The results demonstrated the geoenvironmental characterization of the area and the delimitation of distinct compartments within the massif, namely: Dissected Plateau Surface, Preserved Plateau Surface, Northeastern Slope, Northwestern Slope, Southern Slope, Structural Ridges, and Steps. This compartmentalization allowed us to recognize the morphostructural and functional diversity of the Serra da Aratanha, highlighting its relevance in the environmental dynamics and organization of the territory.

Keywords: Remote Sensing; Digital Elevation Model; Topographic Analysis.

Introdução

As geotecnologias têm desempenhado um papel cada vez mais relevante nos mapeamentos geomorfológicos e nos estudos ambientais, permitindo análises detalhadas da paisagem e o reconhecimento de padrões ambientais em diferentes escalas. O uso integrado de técnicas como o geoprocessamento, o sensoriamento remoto e os sistemas de informações geográficas (SIG) tem ampliado a capacidade de investigação em pesquisas voltadas à compartimentação geoambiental, possibilitando uma representação espacial mais precisa de elementos naturais e suas interações (PEREZ FILHO; LÄMMLE; MOREIRA, 2020).

A aplicação dessas ferramentas possibilita não apenas a caracterização do relevo, mas também a identificação de feições associadas à cobertura pedológica, ao uso e

ocupação da terra e à rede hidrográfica, aspectos fundamentais para a compreensão da dinâmica físico-ambiental de uma região.

No contexto brasileiro, estudos voltados para maciços residuais assumem importância significativa por representarem áreas de elevada fragilidade ambiental e de grande influência nos processos hidrológicos locais. Essas formações se destacam por suas peculiaridades geomorfológicas e pela relação direta com a disponibilidade hídrica e a ocupação do território. A análise geoambiental dessas áreas, aliada às ferramentas digitais, contribui para subsidiar políticas de planejamento territorial, conservação ambiental e manejo sustentável dos recursos naturais.

Diante desse cenário, o presente estudo tem como objetivo aplicar técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para a caracterização e compartimentação geoambiental do Maciço Residual da Serra da Aratanha - Ceará. Situado na região metropolitana de Fortaleza, esse maciço constitui uma feição geomorfológica de grande relevância, tanto por sua função ecológica quanto por sua interação com processos de urbanização e uso do solo.

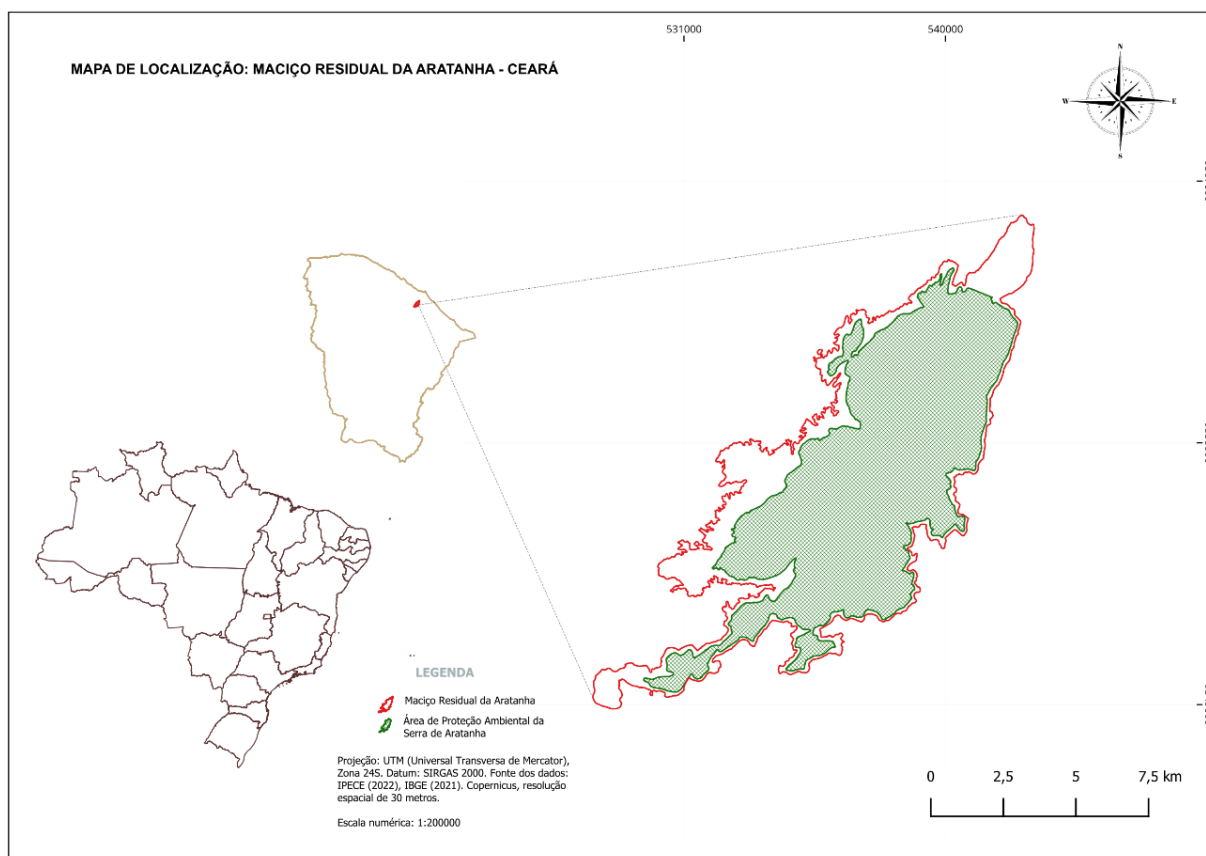
Nesse contexto, busca-se integrar diferentes planos de informação em ambiente SIG, possibilitando a construção de uma visão abrangente da estrutura físico-ambiental da Serra da Aratanha. Tal abordagem não apenas subsidia a compreensão da dinâmica natural local, como também fornece um modelo metodológico passível de aplicação em outros maciços residuais, ampliando seu potencial de contribuição para estudos comparativos e para o planejamento territorial em áreas semelhantes.

Caracterização da área de estudo

O recorte espacial da área de estudo é a Serra de Aratanha (Figura 1) localizada entre Maranguape, Maracanaú, Pacatuba e Guaiúba. Reconhecendo a relevância desse maciço para a estabilidade ambiental local, foi instituída a Área de Proteção Ambiental da Serra de Aratanha, conforme o Decreto Estadual n.º 24.959/98. A Área de Proteção Ambiental (APA) da Serra da Aratanha enquadra-se na categoria de Unidade de Conservação de Uso Sustentável, que tem como finalidade compatibilizar a conservação da biodiversidade

com o uso sustentável dos recursos naturais, possibilitando a presença de populações humanas e o desenvolvimento de atividades econômicas, desde que conduzidas de forma ambientalmente adequada.

