

COMPARTIMENTAÇÃO MORFOLÓGICA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA SEMIÁRIDA DO RIO GROAÍRAS (CEARÁ, BRASIL) A PARTIR DA ANÁLISE AMBIENTAL INTEGRADA

BRENO DOS SANTOS BLANCO

Mestre em Geografia no Programa de Pós-Graduação em Geografia (PROPGE) da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA)

Email: brenosantos94@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7591-3010>

ERNANE CORTEZ LIMA

Professor Doutor do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PROPGE) da Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA

Email: ernane_cortez@uvanet.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1744-6928>

Recebido:08/26

Avaliado:09/26

Publicado:10/26

RESUMO

A análise integrada dos componentes geoambientais em bacias hidrográficas no semiárido brasileiro constitui um instrumento fundamental para a compreensão da dinâmica do relevo e o suporte ao planejamento ambiental. Este artigo tem como objetivo realizar a compartimentação morfológica da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Groaíras (SBHSRG), localizada na região noroeste do Estado do Ceará, Brasil, inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú. A metodologia fundamentou-se na abordagem geossistêmica e na análise ambiental integrada, utilizando técnicas de geoprocessamento em ambiente SIG para o cruzamento de dados litoestratigráficos, hipsométricos e de declividade, estruturados com base na taxonomia geomorfológica de Ross (1992). Foram delimitadas quatro unidades morfológicas principais: Planícies Fluviais, Depressão Sertaneja, Inselbergs e Maciços Residuais (Serras das Matas e do Machado). As altitudes na sub-bacia variam de 80 a 1.048 metros, destacando-se o amplo domínio de superfícies pediplanadas suavemente onduladas (declividades de 0 a 8%), entremeadas por relevos residuais de alta declividade e fragilidade erosiva, responsáveis pela manutenção das nascentes principais e pela recarga hídrica regional. A compartimentação morfológica obtida fornece subsídios práticos para a gestão dos recursos hídricos e o ordenamento territorial da sub-bacia, destacando a vulnerabilidade dos ecossistemas semiáridos frente aos usos antrópicos.

Palavras-chave: Compartimentação do Relevo; Geotecnologias; Semiárido Cearense; Taxonomia de Ross; Bacia do Rio Groaíras.

MORPHOLOGICAL COMPARTMENTALIZATION OF THE SEMI-ARID GROAÍRAS RIVER HYDROGRAPHIC SUB-BASIN (CEARÁ, BRAZIL) BASED ON INTEGRATED ENVIRONMENTAL ANALYSIS

ABSTRACT

The integrated analysis of geoenvironmental components in hydrographic basins within the Brazilian semi-arid region constitutes a fundamental tool for understanding relief dynamics and supporting environmental planning. This article aims to perform the morphological compartmentalization of the Groaíras River Hydrographic Sub-Basin (SBHSRG), located in the northwestern region of the State of Ceará, Brazil, embedded within the Acaraú River Basin. The methodology was based on a geosystemic approach and integrated environmental analysis, using geoprocessing techniques in a GIS environment to cross-reference lithostratigraphic, hypsometric, and slope data, structured according to Ross's (1992) geomorphological taxonomy. Four main geomorphological units were delimited: Fluvial Plains, Sertaneja Depression, Inselbergs, and Residual Massifs (Serras das Matas and do Machado). Altitudes in the sub-basin range from 80 to 1,048 meters, featuring a predominant domain of gently undulating pediplanated surfaces (slopes from 0 to 8%), interspersed with high-slope residual reliefs of high erosional fragility responsible for maintaining the main headwaters and regional water recharge. The resulting morphological compartmentalization provides practical input for water resources management and territorial planning in the sub-basin, highlighting the vulnerability of semi-arid ecosystems to anthropogenic activities.

Keywords: Relief Compartmentalization; Geotechnologies; Ceará Semi-Arid; Ross's Taxonomy; Groaíras River Basin.

INTRODUÇÃO

A região semiárida do Nordeste brasileiro apresenta uma organização espacial do relevo profundamente marcada pelo predomínio de depressões interplanálticas reduzidas a extensas superfícies de aplainamento (Ab'Sáber, 1974; Souza, 1988). Essas feições denudacionais são fruto de uma complexa evolução geodinâmica pretérita e da atuação contínua de processos morfogenéticos que combinam atuação endógena (tectonismo e exumação de corpos graníticos e metamórficos) e exógena (intemperismo e erosão sob regimes paleoclimáticos variados) (Brito Neves, 1999; Claudino-Sales & Peulvast, 2007; Maia & Bezerra, 2014). Para os autores supracitados, a singularidade da região semiárida é definida por fatores climáticos, hídricos, fitogeográficos e geomorfológicos, expressos pela irregularidade das chuvas, baixa umidade, crises hídricas recorrentes, solos rasos e a predominância de rios intermitentes.

De acordo com Lima (2012), a região do nordeste brasileiro é castigada por prolongados períodos de secas que trazem inúmeras desvantagens na perspectiva econômica e social para todos os estados que compõem a região. O estado do Ceará, inserido na região semiárida, não foge à regra, apresentando, problemas associados com o entrave econômico atrelado ao fenômeno da seca. Procurar alternativas para minimizar tal situação é seriamente necessário, e a construção de reservatórios de água no sertão semiárido é certamente uma alternativa.

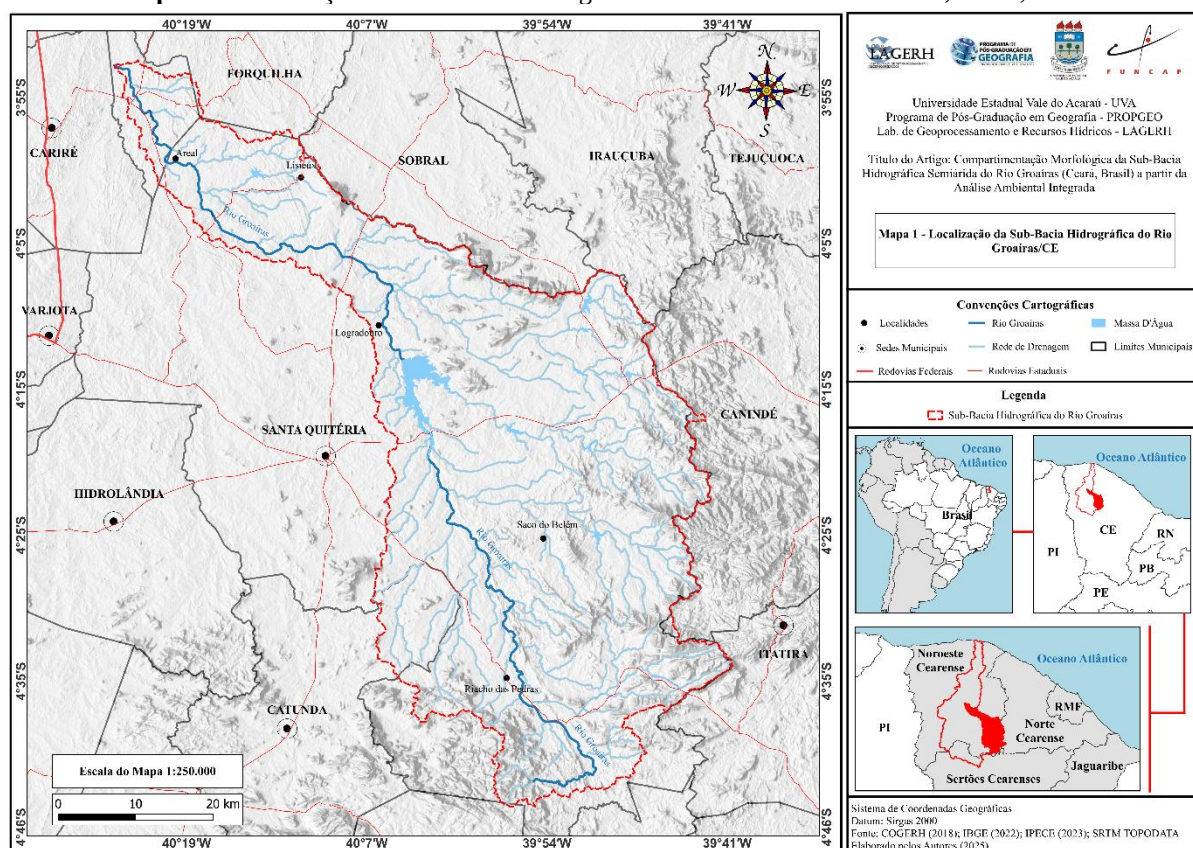
Nesse contexto geográfico, a bacia hidrográfica consagra-se como a unidade sistêmica ideal para a realização de pesquisas geoambientais integradas, por constituir uma unidade delimitada por divisores de águas onde as interações entre litologia, relevo, clima, drenagem e cobertura vegetal ocorrem de forma integrada e dinâmica (Trentin et al., 2012; Oliveira et al., 2011). Como ressaltam Carneiro e Lima (2022), o mapeamento e a compartimentação geomorfológica são etapas imprescindíveis para a apreensão dos processos modeladores da crosta, permitindo identificar setores de maior vulnerabilidade física e subsidiar decisões voltadas ao planejamento territorial, à conservação da geodiversidade e à gestão dos recursos hídricos.

Considerando a relevância de tais análises para a porção noroeste do Estado do Ceará, este artigo tem como objetivo realizar a compartimentação morfológica da Sub-Bacia Hidrográfica Semiárida do Rio Groaíras (SBHSRG), a partir de uma abordagem ambiental integrada, baseada no cruzamento de dados litoestratigráficos, hipsométricos e de declividade, estruturados sob a metodologia taxonômica de Ross (1992). Portanto, busca-se individualizar as unidades morfológicas da sub-bacia e discutir suas implicações para a sustentabilidade ambiental e o manejo de recursos hídricos regionais.