Figura 1 – Mapa de Localização do Maciço Residual da Aratanha



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Segundo Cruz, Mendes e Cardins (2020), as "serras úmidas", como a Aratanha, possuem vegetação mais densa e umidade relativa elevada, contrastando com o semiárido circundante. A Serra da Aratanha exemplifica esses enclaves, apresentando vegetação exuberante e maior umidade, em contraste marcante com a aridez da região.

Do ponto de vista ecológico, a Serra da Aratanha possui grande importância, abrigando uma diversidade de espécies nativas e desempenhando um papel crucial no fornecimento de recursos hídricos para as áreas ao redor. Além disso, a serra oferece vistas

panorâmicas que atraem turistas interessados em ecoturismo e na exploração das belezas naturais da região.

Enfatiza-se que a serra está integrada à Área de Proteção Ambiental (APA) da Serra da Aratanha, uma unidade de conservação criada com o objetivo de preservar os recursos naturais e a biodiversidade da região.

Metodologia

A metodologia adotada neste estudo foi organizada em quatro etapas principais: aquisição de dados, tratamento e processamento, compartimentação geoambiental e análise/validação dos resultados.

A aquisição de dados para o desenvolvimento da pesquisa baseou-se em diferentes fontes cartográficas e geoespaciais. Foram utilizadas cartas topográficas do IBGE, bem como bases vetoriais disponibilizadas pela ANA e pela SEMACE, que forneceram suporte para a caracterização do meio físico.

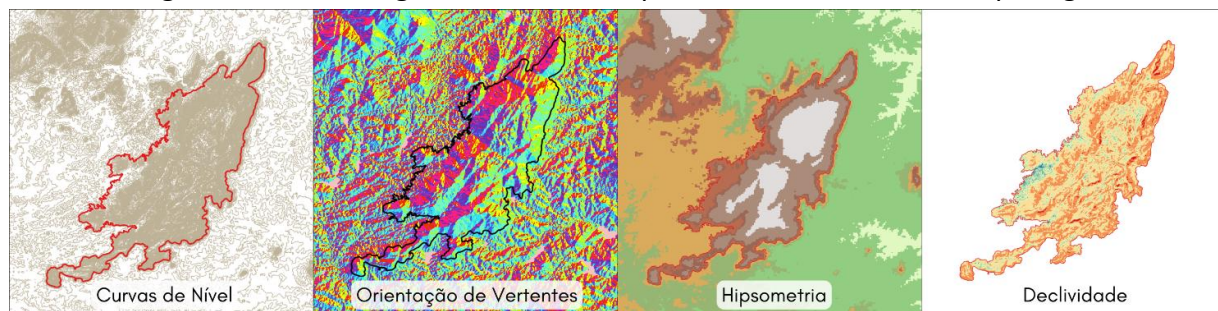
Para a representação altimétrica e análise do relevo, recorreu-se a Modelos Digitais de Elevação ou Superfície (MDE/MDS) provenientes das missões SRTM e Copernicus, ambos com resolução espacial de 30 metros. Além disso, foram incorporados dados secundários de natureza geológica, pedológica e climática, disponibilizados por instituições oficiais como CPRM, FUNCEME e IBGE, assegurando maior robustez à análise integrada do ambiente estudado.

O tratamento e processamento dos dados envolveram diferentes etapas metodológicas. Inicialmente, foram realizados correções e ajustes, garantindo a padronização espacial dos insumos. Em seguida, procedeu-se à geração de Modelos Digitais de Elevação e Superfície (MDE/MDS) a partir das imagens SRTM e Copernicus, submetidas a correções hidrológicas para eliminar imperfeições e inconsistências relacionadas à rede de drenagem.

A partir desses modelos, foram extraídas variáveis geomorfométricas fundamentais à análise, como as curvas de nível, a hipsometria, a declividade e a orientação das vertentes

(Figura 2) parâmetros essenciais para a compreensão da dinâmica do relevo e dos processos associados à paisagem.

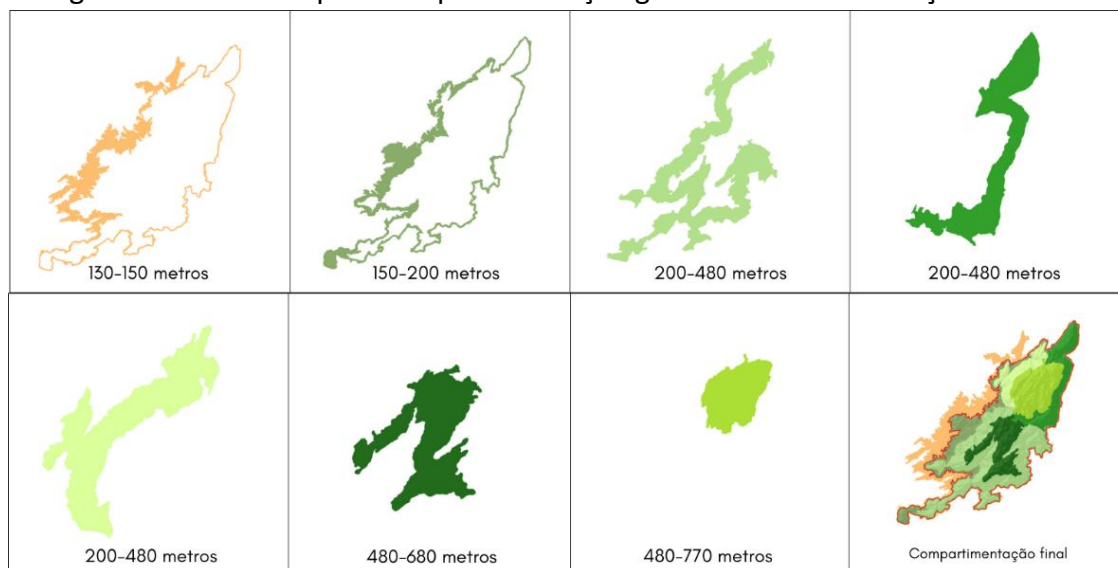
Figura 2 – Variáveis geomorfométricas para análise do relevo e da paisagem



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Para elaboração do processo de compartimentação geoambiental da serra, foram utilizados como base os trabalhos de Araújo (2014) e o relatório técnico de Souza (1999), além da integração de diferentes planos de informação, contemplando dados de geologia, relevo, solos e drenagem. A definição da compartimentação geoambiental ocorreu a partir da sobreposição temática no ambiente SIG (QGIS 3.40.10), o que possibilitou a identificação de compartimentos com características relativamente homogêneas (Figura 3).

Figura 3 – Processos para compartimentação geoambiental do Maciço da Aratanha



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Para a delimitação dessas áreas, empregou-se o Modelo Digital de Superfície (MDS) do Copernicus, com resolução de 30 metros, complementado por análises morfométricas e refinado por interpretação visual, assegurando maior precisão na representação espacial da área estudada.

A análise e validação dos resultados foi conduzida em duas etapas principais. Primeiramente, realizaram-se visitas técnicas a campo, com o objetivo de verificar a coerência da compartimentação geoambiental proposta e confrontar as unidades identificadas com as condições reais observadas.

Em seguida, efetuou-se a comparação com estudos anteriores, de modo a avaliar a compatibilidade dos limites e compartimentos estabelecidos nesta pesquisa em relação às delimitações já descritas na literatura, assegurando consistência metodológica e robustez interpretativa.

Resultados e discussão

Os resultados obtidos a partir da aplicação das técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto possibilitaram a identificação e a caracterização detalhada dos compartimentos geoambientais que compõem o Maciço Residual da Serra da Aratanha.

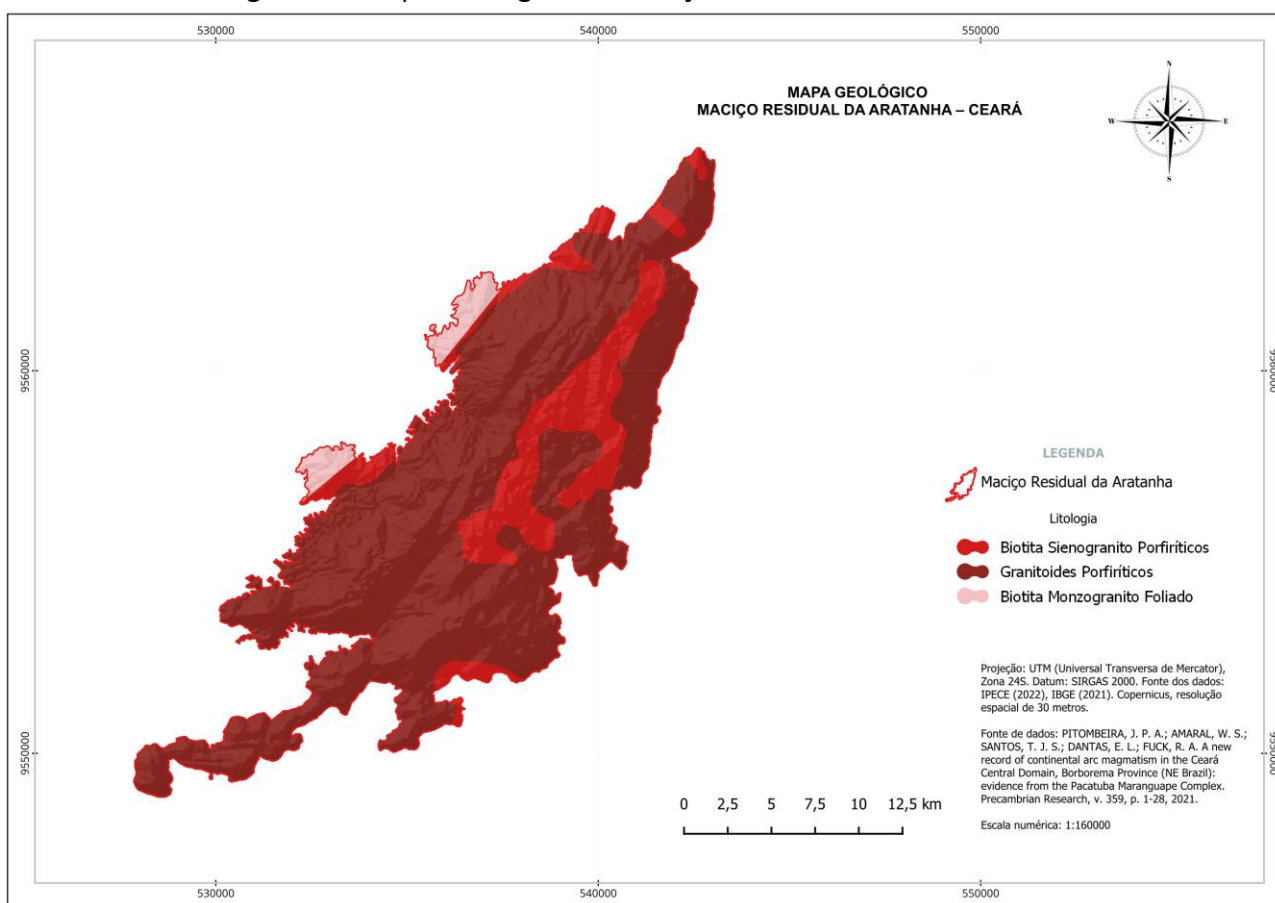
O Maciço de Aratanha, apresenta uma orientação predominante no sentido NE-SW, refletindo a dinâmica tectônica da região. A evolução geológico-geomorfológica da Província Borborema é marcada por intensos eventos tectônicos (ANGELIM et al., 2006), responsáveis pela compartimentação estrutural regional e pelos sucessivos soerguimentos que ajudam a explicar a configuração megageomorfológica atual, como a flexura marginal (PEULVAST; CLAUDINO SALES; BETARD, 2006).

Nesse contexto, destaca-se a Orogênese Brasileira, no Neoproterozoico (600–550 Ma) (ARTHAUD, 2007), que desempenhou papel fundamental na estruturação tectônica da província, gerando planos de deformação dúcteis com orientação predominante NE-SW e E-W frequentemente associados a intrusões graníticas distribuídas ao longo de sua extensão (ANGELIM et al., 2003; HASUI, 2012).

Os reflexos geomorfológicos desse evento resultam, sobretudo, dos condicionamentos estruturais impostos pelas deformações, os quais controlaram processos de erosão e denudação, além de favorecerem a erosão diferencial ligada à exumação de litologias pré-cambrianas contemporâneas ao evento (MAIA; BEZERRA, 2014). Assim, observa-se que o maciço analisado, com orientação predominante NNE-SSW, expressa de forma clara o controle estrutural regional herdado do Ciclo Brasileiro.

Este maciço é caracterizado por litologias de Biotita Sienogranito Porfíricos em contato com Granitoides Porfíricos de granulação grossa, e Biotitas Monzogranito Foliadas (PITOMBEIRA et al., 2021). Essas litologias (Figura 4) são representativas das condições tectônicas e de formação da região, que estão intimamente ligadas aos eventos do Neoproterozóico, associados à Orogênese Brasileira, como descrito anteriormente.