Localização da área de estudo

A Sub-Bacia Hidrográfica Semiárida do Rio Groaíras (SBHSRG), foco central desta pesquisa, integra a Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú, situado na região noroeste do Estado do Ceará (Ver mapa 1). Entre as cinco sub-bacias que compõem a BH do Acaraú, a do Rio Groaíras se destaca por sua importância estratégica do ponto de vista ambiental, econômico e pelo papel que desempenha na vida das comunidades locais e no uso dos recursos naturais. Em virtude a essa relevância que a SBHSRG foi escolhida como área de investigação desse artigo científico.

Mapa 1 – Localização da Sub-Bacia Hidrográfica Semiárida do Rio Groaíras, Ceará, Brasil



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Com uma área estimada de 2.854 Km², a SBHSRG está localizada nas cartas topográficas da SUDENE/DSG correspondente às folhas SA.24-X-D-IV (Sobral), SB.24-V-B (Santa Quitéria), SB.24-V-B-V (Itatira) e SB.24-V-B-II (Taperuaba). Sua abrangência geográfica está compreendida entre as coordenadas 39° 36' W a 40° 24' W de longitude e 3° 48' S a 4° 36' S de latitude (Ver mapa 1). Ao todo a sub-bacia engloba quatro (4) municípios cearenses: Santa Quitéria, Groaíras e pequenas áreas territoriais de Catunda, Forquilha e Sobral. Grande parte dessa sub-bacia insere-se em áreas de depressão sertaneja e em região com predominância de clima semiárido. Dentre os municípios citados destaca-se: Santa Quitéria, Groaíras e o Distrito de Taperuaba (Sobral/CE), que utilizam intensamente os recursos hídricos da sub-bacia, especialmente por meio do Açude Edson Queiroz ou Açude Serrote, o qual desempenha papel estratégico no abastecimento hídrico local e na manutenção do perímetro irrigado na BH do Acaraú.

O Rio Groaíras tem suas cabeceiras de drenagem localizadas nos altos declives dos maciços residuais da Serra das Matas e Serra do Machado, no município de Santa Quitéria. A partir de suas nascentes, o curso principal percorre trechos de forte dissecação estrutural até atingir a barragem do Açude Edson Queiroz, concluído em 1987 pelo DNOCS, com capacidade de acumulação hídrica de 254.000.000 m³ (Geosolos, 2011). Jusante ao reservatório, o rio atravessa as planícies fluviais dos Sertões de Groaíras até desaguar no canal principal do Rio Acaraú.

PROCEDIMENTOS TEÓRICOS-METODOLÓGICOS

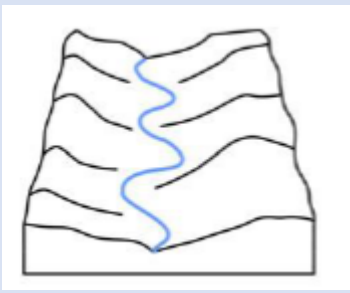
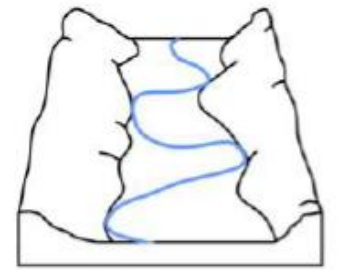
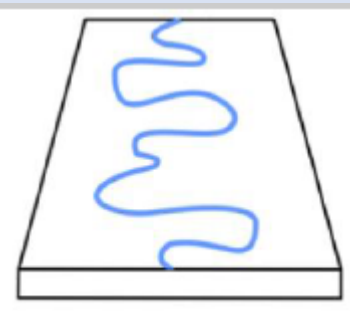
Bacias Hidrográficas como Unidades de Planejamento

Diversos estudos internacionais (Horton, 1945; Strahler, 1957, 1979; Pumo et al., 2014), brasileiros (Christofolletti, 1979, 1980, 1981; Botelho; Silva, 2004; Lima, 2004; Machado; Torres, 2012) e cearenses (Granjeiro, 2004; Lima, 2012; Rodrigues, 2016; Martins, 2017; Silva, 2019; Guimarães, 2020; Carneiro, 2022) têm utilizado a BH como unidade análise e planejamento ambiental. Todos esses estudos têm contribuído significativamente para aprofundar a compreensão sobre o funcionamento do ciclo hidrológico, os processos de erosão e sedimentação, a formação dos solos, o uso e ocupação do solo e a identificação das unidades de paisagem. Além disso, despertam a atenção para a importância de compreender as bacias hidrográficas como sistemas dinâmicos e complexos, que exigem uma abordagem integrada e multidisciplinar para sua análise e gestão (Gomes, 2015).

O conceito de BH pode variar conforme o enfoque utilizado e a ciência em que adota como unidade de análise. Do ponto de vista geomorfológico, a bacia hidrográfica é definida como um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes, portanto, a noção de bacia hidrográfica para a geomorfologia detém a existência de nascentes, divisores de água, curso d'água principais, afluentes e subafluentes. Do ponto de vista hidrológico, a bacia hidrográfica é uma área definida topograficamente, drenada por um sistema conectado de cursos d'água, da forma que, toda a vazão efluente seja descarregada através de uma simples saída, chamado de ponto exutório (Ceará, 2010). Segundo o autor mencionado, as bacias hidrográficas devem apresentar uma organização hierárquica de sua rede de drenagem, na qual o fluxo de água segue uma direção predominante, escoando das áreas mais elevadas em direção aos pontos mais baixos do relevo.

Do ponto de vista geomorfológico, Lima (2025) destaca que as bacias hidrográficas apresentam uma distinção em seu perfil longitudinal, de montante para jusante: a) Alto Curso, com maior gradiente topográfico, maior entalhe na rocha, maior poder de incisão linear e o vale na forma de “V” de ângulo agudo; b) No Médio Curso, ocorre as primeiras sedimentações, diminuição do gradiente topográfico, menor poder de incisão linear na rocha e vale em forma de “U”; c) No Baixo Curso, o gradiente topográfico é quase nulo, intensos processos de sedimentação e vale na forma de “U” de base larga – Ver quadro 1.

Quadro 1 – Setores de Bacias Hidrográficas

SETORES DA BH	GEOMORFOLOGIA	CARACTERÍSTICAS
Alto Curso 	Maior Gradiente Topográfico Vale em Forma de “V”	Presença de topos e vertente de maciços residuais secos e subúmidos e Inselbergues.
Médio Curso 	Diminuição do Gradiente Topográfico Vale em Forma de “U”	Em áreas de clima semiáridos, ocorre a presença de superfícies de aplainamento e de planícies fluviais que sofrem com processos de desmatamento da mata ciliar e descaracterização dos diques marginais.
Baixo Curso 	Gradiente Topográfico quase nulo Vale em Forma de “U” de Base Larga	Presença de áreas com manguezais, dunas e da planície fluvio-marinha com intenso processo de ocupação

Fonte: Lima (2025). Elaborado pelo Autor

Machado e Torres (2012) argumentam que as bacias hidrográficas vêm sendo adotadas como unidades físico-territoriais em muitos países, como França, Espanha, Países Baixos e Reino Unido. No Brasil, a Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), que estabelece a gestão integrada, descentralizada e participativa, adotando as bacias hidrográficas como unidades de estudo e de gestão para a implementação da PNRH (Brasil, 1997).

Para Rodriguez (2005) e Lima e Silva (2015), às bacias hidrográficas são definidas como totalidades sistêmicas, formadas pelas interações e articulações entre diversos sistemas ambientais, ecossistemas e geossistemas. Segundo Nascimento e Vilaça (2008), as bacias hidrográficas configuram-se como unidades espaciais de fácil identificação e caracterização. Essa facilidade decorre do fato de que toda a superfície terrestre está inserida em alguma bacia, o que permite avaliar os impactos das ações humanas que alteram o equilíbrio natural desses sistemas. Para Tonello (2005), a bacia hidrográfica deve ser compreendida como uma unidade fundamental para o planejamento voltado à conservação dos recursos hídricos.

A escolha dessas definições parte da premissa de considerar a bacia hidrográfica como unidade espacial apropriada à gestão e ao ordenamento ambiental. No entanto, diversos autores também oferecem contribuições relevantes a essa conceituação, como Araújo, Almeida e Guerra (2005), Barella (2011) e Christofolletti (1999). As definições apresentadas por esses estudiosos convergem ao descrever a bacia hidrográfica como uma área drenada por um rio principal e seus afluentes, delimitada por divisores topográficos responsáveis pela captação da água, conduzida pela força da gravidade das regiões mais elevadas às mais baixas. Ainda assim, as definições de Nascimento e Villaça (2008) e Tonello (2005) são as que melhor se adequam aos objetivos deste estudo.

Pires, Santos e Del Prete (2008, p. 17) observam que "o conceito de bacia hidrográfica vem sendo cada vez mais expandido e utilizado como unidade de gestão da paisagem na área de planejamento ambiental". Lourenço (2013), ao citar Lanna (2005), destaca que essa adoção apresenta tanto benefícios quanto limitações. Entre os benefícios, está o fato de que "a rede de drenagem de uma bacia consiste em caminhos para o entendimento das relações de causa e efeito, especificamente, aquelas relacionadas ao meio hídrico" (Lourenço, 2013, p. 36). Por outro lado, as desvantagens emergem "quando a gestão se depara com os entraves da burocracia dos limites estaduais e municipais, que não respeitam os divisores naturais da bacia e, por consequência, comprometem as relações de causa e efeito de natureza político-econômica" (Lourenço, 2013, p. 36).