Figura 4 – Mapa Geológico do Maciço Residual da Aratanha



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Do ponto de vista geomorfológico, tais informações permitem avançar nas discussões sobre erosão diferencial. A serra da Aratanha integra geomorfológicamente os planaltos residuais, que são formas de relevo que se desenvolveram sobre escudos cristalinos muito erodidos ao longo de milhões de anos. Eles representam áreas elevadas e geralmente planas, que foram preservadas da erosão mais intensa que ocorreu ao redor da serra. No caso da Aratanha, essas formações estão localizadas em uma região que faz parte desse contexto geológico mais antigo e erodido, caracterizado pelos Escudos e Maciços Antigos (SOUZA, 2000).

O magmatismo que originou os granitoides da área de estudo está associado ao processo de fechamento do Oceano Goiás-Farusiano (CORDANI et al., 2013). Durante o Neoproterozoico, a subducção da litosfera oceânica sob a região central do Gondwana Ocidental desencadeou pulsos magmáticos ascendentes, entre 660 e 620 Ma (PITOMBEIRA et al., 2021), que se instalaram nos níveis mais superficiais da crosta, composta por rochas metassedimentares e metavulcânicas (CORDANI et al., 2013).

Cordeiro et. al. (2023) afirmam que os maciços graníticos de Aratanha e Maranguape destacam-se como relevos residuais na superfície erosiva rebaixada, em razão da maior resistência dos granitoides porfiríticos e sienogranitos frente à denudação química e física. Esse contraste litológico favoreceu, por meio da erosão diferencial, o maior desgaste do embasamento encaixante, formado predominantemente por monzogranitos enriquecidos em minerais máficos, como biotita e muscovita. A presença desses minerais, em detrimento dos constituintes félsicos, confere menor coesão ao embasamento, tornando-o mais vulnerável ao intemperismo físico-químico.

Assim, as características faciológicas dos monzogranitos condicionaram os processos denudacionais responsáveis pelo rebaixamento da superfície, culminando na individualização dos maciços da Aratanha e Maranguape. Nesses corpos, a mineralogia mais resistente, marcada pela predominância de quartzo, feldspato potássico e plagioclásio, garante maior estabilidade frente à erosão, explicando sua expressão topográfica atual (CORDEIRO et. al., 2023).

As informações a seguir (Quadro 1) retrata sobre as formas morfoestruturais, os compartimentos do relevo, os processos de morfogênese e as feições resultantes, destacando como a estrutura geológica e os agentes de modelagem atuam na configuração da paisagem dessa região.

Quadro 1 - Relevo: Estrutura, Compartimentação e Morfogênese da área

| Formas Morfoestruturais | Relevo | Compartimentação do Relevo | Morfogênese | Feições do relevo |
|--|-----------------------------|--|---|---|
| Escudos e Maciços Antigos / Pré-Cambrianos | Maciço Residual da Aratanha | Superfície de Platô Dissecado Superfície de Platô Conservado Vertente Norte Oriental Vertente Norte-Occidental Vertente Meridional Rebordos | Erosão diferencial sobre rochas cristalinas e tectonismo antigo | Relevo elevado, vertentes íngremes, convexo, drenagem entalhada e formas aguçadas |
| | Degraus Estruturais | Degraus Estruturais do Maciço de Aratanha | Diferentes fases de soerguimento e erosão ao longo de milhões de anos | Feições geomorfológicas escalonadas resultantes da erosão diferencial sobre distintos tipos de rochas |

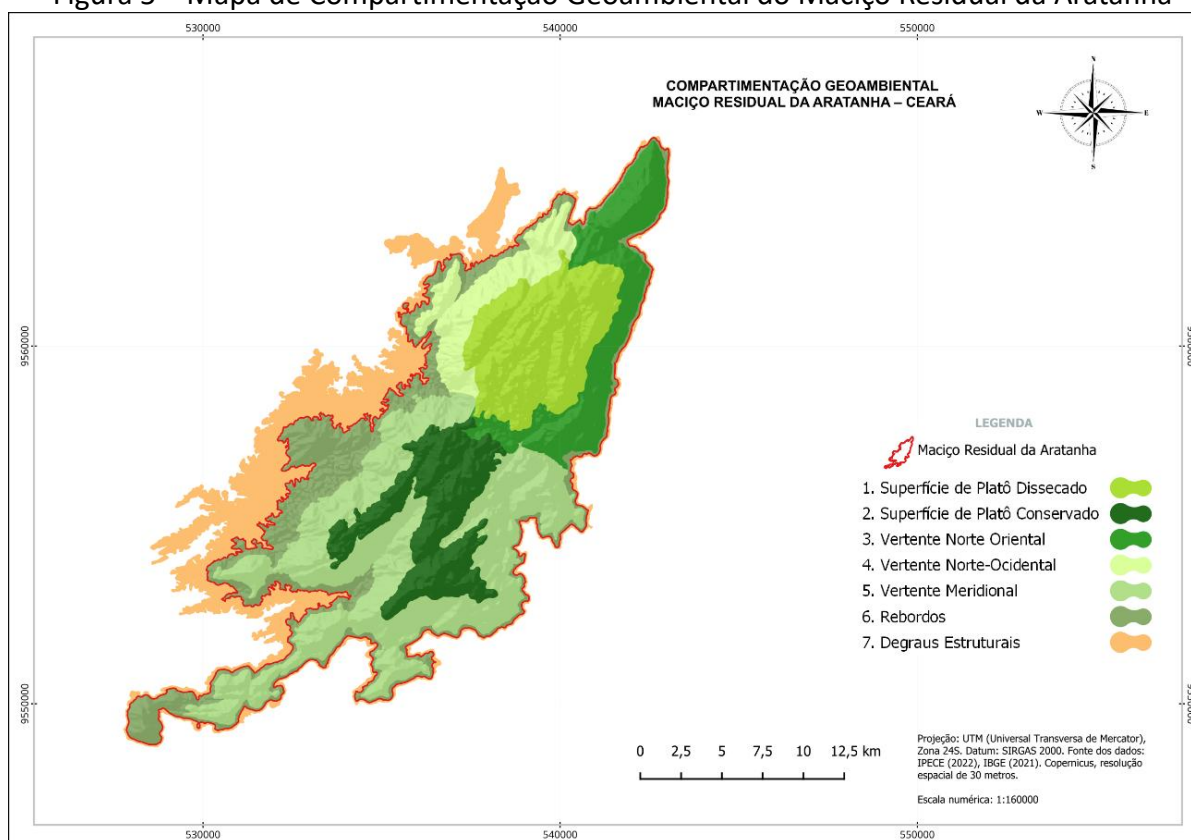
Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

A partir da leitura dessas questões foi realizado uma compartimentação do relevo que permitiu distinguir áreas de topos elevados, com altitudes superiores a 700 metros e declividades acentuadas, associadas a setores de maior fragilidade ambiental, de zonas intermediárias caracterizadas por encostas médias e transições para áreas de uso antrópico mais intenso. Também foram delimitadas porções de baixada, situadas nas bordas do maciço, onde predominam terrenos suavemente ondulados, maior densidade de ocupação e maior susceptibilidade a processos de alteração da cobertura natural.

A representação cartográfica obtida (Figura 5) evidencia a diversidade de ambientes que compõem a Serra da Aratanha e possibilita compreender sua dinâmica natural de forma

mais integrada. Além de subsidiar análises ambientais locais, o mapa configura-se como uma ferramenta metodológica passível de replicação em outros maciços residuais do Ceará, fornecendo subsídios ao planejamento territorial e à gestão ambiental regional.

Figura 5 – Mapa de Compartimentação Geoambiental do Maciço Residual da Aratanha



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

O mapa de compartimentação geoambiental revela a heterogeneidade espacial do território estudado, destacando áreas de platô dissecado (1333,858 km²), platô conservado (1092,880 km²) e vertentes norte e meridional (1090,118 km²; 2801,165 km², respectivamente). A seguir (Quadro 2) distribuição desses compartimentos, a elevação e a área em km², pode ser observada a seguir.

Quadro 2 - Compartimentação Geoambiental

| Compartimento Geoambiental | Elevação(m) | Área (km ²) |
|-------------------------------|-------------|-------------------------|
| Superfície de Platô Dissecado | 480-770 | 1333,858 |

| | | |
|--------------------------------|---------|----------|
| Superfície de Platô Conservado | 480-680 | 1092,880 |
| Vertente Norte Oriental | 200-480 | 1090,118 |
| Vertente Norte-Occidental | 200-480 | 641,078 |
| Vertente Meridional | 200-480 | 2801,165 |
| Rebordos | 150-200 | 1989,919 |
| Degraus Estruturais | 130-150 | 2037,067 |

Elaborado pelo autor (2025)

A análise espacial desses compartimentos permite compreender como a topografia e a cobertura do solo modulam os fluxos hídricos, sendo fundamental para o planejamento de uso do solo, prevenção de riscos naturais e gestão sustentável de recursos hídricos. A integração de dados de compartimentação geoambiental com modelos hidrológicos pode, portanto, fornecer subsídios robustos para decisões de manejo territorial, conservação ambiental e mitigação de impactos antrópicos.

A Superfície Úmida do Platô Dissecado, situada na parte centro-norte da serra, apresenta altitudes que variam entre 480 e 770 metros. Essa região é composta por superfícies pediplanadas retrabalhadas e dissecadas, com relevo acidentado devido à elevada densidade de drenagem dendrítica e subdendrítica, intensificada pela impermeabilidade dos terrenos.

Com relevo mais acidentado, indica intensa atividade erosiva, resultando em maior transporte de sedimentos para as vertentes adjacentes. Os processos erosivos lineares predominantes contribuem para a formação de cristas, colinas convexas e interflúvios tabulares. O solo predominante é o Argissolo Vermelho-Amarelo, que sustenta vegetação de mata úmida exuberante, mesmo em períodos de estiagem (SEMACE, 2002).

A Superfície Úmida do Platô Conservado, localizada na porção centro-sul do maciço, apresenta níveis altimétricos entre 480 e 680 metros. Com declividades suaves de 5% a 15%, essa área possui vales abertos e relevo ondulado, com drenagem moderadamente densa e alta pluviosidade (1.100 a 1.400 mm anuais). Essa área demonstra maior estabilidade geomorfológica, sendo potencialmente mais eficiente na retenção de água e manutenção da vegetação nativa.

A Vertente Norte-Oriental, abrange altitudes de 200 a 480 metros e caracteriza-se por vertentes íngremes e fortemente onduladas, com relevo acidentado marcado por vales em forma de "V" e drenagem radial e dendrítica, além disso faz parte do alto curso da bacia do rio Cocó que drena em direção a Fortaleza e desemboca a leste da cidade. Essa vertente é responsável por formar o Rio Cocó e suas cachoeiras, como a Bica das Andreas, que são atração turística da região (SEMACE, 2002; BASTOS, 2011).

A Vertente Norte-Occidental está situada no setor de sotavento, tem em sua formação pedológica o solo como o Argissolos Vermelho-Amarelos, que está degradado devido à substituição da vegetação original, composta por mata seca, por caatinga arbustiva, intensificando a vulnerabilidade ambiental (SEMACE, 2002; BRANDÃO, 1995), além de que apresenta altitudes variando entre 200 e 480 metros. Essa área possui vertentes escarpadas e íngremes, com menor oferta hídrica e drenagem sazonal, o que a torna altamente suscetível à lixiviação e erosão em períodos chuvosos, especialmente em áreas desmatadas.

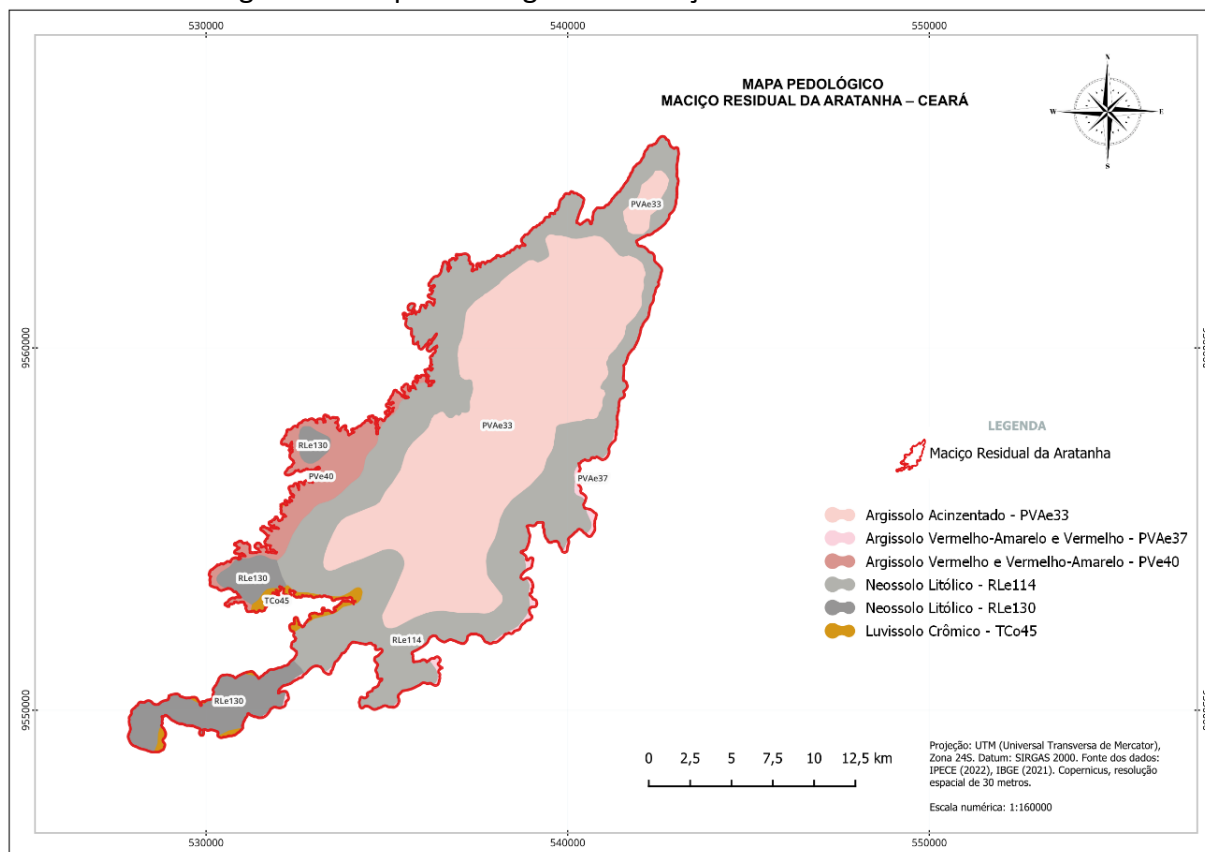
A Vertente Meridional, localizada na porção sudoeste da serra, também apresenta elevações entre 200 e 480 metros. Apresenta relevo ondulado a muito ondulado, com drenagem pouco expressiva e solos arenosos em áreas mais altas. Nas baixas vertentes, encontram-se Argissolos Vermelho-Amarelos, que suportam vegetação de caatinga e mata seca, já impactadas pelo avanço das práticas agrícolas e desmatamento.