Ainda segundo Pires, Santos e Del Prete (2008), um dos desafios na utilização da bacia hidrográfica como unidade de análise é sua inadequação em certos contextos, como nos estudos da dinâmica trófica, bem como em análises socioeconômicas que frequentemente extrapolam os limites da bacia, requerendo o uso de divisões político-administrativas, como municípios e estados.

O uso da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão ambiental, alinhado aos princípios do desenvolvimento sustentável, deve buscar alcançar três objetivos fundamentais: (1) o desenvolvimento econômico, (2) a equidade social, econômica e ambiental e (3) a sustentabilidade ecológica (Pires; Santos; Del Prete, 2008). Tais metas evidenciam a interdependência entre crescimento econômico, justiça social e proteção ambiental, demonstrando a importância da conservação dos sistemas e subsistemas existentes nas bacias.

Procedimentos Técnicos-Operacionais

Para a realização do estudo proposto, fundamentado nas bases teórico-metodológicas da análise ambiental integrada, foi conduzido um levantamento bibliográfico abrangente em periódicos científicos, revistas especializadas, dissertações, teses e sites de órgãos federais e estaduais que abordam temáticas relacionadas ao estudo realizados. Esse levantamento consistiu na revisão e atualização da literatura pertinente aos conceitos que norteiam a pesquisa, incluindo: Análise Ambiental Integrada, Bacias Hidrográficas como unidade de planejamento ambiental e Mapeamento Geomorfológico.

Portanto, a presente pesquisa busca realizar um estudo integrado sobre a geologia e a geomorfologia da SBHSRG/CE, para tal tornou-se necessário seguir quatro etapas metodológicas, descritas a seguir.

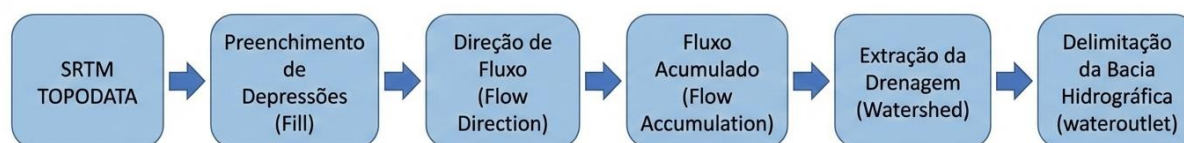
1ª Etapa (Delimitação do Polígono correspondente à SBHSRG/CE e da Rede de Drenagem)

Inicialmente, a delimitação da área de estudo foi realizada com base em dados cartográficos disponibilizados pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH). Por meio de técnicas de geoprocessamento, esses dados subsidiaram a elaboração do mapa de

localização e dos demais produtos temáticos, os quais foram gerados no Sistema de Coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM), Datum SIRGAS 2000, Zona 24S.

O método utilizado para a delimitação do polígono da SBHSRG/CE foi o de delimitação automática de acordo com Alves Sobrinho et al. (2010) e Rosan et al. (2013) que segue as seguintes etapas: 1) Preenchimento de falhas nos dados topográficos do SRTM TOPODATA (Fill Sinks); 2) Determinação da direção de fluxo hídrico na área de estudo (Flow Direction); 3) Determinação da acumulação de fluxo (Flow Accumulation); 4) Delimitação da rede de drenagem (Watershed); 5) Delimitação da bacia através do exutório através da ferramenta Wateroutlet. A figura 1 apresenta os passos para a delimitação automática.

Figura 1 – Fluxograma de delimitação automática de bacia hidrográfica



Fonte: Elaborado pelos autores com base em Alves Sobrinho *et al.* (2010) e Rosan *et al.* (2013).

2ª Etapa (Produção do Mapa de Geologia)

Para a elaboração do mapa de geologia, utilizou-se como referência o Mapa de Geologia do Estado do Ceará (Pinéo et al., 2020) na escala de 1:500.000, o relatório do Projeto Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado do Ceará (Pinéo; Palheta, 2021) e o Projeto Geodiversidade do Estado do Ceará (Brandão; Freitas, 2014). Tais fontes subsidiaram a descrição das unidades litoestratigráficas e a definição das cores das legendas, conforme o padrão disponível no portal da CPRM (Serviço Geológico do Brasil). A partir desses dados, foi possível elaborar a coluna estratigráfica da sub-bacia do rio Groaíras, bem como a legenda do mapa, baseando-se nas informações cronoestratigráficas e litoestratigráficas coletadas.

Os arquivos vetoriais foram adquiridos junto ao Serviço Geológico do Brasil (CPRM), sendo correspondentes ao mapeamento geológico do Estado do Ceará na escala 1:500.000. Os dados utilizados referem-se aos planos de informação de dobras, falhas, fraturas, zonas de cisalhamento e unidades litoestratigráficas.

3ª Etapa (Produção dos Mapas de Hipsometria e Declividade)

Para a elaboração dos mapas hipsométricos e de declividade, foram utilizadas imagens de radar do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), obtidas por meio da plataforma TOPODATA/INPE. Os dados matriciais foram processados e recortados para o polígono da área de estudo, servindo como base para a derivação dos produtos morfométricos. Na representação das cotas altimétricas, adotaram-se intervalos de 100 metros, visando uma melhor visualização das variações do relevo. Já as classes de declividade seguiram a classificação proposta por Ross (1992), com adaptações conforme os critérios de Lima (2012). Essa estruturação metodológica encontra-se detalhada a seguir, na Tabela 1:

Tabela 1 – Classes de declividade, intervalos, características e fragilidade do relevo

CLASSES	INTERVALOS DE DECLIVIDADE (%)	CARACTERÍSTICAS DO RELEVO	FRAGILIDADE DO RELEVO
A	0 a 3%	Plano e suave	Muito Fraca
B	3 a 8%	Suave ondulado	Fraca
C	8 a 20%	Ondulado	Média
D	20 a 45%	Forte ondulado	Forte
E	45 a 75%	Montanhoso/Escarpado	Muito Forte

Fonte: Adaptado de Ross (1992) e Lima (2012)

4ª Etapa (Produção do Mapa de Morfologia)

Nesta etapa do trabalho, aprimorar o uso da cartografia como ferramenta de representação dos aspectos geomorfológicos da área da sub-bacia hidrográfica do rio Groaíras, com o objetivo de evidenciar sua estrutura e os principais processos geomorfológicos atuantes. Segundo Lima (2012), a análise e interpretação geomorfológica constituem etapas fundamentais em estudos que buscam compreender as formas variadas do relevo, as quais são resultado da ação simultânea e desigual dos processos morfoclimáticos e morfoestruturais.

Os parâmetros utilizados por Ross (1992) para a análise da compartimentação do relevo são os seguintes:

✓ Morfoestrutura → São de diferentes origens e idades, caracterizado na escala temporal como algo mais antigo, como exemplo, as regiões de plataformas e crátons, bacias sedimentares e cadeias orogenéticas (Lima, 2012; Ross, 2021).

✓ Morfoescultura → Correspondem ao modelado ou tipologia de formas geradas sobre uma estrutura através de ação exogenética. Dessa forma, a Morfoescultura é que deixam marcas na superfície do terreno (Ross, 2021).

✓ Unidades Morfológicas → Chamado de padrão de formas semelhantes ou tipos de relevo representados por diferentes padrões de formas (Lima, 2012).

✓ Unidades Morfoclimáticas → Compreende os domínios ou zonas morfoclimáticas que são determinadas pelas condições climáticas atuais.

A elaboração da cartografia morfológica da SBHSRG seguiu uma abordagem metodológica articulada em três frentes: análise geológica, modelagem topográfica e validação em campo. Em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), os dados litológicos e estruturais foram sobrepostos ao Modelo Digital de Elevação (MDE), do qual se derivaram as classes de hipsometria (altitudes) e declividade (inclinação do terreno). O cruzamento dessas variáveis permitiu identificar a compartimentação do relevo e as rupturas de declive. Por fim, realizaram-se trabalhos de campo focadas no reconhecimento das feições denudacionais, checagem dos contatos litológicos e ajuste dos limites cartográficos, garantindo a precisão do mapeamento fisiográfico.

RESULTADOS

Caracterização Litoestratigráfica e Arcabouço Geológico

A sub-bacia do rio Groaíras apresenta significativa diversidade geoambiental, resultante da interação entre o substrato geológico e a dinâmica dos processos geomorfológicos. Do ponto de vista altimétrico, observa-se variação de 80 a 1.048 metros, com predomínio de áreas em cotas mais baixas associadas à depressão sertaneja, enquanto setores mais elevados correspondem aos maciços residuais. A análise de declividade indica predominância de superfícies planas a suavemente onduladas, intercaladas por áreas de maior inclinação,

especialmente nas bordas dos relevos residuais. Essa configuração está diretamente relacionada à resistência diferencial das litologias presentes, que condicionam a dissecação do relevo e a organização espacial das formas.

Com base no Mapa de Geologia e Recursos Minerais do Ceará, na escala de 1:500.000 (Pinéo *et al.*, 2020) e no relatório do Projeto Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado do Ceará (Pinéo; Palheta, 2021), verifica-se que a SBHSRG/CE está inserida na Província Borborema, especificamente no Domínio Setentrional e no Subdomínio do Ceará Central.