Os Rebordos, correspondem a áreas com altitudes de 150 a 200 metros, localizadas nas bordas da serra, em transição para terrenos mais planos. Nessas áreas, o relevo suavizado apresenta drenagem menos densa e solos arenosos com baixa fertilidade, frequentemente impactados pela ação humana. A vegetação de caatinga arbustiva é predominante, sendo caracterizada pela fragmentação e vulnerabilidade à erosão, devido ao uso inadequado do solo (SEMACE, 2002). Os degraus estruturais, variam de 130 a 150 metros, são unidades em declive acentuado entre compartimentos altimétricos, associadas à dissecação de antigos planaltos.

O mapa pedológico do Maciço Residual da Aratanha (Figura 6) evidencia a complexidade ambiental dessa unidade geomorfológica, caracterizada pela predominância de Argissolos Acinzentados (PVAe33) e Argissolos Vermelho-Amarelo e Vermelho (PVAe37)

no núcleo central, enquanto nas bordas sobressaem os Neossolos Litólicos (RLe114 e RLe130) e, em áreas restritas, a presença de Luvisolos Crômicos (TCc45).

Figura 6 – Mapa Pedológico do Maciço Residual da Aratanha



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Os Argissolos são solos heterogêneos, desenvolvidos em ambientes tropicais úmidos, são encontrados em regiões da serra com alta pluviosidade. Esses solos são notáveis por sua camada rica em argila, que melhora significativamente a retenção de água e nutrientes, contribuindo para sua alta fertilidade. Segundo o SiBCS (Sistema Brasileiro de Classificação de Solos), "eles possuem um horizonte B textural imediatamente abaixo de um horizonte A ou E; além disso o B textural deve apresentar argila de atividade baixa ou, excepcionalmente, alta se conjugada com a saturação por alumínio também alta."

A ocorrência de Neossolos Litólicos nas bordas indica ambientes de forte dissecação e declividade acentuada, onde o solo é raso, pedregoso e altamente vulnerável a processos

erosivos. Essa distribuição está intimamente relacionada à dinâmica geomorfológica de escarpas e encostas, onde o intemperismo físico supera a pedogênese.

A presença pontual de Luvisolos Crômicos, ainda que restrita em área, é relevante por indicar condições edáficas de alta fertilidade natural, associadas a ambientes de transição entre relevo montanhoso e superfícies mais estáveis. Contudo, sua localização em áreas declivosas pode limitar o uso agrícola, exigindo práticas conservacionistas rigorosas.

Segundo a Funceme (Quadro 3), a seguir verifica-se a classificação dos solos e suas respectivas características.

Quadro 3. Classificação dos solos conforme a FUNCEME

| SOLO | CÓDIGO | DESCRIÇÃO |
|---------------------------------------|--------|--|
| Argissolo Acinzentado | PVAe33 | Ass.: Gr. Indif.: ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO e VERMELHO Eutrófico léptico cambissólico e típico, textura média/argilosa + NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragmentário e típico, textura média, fase pedregosa e rochosa, substrato gnaisse + Gr. Indif.: CAMBISSOLO HÁPLICO Tb e Ta Eutrófico e Distrófico típico, textura média, fase substrato gnaisse, todos A proeminente e moderado, fase floresta caducifólia e subcaducifólia, relevo forte ondulado e montanhoso (50% + 30% + 20%). |
| Argissolo Vermelho-Amarelo e Vermelho | PVAe37 | Ass.: Gr. Indif.: ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO e VERMELHO Eutrófico léptico cambissólico e típico, textura média/média e argilosa, A moderado e proeminente + Gr. Indif.: LUVISSOLO CRÔMICO Órtico e Pálico solódico e típico, textura média/ argilosa + NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragmentário e típico, fase pedregosa e rochosa, substrato gnaisse, todos fase caatinga hipoxerófila e floresta caducifólia, relevo suave ondulado (45% + 30% + 25%). |
| Argissolo Vermelho e Vermelho-Amarelo | PVe40 | Ass.: Gr. Indif.: ARGISSOLO VERMELHO e VERMELHO-AMARELO Eutrófico léptico cambissólico e típico, textura média/argilosa + NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragmentário e típico, fase pedregosa e rochosa, substrato gnaisse, ambos fase caatinga hipoxerófila e floresta caducifólia, relevo suave ondulado e ondulado (65% + 35%). |
| Neossolo Litólico | RLe114 | Ass.: NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragmentário e típico, textura média, fase pedregosa e rochosa, substrato gnaisse + Gr. Indif.: ARGISSOLO VERMELHO- AMARELO e VERMELHO Eutrófico léptico cambissólico e típico, textura média/média e argilosa, ambos fase caatinga hipoxerófila/hiperxerófila, relevo forte ondulado e montanhoso + AFLORAMENTOS DE ROCHA (40% + 30% + 30%). |

| | | |
|-------------------|--------|--|
| Neossolo Litólico | RLe130 | Ass.: NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragmentário e típico, textura média, fase pedregosa e rochosa, substrato gnaiss e quartzito + Gr. Indif.: ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO e VERMELHO Eutrófico léptico cambissólico e típico, textura média/média e argilosa, todos fase caatinga hipoxerófila/hiperxerófila, relevo ondulado e forte ondulado + AFLORAMENTOS DE ROCHA (50% + 25% + 25%). |
| Luvissolo Crômico | TCo45 | Ass.: LUVISSOLO CRÔMICO Órtico solódico e típico, textura média/ argilosa + ARGISSOLO VERMELHO- AMARELO Eutrófico léptico, abrupto léptico e típico, textura média/argilosa + NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragmentário e típico, textura média, fase substrato gnaiss, todos fase pedregosa ou não, caatinga hipoxerófila/ hiperxerófila, relevo suave ondulado e plano (40% + 35% + 25%). |