A Província Borborema abrange uma área aproximada de 380.000 Km², localizada na região do Nordeste Setentrional. Seus limites geológicos são definidos pela Província do São Francisco ao sul, pela Província do Parnaíba a oeste e, ao norte e leste, pela Província Costeira e pela Margem Continental (Almeida *et al.*, 1977). Essa província é caracterizada por uma grande diversidade litológica, com terrenos separados por falhas e lineamentos predominantemente orientados nas direções NE-SW e E-W. Sua composição inclui diversos terrenos Arqueanos e Proterozóicos, formados por litologias metamórficas e ígneas, além de um expressivo magmatismo plutônico datado do Neoproterozoico e Cambriano, evidenciado na forma de batólitos, stocks, plutons e diques (Brito Neves *et al.*, 2000; Maia; Bezerra, 201; Pinéo; Palheta, 2021).

Sob a perspectiva evolutiva, a tectônica da Província Borborema pode ser segmentada em três eventos principais, conforme descrito por Maia e Bezerra (2012; 2014):

a) Orogênese Brasileira, ocorrida há aproximadamente 600 milhões de anos (Ma), resultante da colisão tectônica brasileira/panafricana, acompanhada por significativo plutonismo granítico (Brito Neves *et al.*, 2000; Angelim *et al.*, 2006).

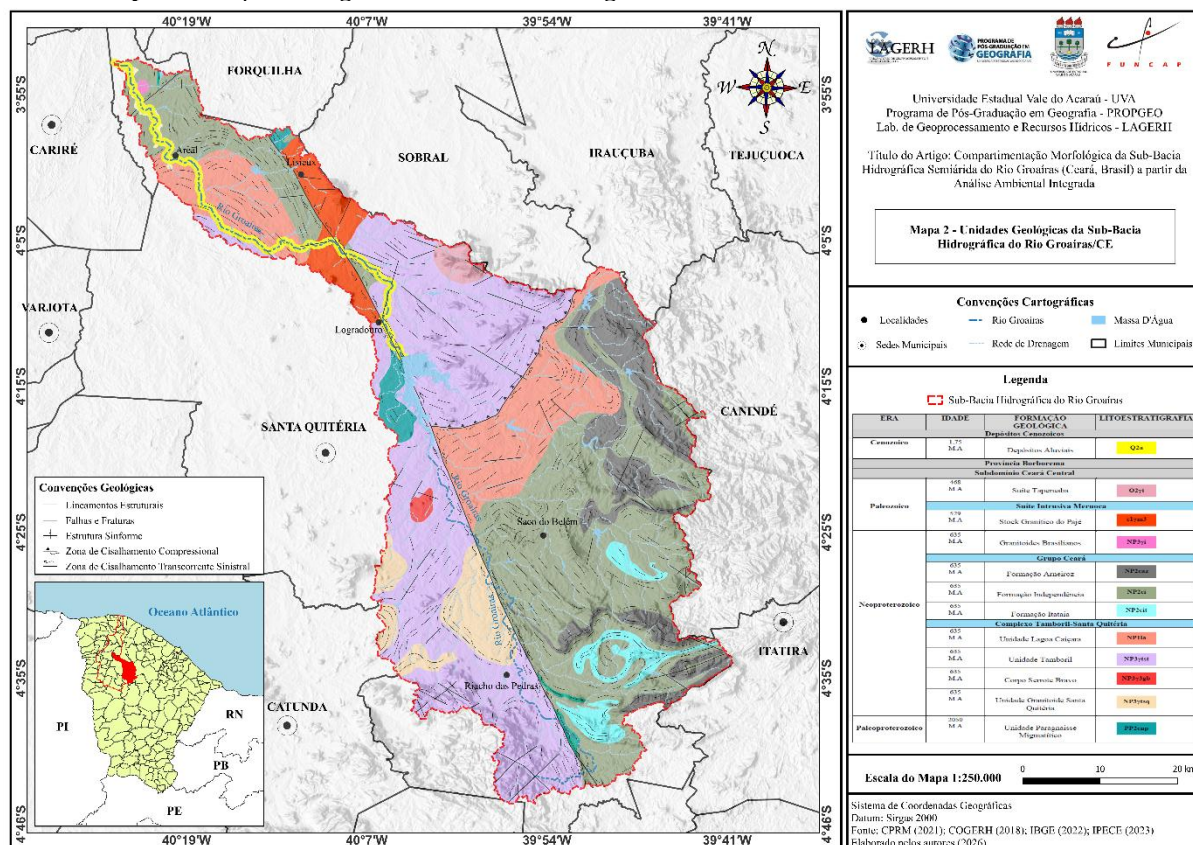
b) Fragmentação do megacontinente Gondwana, processo responsável pela separação entre o Brasil e a África (Matos, 2000).

c) Reativações tectônicas cenozoicas, que influenciaram a evolução geomorfológica por meio da alteração dos níveis de base, promovendo processos de dissecação e agradiação da paisagem (Bezerra & Vita Finzi, 2000; Maia *et al.*, 2010).

Neste trabalho, adota-se a subdivisão proposta por Cavalcanti e Cavalcante (2014) e Santos *et al.* (2021). De acordo com esses autores, a Província Borborema é subdividida em três grandes subprovíncias ou domínios — Meridional, Transversal e Setentrional —, separados pelos lineamentos Pernambuco e Patos. O Domínio Setentrional corresponde a mais de 90% do território do Ceará e está subdividido em três subdomínios principais no Ceará: Jaguaribano, Ceará Central e Médio Coreauí. Dentre eles, o Subdomínio Ceará Central é de maior interesse para a presente pesquisa, pois engloba, em toda a sua extensão, a totalidade da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Groaíras. Localizado na região central do estado, trata-se de uma área de grande relevância geológica no Ceará, pois abriga o depósito fósforo-uranífero de Itaitia (Santa Quitéria), considerado a maior reserva de urânio do Brasil.

Dessa forma, a sub-bacia hidrográfica do rio Groaíras apresenta uma expressiva diversidade litoestratigráfica, composta por unidades geológicas pertencentes a diferentes eras geológicas. Destacam-se os Sedimentos Cenozoicos, representando depósitos mais recentes da Era Cenozoica; os granitoides da Suíte Taperuaba e o Stock Granítico do Pajé, datados do Paleozóico; as unidades do Grupo Ceará, que incluem as Formações Independência, Arneiroz e Itaitia; e o Complexo Tamboril-Santa Quitéria, com destaque para a Unidade Tamboril, o Corpo Serrote Gado Bravo, as Unidades Granitoides Santa Quitéria e o Paragnaisse Migmatítico — todos esses pertencentes à Era Neoproterozoica. Além disso, ocorre o Complexo Canindé do Ceará, representado pela Unidade Paragnaisse Migmatítico, datado do Paleoproterozoico (Ver Mapa 2)

Mapa 2 – Mapa Geológico da Sub-Bacia Hidrográfica Semiárida do Rio Groaíras, Ceará, Brasil



Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Os **Depósitos Sedimentares Cenozoicos** são compostos por argilas, areias quartzosas e quartzfeldspática, conglomerativas ou não com a presença de cascalho e argila orgânica. Essa unidade geológica compreende aproximadamente 74 Km² de área e identificado na nomenclatura Q2a (Depósitos Aluviais), estabelecendo-se em ambientes onde a energia disponível para o transporte de sedimentos é relativamente reduzida. Os depósitos aluviais predominam nas regiões de baixo curso do Rio Groaíras, onde o gradiente do canal fluvial é reduzido e a declividade é pouco acentuada, favorecendo a deposição de sedimentos em função da diminuição da energia do fluxo.

Durante a Era Paleozoica, destacam-se a presença da **Suíte Taperuaba (O2yt)** e do **Stock Granítico do Pajé (ε1ym3)**, este último constituindo parte da Suíte Intrusiva Meruoca. A Suíte Taperuaba é composta por stocks e plútons de granitos, quartzo monzodioritos e granodioritos, geralmente de granulação grossa e coloração cinza a rosada, associados a eventos magmáticos pós-orogênicos vinculados ao Ciclo Brasileiro (Pinéo & Palheta, 2021). Por sua vez, o Stock Granítico do Pajé é caracterizado por rochas como granodioritos, monzonitos e sienitos, com predominância de texturas porfíricas e equigranulares, apresentando granulação média a grossa e idade geológica estimada em aproximadamente 529 milhões de anos (Ma).

Na Era Neoproterozoico, destacam-se os **Granitoides Brasileiros (NP3yi)**, os quais englobam rochas que ainda não dispõem de dados isotópicos, litoquímicos e geocronológicos suficientes para uma classificação mais precisa. Tais unidades apresentam composição litológica variada, incluindo granitos, granodioritos, monzogranitos, sienogranitos, dioritos e tonalitos. Inserido nesse mesmo contexto geológico, o Grupo Ceará é subdividido em distintas unidades litoestratigráficas, descritas a seguir: (a) a **Formação Arneiroz (NP2caz)**, constituída por quartzitos, quartzitos muscovíticos, xistos, mármore e rochas calcissilicáticas; (b) a

Formação Independência (NP2ci), composta por xistos aluminosos e paragnaisses; e (c) a **Formação Itataia (NP2cit)**, representada principalmente por mármore calcíticos e dolomíticos.

Ainda pertencente à Era Neoproterozoico, destaca-se o **Complexo Tamboril-Santa Quitéria**, uma unidade geológica de grande representatividade, identificada em quase toda a área, abrangendo o baixo, médio e alto curso do sistema fluvial. O Complexo é composto pelas seguintes unidades: (a) a **Unidade Lagoa Caiçara (NP1la)**, que apresenta litologia de migmatitos ortoderivados, com composição que varia de granodiorítica a tonalítica, e ortognaisses granodioríticos; (b) a **Unidade Tamboril (NP3ytst)**, composta por migmatitos estromáticos e diatexitos, com predominância de litologia granítica; (c) o **Corpo Serrote Bravo (NP3γ3gb)**, que consiste em granitoides de coloração cinza e rosa, com texturas equigranular e porfirítica; e (d) a **Unidade Granitoide Santa Quitéria (NP3ytsq)**, caracterizada por migmatitos paraderivados, paragnaisses, xistos aluminosos, com ocorrência de quartzitos e rochas calcissilicáticas.

Por fim, na Era Paleoproterozoico, destaca-se a presença do Complexo Canindé do Ceará, representado pela **Unidade Paragnaisse Migmatítico (PP2cnp)**. Esta unidade é constituída por migmatitos paraderivados, paragnaisses e xistos aluminosos, com intercalações de quartzitos e rochas calcissilicáticas, datadas em aproximadamente 2.050 milhões de anos (Ma).

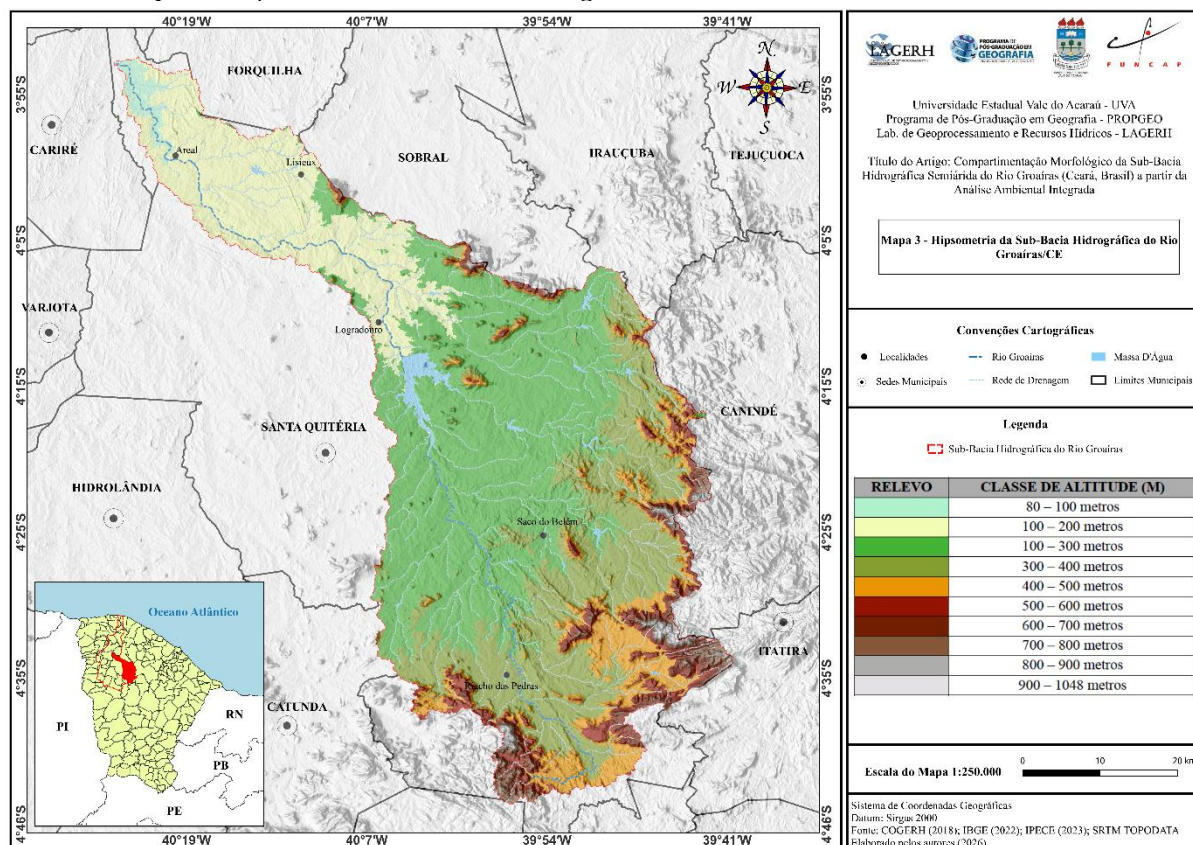
A diversidade litoestratigráfica observada na sub-bacia constitui um dos principais condicionantes da compartimentação geomorfológica local, uma vez que o comportamento diferenciado das litologias frente ao intemperismo e à erosão contribui para a manutenção de relevos residuais e para o rebaixamento de setores mais suscetíveis à denudação.

Caracterização Hipsométrica e de Declividade

Com o objetivo de representar com maior precisão o relevo da área estudada, foram produzidos dois mapas temáticos: o mapa hipsométrico e o mapa de declividade. Esses produtos cartográficos possibilitaram uma visualização detalhada do gradiente altimétrico, do grau de inclinação das vertentes e da dissecação do relevo, contribuindo para uma avaliação mais adequada quanto a compartimentação morfológica.

A análise dos dados hipsométricos revela que as altitudes na sub-bacia do Rio Groaíras variam de 80 metros, localizados no exutório do baixo curso em Groaíras e Forquilha, até a cota máxima de 1.048 metros no topo do Maciço Residual da Serra das Matas em Santa Quitéria. As cotas rebaixadas entre 80 e 200 metros (abrangendo mais de 60% do território) correspondem ao domínio aplainado da Depressão Sertaneja. As cotas intermediárias entre 200 e 600 metros caracterizam cristas residuais, rampas de pedimentação e morros testemunhos, enquanto os níveis superiores a 600 metros ficam restritos aos topos e escarpas dos maciços residuais (Serra das Matas e Serra do Machado) (Ver mapa 3).

Mapa 3 – Hipsometria da Sub-Bacia Hidrográfica Semiárida do Rio Groaíras, Ceará, Brasil



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

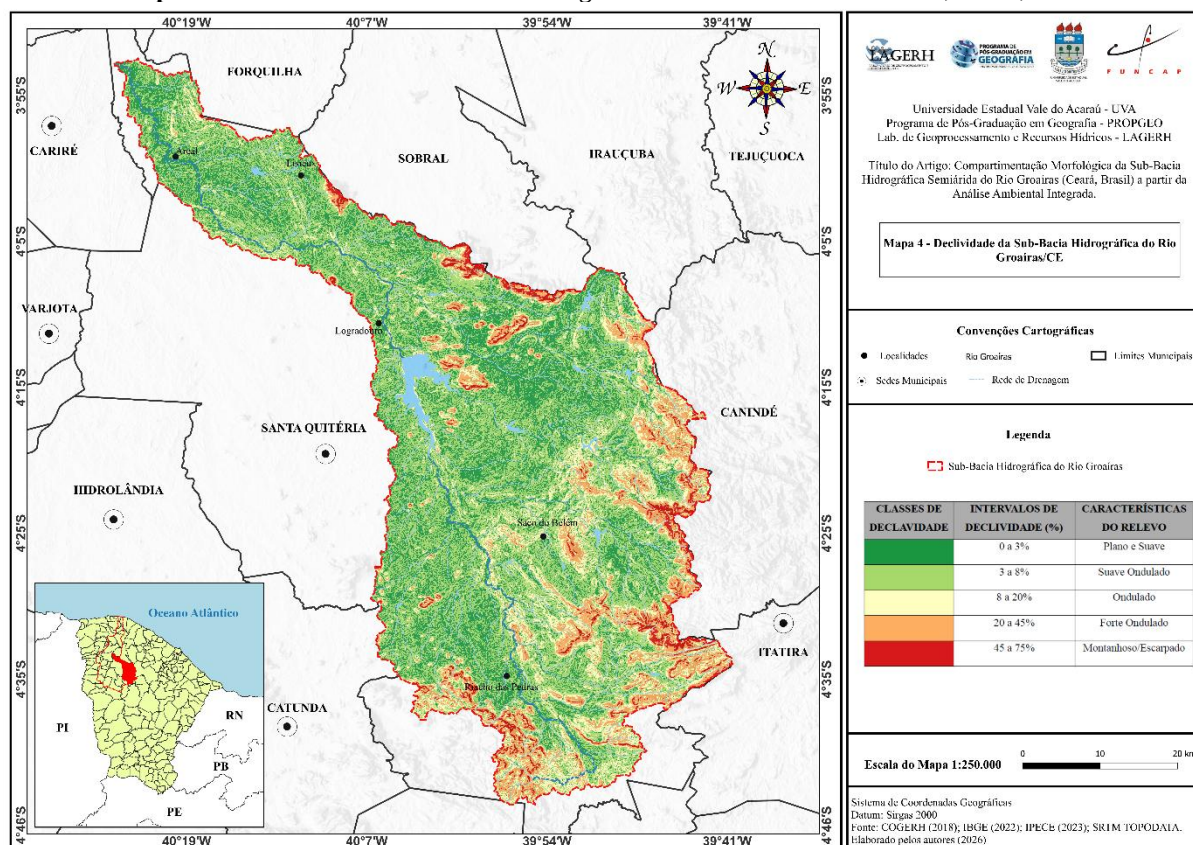
Portanto, tendo como base os dados hipsométricos, a área apresenta variação altimétrica que abrange desde cotas mais baixas, associadas às superfícies aplainadas da depressão sertaneja, até setores mais elevados correspondentes aos maciços residuais. Essas áreas mais elevadas destacam-se na paisagem como formas residuais, evidenciando maior resistência aos processos de intemperismo e erosão, enquanto as porções mais rebaixadas indicam maior atuação de processos denudacionais ao longo do tempo geológico.