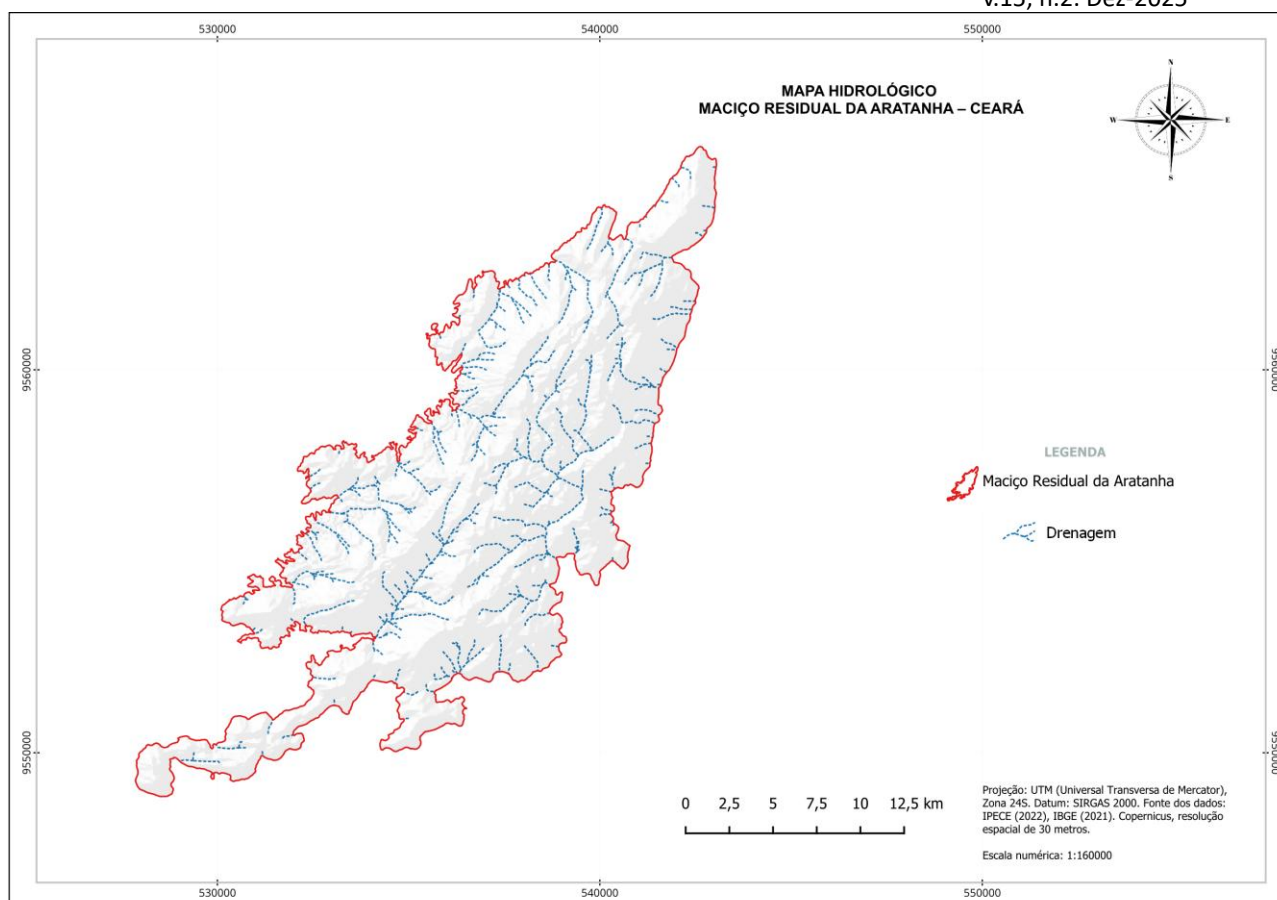
Fonte: FUNCEME, 2024

A Serra da Aratanha constitui um maciço residual de grande importância hidrológica no contexto do semiárido cearense. A altitude da serra favorece maiores índices pluviométricos locais devido ao efeito orográfico, o que se reflete na formação de nascentes, córregos e pequenos riachos que drenam suas vertentes.

Já em regiões subúmidas, a oferta hídrica é sazonal e limitada, com escoamento torrencial durante chuvas, favorecendo a lixiviação e o assoreamento de vales, principalmente em áreas desmatadas. Além disso, a rede de drenagem é moderadamente densa devido à pluviometria anual que ultrapassa os 1.500 mm (SEMACE, 2002).

A rede hidrográfica da Serra da Aratanha (Figura 7) evidencia a distribuição dos cursos d'água, nascentes e áreas de drenagem associadas ao maciço. A análise cartográfica permite identificar a importância da serra como área de recarga e de dispersão hídrica.

Figura 7 – Mapa hidrológico do Maciço Residual da Aratanha



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

O mapa acima exibe uma drenagem com padrões variados, como os sistemas dendrítico e radial, que refletem a morfologia e a impermeabilidade dos terrenos. Cabe ressaltar que em áreas úmidas, o escoamento superficial é intensificado pela elevada pluviosidade, resultando em cursos d'água permanentes que modelam o relevo por erosão linear. Vales em forma de V, corredeiras e cachoeiras são comuns em setores mais entalhados, como exemplificado pelas formações do Rio Cocó e da Bica das Andreas (BASTOS, 2011).

A análise desses fatores demonstra a complexidade de sua estrutura físico-ambiental além de compreender a diversidade do maciço e sua relevância para a dinâmica ambiental dessa região. Destaca-se a importância da Serra da Aratanha como área estratégica para a conservação hídrica, o planejamento territorial e o manejo sustentável em

contextos semiáridos, além de reforçar o potencial de replicação da metodologia em outros maciços residuais com características semelhantes.