Com base no mapa de declividade (ver Mapa 4), foram identificadas na sub-bacia hidrográfica do rio Groaíras as seguintes classes de declividade:

- ✓ **Classe A** → intervalos de declividade que variam de 0 a 3% dando característica de relevo plano e suave com o escoamento superficial bastante lento. Na sub-bacia do rio Groaíras essas áreas não apresentam restrição de uso e as erosões hídricas são quase nulas. A Classe A de declividade abrange a maior parte territorial da área de pesquisa.
- ✓ **Classe B** → os intervalos de declividade variam entre 3 e 8%, caracterizando o relevo como suave ondulado. Apresenta pequenos declives e aclives, o que permite um escoamento superficial de intensidade lenta a moderada. Na sub-bacia estudada representam as maiores áreas junto com a classe A.
- ✓ **Classe C** → intervalos de declividade que variam de 8 a 20% dando característica de relevo ondulado e ligeiramente inclinado. Na sub-bacia do rio Groaíras são áreas de transição entre os Maciços Residuais e/ou Inselbergs com a Depressão Sertaneja.
- ✓ **Classe D** → apresenta intervalos entre 20 e 45%, o relevo configura-se como fortemente ondulado. De acordo com Rodrigues (2016), são áreas com inclinações acentuadas e escoamento superficial acelerado, o que as torna mais suscetíveis à erosão dos solos.

- ✓ **Classe E** → os intervalos de declividade variam entre 45 e 75%, caracterizando o relevo como montanhoso/escarpado. Para Lima (2012), são áreas facilmente erodíveis e apresentam fortes restrições ao uso agrícola. Na sub-bacia estudada estão restritas aos Maciços Residuais e Inselbergs

Mapa 4 – Declividade da Sub-Bacia Hidrográfica Semiárida do Rio Groaíras, Ceará, Brasil



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Compartimentação Morfológica da Sub-Bacia do Rio Groaíras

Do ponto de vista geomorfológico, a gênese e a evolução do relevo cearense estão associadas aos eventos tectônicos responsáveis pela formação da margem continental do Ceará. Esse processo teve início ao final do período Jurássico e, durante a transição para o Barremiano (Cretáceo Inferior), registraram-se esforços distensivos que antecederam a ruptura entre os continentes da América do Sul e da África, resultando na formação de uma série de rifts relacionados ao sistema Cariri-Potiguar (Claudino-Sales; Peulvast, 2007; Lima, 2012).

Nesse contexto, o relevo do Estado do Ceará caracteriza-se pelo amplo domínio de superfícies aplainadas, resultantes de longos processos erosivos e denudacionais. Esses processos promoveram o rebaixamento progressivo do relevo originalmente sustentado pelo embasamento ígneo-metamórfico de idade Pré-Cambriana (Brandão et al., 2014; Costa et al., 2020; Claudino-Sales et al., 2024).

De acordo com Claudino-Sales e Lira (2011), as estruturas geológicas da região passaram por uma longa evolução, marcada por eventos tectônicos significativos. Destacam-se: (a) as fases do ciclo orogenético brasileiro, ao final do Pré-Cambriano, responsáveis pela junção dos blocos continentais que formaram o megacontinente Panófia, originando extensas áreas dobradas e falhadas, seguidas por episódios de metamorfismo regional e magmatismo; (b) a fragmentação de Panófia no início do Paleozoico, que culminou na formação da Bacia

Sedimentar do Parnaíba; (c) a reativação tectônica durante o Cretáceo, associada à separação do megacontinente Pangea, a qual resultou no soerguimento de terrenos sob a forma de ombros de rift; e (d) no Cenozoico, a predominância de processos externos, como a erosão e a denudação, intensificados por condições climáticas áridas.

Na área da sub-bacia hidrográfica do rio Groaíras, considerando as limitações de escala, optou-se por caracterizar apenas os três primeiros níveis taxonômicos do relevo: as Unidades Morfoestruturais, Morfoesculturais e Morfológicas, de forma a proporcionar uma análise compatível com o grau de detalhamento exigido pela pesquisa. Nesse contexto, foram identificadas na sub-bacia do rio Groaíras duas Unidades Morfoestruturais, três Unidades Morfoesculturais e quatro Unidades Morfológicas, associadas ao padrão dominante e à natureza genética das formas de relevo presentes (ver Quadro 2).

Quadro 2 – Síntese das Unidades de Relevo com base na proposta de Ross (1992) da Sub-Bacia do Rio Groaíras

1º TÁXON (Unidades Morfoestruturais)	2º TÁXON (Unidades Morfoesculturais)	3º TÁXON (Unidades Morfológicas / Padrões)	Natureza Genética e Características Dominantes
Domínio dos Depósitos Sedimentares Cenozoicos	Planícies Fluviais	Planícies Fluviais do Rio Groaíras	Agradação (Apf) Acumulação aluvial Quaternária, terrenos planos (0-3%), várzeas e vazantes.
Domínio dos Escudos e Maciços Antigos	Maciços Residuais e Cristas	Maciços Residuais da Serra das Matas e do Machado	Denudação (Da) Topos aguçados e cristas (800-1.048m), escarpas íngremes (>45%), recarga hídrica.
	Campos de Inselbergs e Relevos Residuais	Inselbergs da Sub-Bacia do Rio Groaíras	Denudação (Da/Dk) Elevações graníticas/gneissicas exumadas, microformas de alteração e fraturamento.
	Depressão Sertaneja	Superfícies Pediplanadas do Rio Groaíras	Denudação (Dp) Superfícies de aplainamento (80-400m), relevo suave ondulado, caatinga caducifólia.

Fonte: Adaptado de Ross (1992). Elaborado pelo Autor

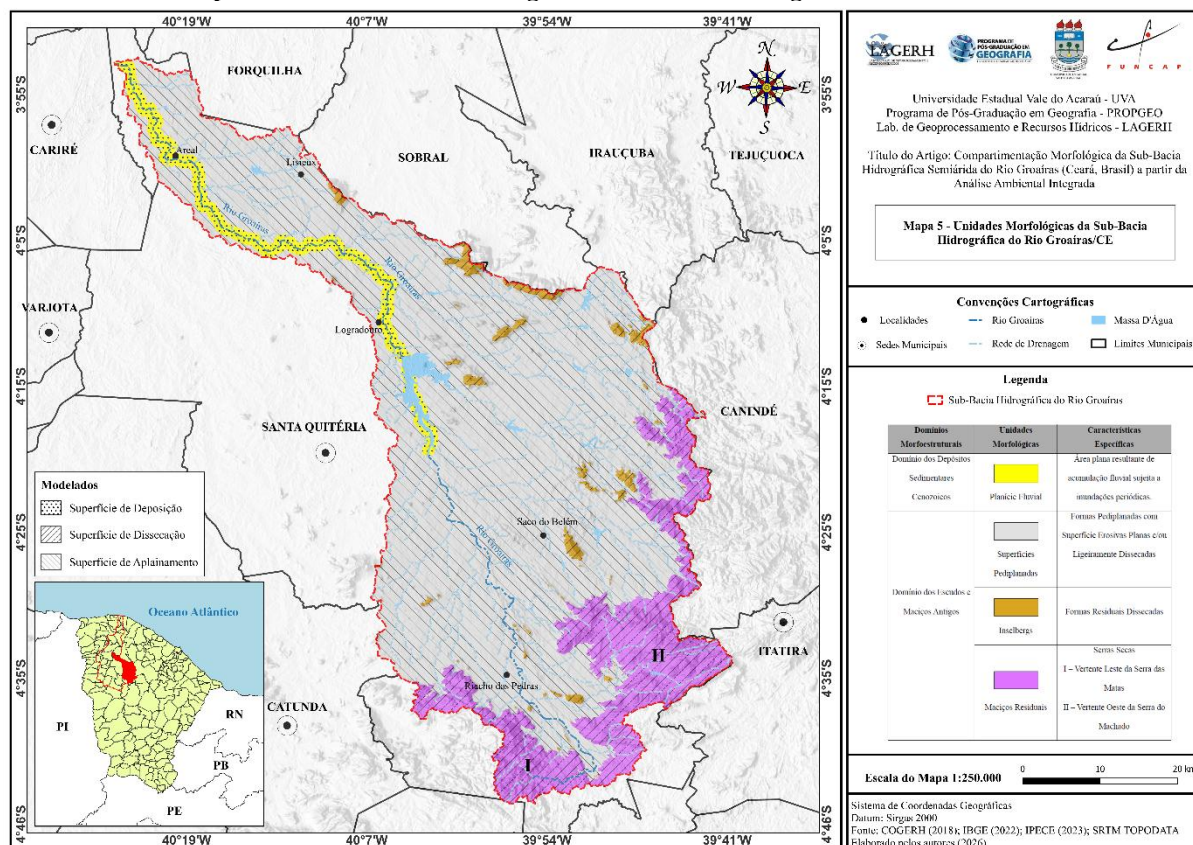
O primeiro táxon corresponde às áreas de maior extensão da sub-bacia sendo identificados pelos Domínio dos Escudos e dos Maciços Antigos e os Domínios dos Depósitos Sedimentares Cenozoico conforme as unidades morfoestruturais para o Estado do Ceará descrito por Souza (1988). O segundo táxon na área de estudos compreende as Planícies Fluviais, os Maciços Residuais e Inselbergs, a Depressão Sertaneja.

As formas de relevo identificadas, correspondentes às Unidades Morfológicas da sub-bacia hidrográfica do rio Groaíras, compreendem: as **Planícies Fluviais do Rio Groaíras**, os **Maciços Residuais das Serras das Matas e do Machado**, os **Inselbergs** dispersos na área da sub-bacia e as **Superfícies Pediplanadas**, que configuram a paisagem predominante da região.

A partir dos dados obtidos por meio do Modelo Digital de Elevação (MDE), do Manual Técnico de Geomorfologia (IBGE, 2009), da metodologia de Ross (1992) e de observações em

campo, foi possível identificar a compartimentação morfológica da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Groaíras. Nesse contexto, foram delimitadas quatro unidades geomorfológicas distintas: a) Planície Fluvial, b) Superfícies Pediplanadas, c) Inselbergs e d) Maciços Residuais (ver Mapa 5).

Mapa 5 – Unidades Geomorfológicas da Sub-bacia hidrográfica do Rio Groaíras



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

DISCUSSÃO

Depressão Sertaneja e Superfícies Pediplanadas

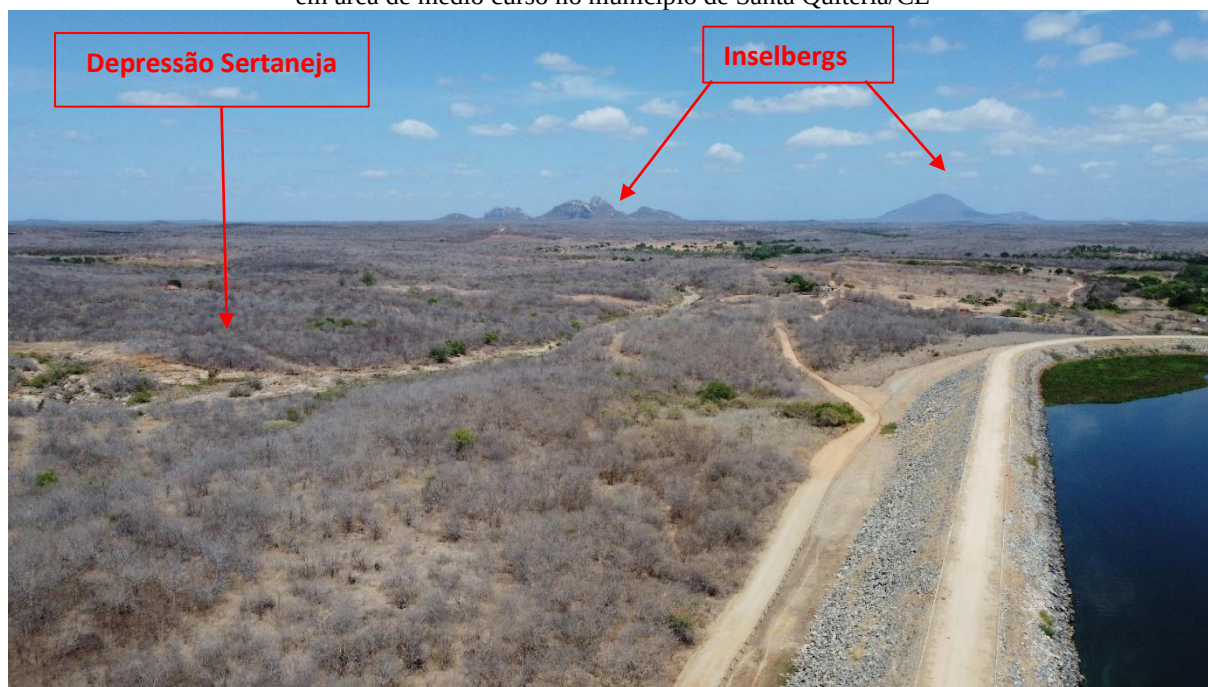
Sob o ponto de vista morfogênico, a formação dessa vasta superfície de nivelamento envolve a atuação combinada dos mecanismos de pediplanação e etchplanação dinâmica. Durante as fases de clima mais úmido, o intemperismo químico profundo (etchplanação) promoveu a alteração subsuperficial seletiva ao longo das zonas de fraturamento do embasamento cristalino. Na subsequente transição para fases secas e semiáridas, os processos de erosão laminar e escoamento em lençol promoveram a remoção do saprólito friável, rebaixando a superfície e preservando apenas os núcleos rochosos mais coerentes (Maia, Bezerra & Claudino-Sales, 2010).

Atualmente, a morfogênese mecânica predomina sob o clima semiárido, com fraco intemperismo químico e intensa desagregação termoclástica (Intemperismo Físico). Os solos resultantes são rasos e pedregosos (Neossolos Litólicos e Luvisolos Crômicos), recobertos por uma vegetação de caatinga caducifólia de porte arbustivo a arbóreo denso. A intensa remoção da vegetação para lenha e pecuária extensiva vem acelerando a erosão laminar e o ravinamento, expondo o pavimento detrítico (pedregoso) e evidenciando a fragilidade geoambiental do compartimento (Oliveira et al., 2011).

Na área de estudo, a Depressão Sertaneja e Superfícies Pediplanadas (figura 2) constitui o compartimento geomorfológico de maior expressão territorial na SBHSRG, estendendo-se de forma contínua por todos os setores da bacia e mantendo contato direto com as demais unidades. Suas altitudes variam de 80 a 400 metros, compondo uma paisagem uniforme de relevo plano a suavemente ondulado, dissecado por uma rede de drenagem dendrítica e intermitente de fraca profundidade relacional (Souza et al., 1979; Lima, 2012).

Conforme apontam Souza (1979) e Lima (2012), essa unidade está fortemente relacionada aos fatores climáticos da região e ao tipo de vegetação predominante, caracterizada por espécies caducifólias adaptadas às condições semiáridas. Em boa parte dessa área, a rede de drenagem apresenta pouca profundidade, reflexo da pequena diferença de altitude entre os interflúvios e os fundos de vale. Isso resulta em uma paisagem de relevo moderadamente dissecado, onde predominam altas temperaturas, baixos índices de chuva, solos rasos e arenosos, e uma vegetação típica da caatinga. Essa combinação de fatores revela a fragilidade natural da região e sua sensibilidade às variações climáticas e às ações antrópicas.

Figura 2 – Imagem área com a visualização da Depressão Sertaneja em primeiro plano e de Inselbergs ao fundo em área de médio curso no município de Santa Quitéria/CE



Fonte: Acervo do autor, 2025

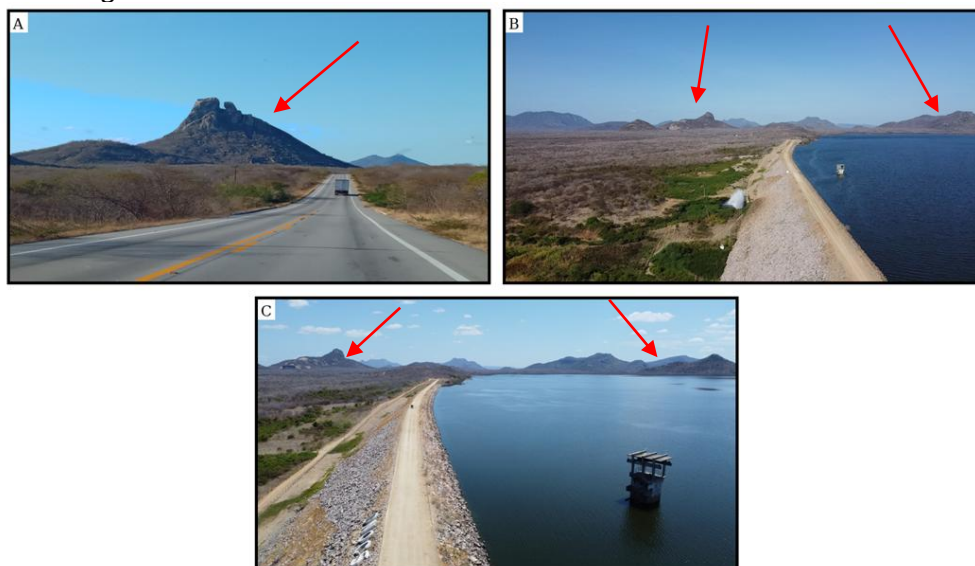
Inselbergs e Relevos Residuais Graníticos

A gênese desses relevos graníticos está intrinsecamente ligada à exumação diferencial de plútons sin, tardi e pós-orogênicos brasileiros. Maia e Nascimento (2018) explicam que a retenção de umidade no antigo contato rocha-solo (frente de alteração/etchplanação) impulsionou a dissolução epigênica e o fraturamento ao longo das superfícies de descontinuidade. Posteriormente, a remoção do manto de intemperismo pela pedimentação expôs uma assembleia de microformas erosionais e ruiformes. Além de seu inestimável valor para o patrimônio geomorfológico e geoturístico regional, os campos de Inselbergs representam refúgios ecológicos de fauna e flora rupestre.

Na sub-bacia do rio Groaíras, esses Inselbergs (Ver figura 2) geralmente possuem altitudes acima de 400 metros. Entre os principais exemplos na região, destacam-se a Serra do

Pajé, a Serra da Corrente e a Serra do Feijão, que se destacam isoladamente na paisagem da Depressão Sertaneja.

Figura 2 – Mosaico de fotos de relevos residuais na sub-bacia do rio Groaíras.



A: Relevos residuais com ação do intemperismo físico dispersos na Depressão Sertaneja no médio curso da Sub-Bacia.

B e C: Inselbergs em área de médio curso próximo ao Açude Edson Queiroz.