Considerações finais

A análise integrada, fundamentada em técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, possibilitou compreender de forma detalhada a organização estrutural, geomorfológica, pedológica e hidrográfica do Maciço Residual da Serra da Aratanha. Os resultados demonstram que a configuração atual da serra é fortemente condicionada pelos eventos tectônicos associados à Orogênese Brasileira, cuja herança estrutural (orientações NE-SW e E-W) ainda se expressa no controle da compartimentação geomorfológica e na distribuição litológica predominante.

A compartimentação geoambiental revelou a heterogeneidade espacial do maciço, destacando desde áreas de topos elevados, com maior fragilidade ambiental, até as porções de baixada, intensamente ocupadas e vulneráveis a processos erosivos. Essa diferenciação permite não apenas compreender a dinâmica de formação e evolução da paisagem, mas também subsidiar ações voltadas ao planejamento territorial e à mitigação de impactos antrópicos.

Do ponto de vista geomorfológico, a Serra da Aratanha constitui um exemplo expressivo de relevo residual desenvolvido sobre escudo cristalino, cuja individualização foi favorecida pela erosão diferencial entre sienogranitos e granitoides mais resistentes em contraste com litologias mais suscetíveis à denudação.

Os aspectos pedológicos identificados confirmam a predominância de Argissolos, com maior capacidade de retenção de água e fertilidade em áreas úmidas, contrastando com Neossolos rasos e altamente vulneráveis em bordas e encostas. Essa diversidade edáfica, associada à topografia e ao uso antrópico, evidencia a necessidade de práticas de manejo diferenciadas e conservacionistas para garantir a manutenção da cobertura natural e reduzir processos de degradação.

Em termos hidrográficos, a Serra da Aratanha constitui um importante reservatório natural de água para o semiárido cearense. Sua posição topográfica favorece uma maior

captação de umidade atmosférica e a formação de nascentes que alimentam cursos d'água permanentes, como o rio Cocó, que desempenham papel central no abastecimento hídrico e no equilíbrio ambiental da Região Metropolitana de Fortaleza. Essa condição reforça o valor estratégico do maciço para a conservação dos recursos hídricos e para a regulação ambiental em um contexto marcado por forte pressão antrópica e vulnerabilidade climática.

Por fim, destaca-se que a metodologia empregada, baseada em análise geoambiental integrada e compartimentação geoambiental, mostrou-se eficaz na compreensão da complexidade físico-ambiental do maciço e apresenta grande potencial de replicação em outros sistemas residuais do Ceará. Assim, os resultados alcançados oferecem subsídios não apenas para a interpretação científica da evolução geomorfológica regional, mas também para a formulação de políticas públicas de ordenamento territorial, gestão ambiental e uso sustentável dos recursos naturais.

Agradecimentos

O apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq/Brasil).

Referências

ANGELIM, L. A. A.; VASCONCELOS, A. M.; GOMES, I. P.; SANTOS, E. J. Geotectônica do Escudo Atlântico: Província Borborema. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (Ed.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: textos, mapas & SIG**. Brasília: CPRM/ Serviço Geológico do Brasil, 2003. p. 264-281.

ARAÚJO, T. S.; Análise Espaço-Temporal do Estado de Conservação da Serra da Aratanha/Ceará. 2014. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2014.

ARTHAUD, M. H. Evolução Neoproterozoica do Grupo Ceará (Domínio Ceará Central, NE Brasil): da sedimentação à colisão continental brasileira. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília. 2007. 170p.

BASTOS, F. H.; LIMA, D. L. S.; CORDEIRO, A. M. N.; MAIA, R. P. Relevos graníticos do Nordeste brasileiro: uma proposta taxonômica. In CARVALHO JUNIOR, O. A.; GOMES, M. C. V.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T. **Revisões de Literatura Geomorfológica Brasileira**. União de Geomorfologia Brasileira, 2022. p. 737-762.

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, 1995.

CORDANI, U. G.; PIMENTEL, M. M.; ARAÚJO, C. E. G.; FUCK, R. A. The significance of the Transbrasiliano-Kandi tectonic corridor for the amalgamation of West Gondwana. **Brazilian Journal of Geology**, v. 43, n. 3, p. 583-597, 2013. DOI: 10.5327/Z2317-48892013000300012

CORDEIRO, A. M. N. et al. Geomorfologia dos maciços de Maranguape e Aratanha, Província Borborema, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira De Geomorfologia**, 24(1). 2023. <https://doi.org/10.20502/rbg.v24i1.2221>.

CRUZ, M. L. B.; MENDES, L. M. S.; ALMEIDA, I. C. S. **Contexto geoambiental do semiárido do Nordeste brasileiro: temas geográficos**. Livro eletrônico. EdUECE, 2020.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS (FUNCEME). **Base digital de solos em formato shapefile**. 2024.

HASUI, Y. Sistema Orogênico Borborema. HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; ALMEIDA, F. F. M.; BARTORELLI, A. (Org.). **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2012. p. 254-288.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. Condicionamento estrutural do relevo no nordeste setentrional brasileiro. **Mercator**, v. 13, n. 1, p. 127-141, 2014. DOI: 10.4215/RM2014.1301. 0010.

PEREZ FILHO, A.; LÄMMLE, L.; MOREIRA, V. B. Geotecnologias e suas abordagens em estudos geomorfológicos: desafios e possibilidades para além dos sistemas de informações geográficas (SIG). **William Morris Davis – Revista de Geomorfologia**, Campinas, 2020.

PEULVAST, J.P.; CLAUDINO-SALES, V.; BETARD, F. Reconstruindo a evolução de uma margem continental passiva: um estudo morfogenético do Nordeste brasileiro. In: BORZACHIELLO DA SILVA, J.; LIMA, L. C.; ELIAS, D. (eds.). **Panorama da geografia brasileira**. São Paulo: Annablume, 2006. p. 277-317.

PITOMBEIRA, J. P. A.; AMARAL, W. S.; SANTOS, T. J. S.; DANTAS, E. L.; FUCK, R. A. **A new record of continental arc magmatism in the Ceará Central Domain, Borborema Province (NE Brazil): evidence from the Pacatuba Maranguape Complex**. *Precambrian Research*, v. 359, p. 1-28, 2021.

SOUZA, M. J. N. **Unidades geoambientais do Estado do Ceará: uma abordagem integrada**. Fortaleza: Edições UFC, 2000.

SOUZA, M. J. N. **Zoneamento ambiental e plano de gestão da área de proteção ambiental (APA) da Serra da Aratanha (CE)**. 1999. Relatório técnico.

Superintendência Estadual do Meio Ambiente. **Zoneamento Ambiental e Plano de Gestão da Área de Proteção Ambiental (APA) da Serra de Aratanha (CE)**. Convênio SEMACE / FCPC. Fortaleza, 2002.