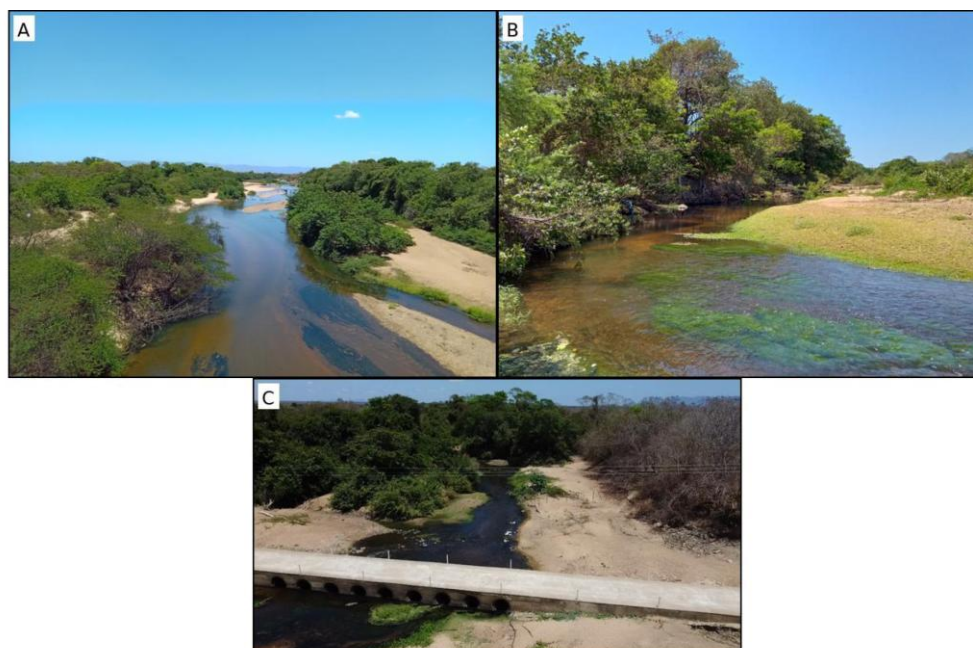
Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Planícies Fluviais do Rio Groaíras

Topograficamente, as planícies fluviais da sub-bacia apresentam duas zonas distintas delineadas por Souza, Lima e Paiva (1979): a) Áreas de Vazantes: compreendendo o leito menor e o talvegue do rio onde ocorrem os fluxos sazonais de cheia e deposição de bancos de areia; e b) Áreas de Várzeas, constituindo os terraços fluviais planos de deposição periódica que contam com solos mais profundos e férteis (Neossolos Flúvicos). Essas áreas de várzea concentram a agricultura tradicional de vazante e a irrigação a partir das águas liberadas pelo reservatório Edson Queiroz na área do perímetro irrigado.

Na sub-bacia do rio Groaíras, as planícies fluviais (Figura 3) localizam-se nas regiões de médio e baixo curso, restrito as margens do rio. Nesses trechos, o relevo caracteriza-se por ser plano e com baixos índices de declividade, favorecendo a deposição de sedimentos. Essas áreas costumam ter solos mais profundos e férteis, em comparação com as regiões mais altas e secas da bacia. Além disso, as planícies funcionam como áreas naturais de armazenamento de água durante as cheias, ajudando a controlar o fluxo dos rios e a manter o equilíbrio do ecossistema.

Figura 3 – Mosaico de fotos de planície fluvial na sub-bacia do rio Groaíras.



A: Trecho do Rio Groaíras e sua Planície Fluvial próximo ao município de Groaíras/CE.

B: Leito Fluvial do Rio Groaíras e a Planície Fluvial na região de médio curso na Comunidade do Areal em Santa Quitéria/CE.

C: Planície Fluvial do Rio Groaíras em área de baixo curso na Comunidade do Cajueiro em Groaíras/CE.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Apesar da elevada importância socioeconômica e ambiental para o abastecimento e dessedentação animal, as planícies fluviais do Rio Groaíras apresentam trechos severamente descaracterizados pelo desmatamento da mata ciliar (mata de galeria e carnaubais), retiradas ilegais de areia para construção civil e contaminação por efluentes domésticos e agrotóxicos (Geosolos, 2011). Em contrapartida, os trechos situados imediatamente a montante e jusante do reservatório Edson Queiroz ainda preservam faixas significativas de vegetação ripária, essenciais para a retenção de sedimentos e o combate ao assoreamento do espelho d'água.

Maçãos Residuais (Serra das Matas e Serra do Machado)

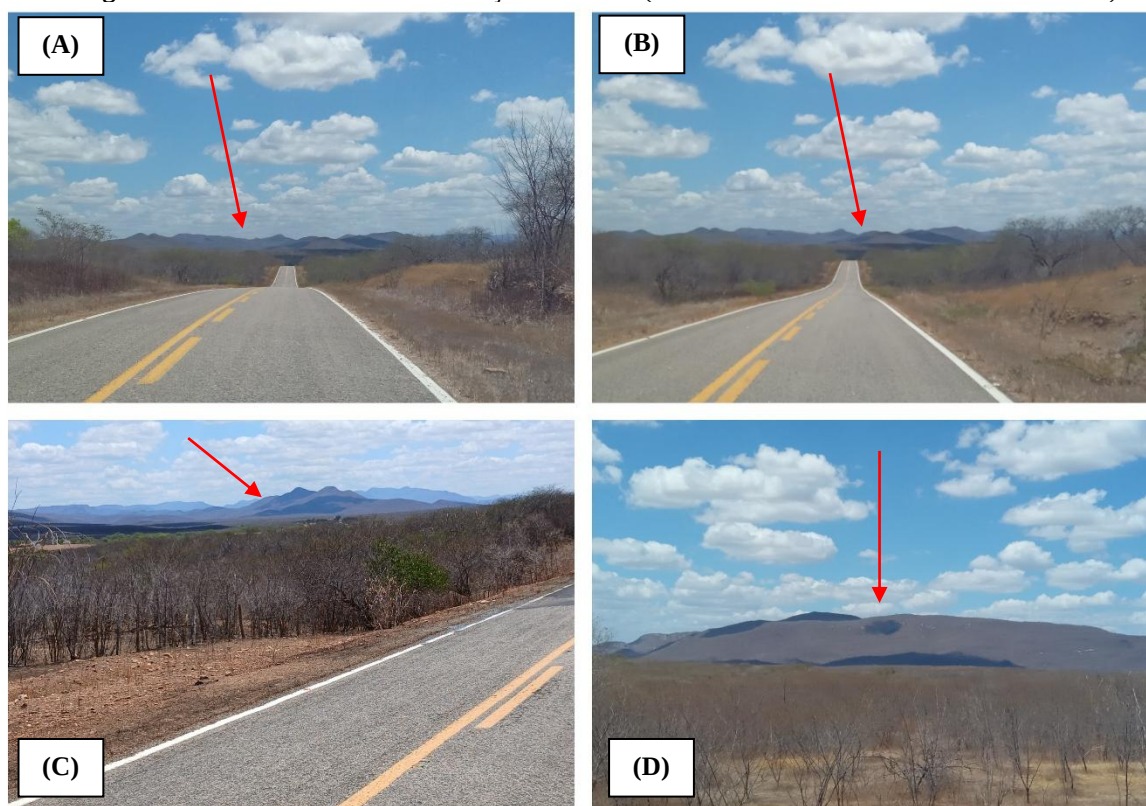
Entre as formas de relevo que compõem a paisagem da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Groaíras, os maços residuais (Ver figura 4) se impõem de maneira marcante, tanto pela sua presença visual quanto pela influência que exercem sobre o ambiente local. Nessa região, destacam-se especialmente os maços da Serra das Matas e da Serra do Machado, que se elevam com altitudes que chegam a 1.048 metros em meio a terrenos mais baixos, criando contrastes na paisagem e contribuindo diretamente para a dinâmica hidrológica da sub-bacia, haja visto que são nesses maços que se encontram as principais nascentes do Rio Groaíras. Cabe destacar que a extensão territorial da SBHSRG/CE impõe desafios logísticos, resultando em limitações de acesso a determinados setores, especialmente em áreas a montante do Açude Edson Queiroz (onde ficam localizados os maços residuais), devido à precariedade das vias de acesso e à complexidade do terreno para adentrar essas determinadas áreas.

Do ponto de vista morfoestrutural, as Serras das Matas e do Machado correspondem a blocos crustais elevados mantidos por litologias altamente resistentes do Grupo Ceará e do Complexo Tamboril-Santa Quitéria (quartzitos, biotita-gnaisses e migmatitos paraderivados) dobrados e falhados durante o Ciclo Brasileiro e reativados no Cenozoico. Enquanto os terrenos

circundantes foram rebaixados pela denudação regional, esses maciços permaneceram como altimétricos residuais (horsts sustentados). (CPRM, 2003; Claudino-Sales & Peulvast, 2007; Claudino-Sales, 2016).

Além de seu valor geomorfológico, essas serras também têm um papel importante na recarga hídrica da região. Por estarem associadas a altitudes mais elevadas e a maiores declividades, elas funcionam como zonas de captação de água, onde se concentram diversas nascentes — muitas das quais são responsáveis por alimentar os cursos d'água que percorrem o alto curso do Rio Groaíras. Visualmente, os maciços da Serra das Matas e da Serra do Machado rompem a uniformidade das áreas aplainadas ao redor e se tornam marcos naturais na paisagem. Eles abrigam vegetação diferenciada, com trechos de vegetação mais densa em comparação com o entorno, especialmente em suas áreas de sombra e nas partes mais altas, onde o microclima pode ser ligeiramente mais ameno.

Figura 4 – Mosaico de fotos dos Maciços Residuais (Vertente Ocidental da Serra dos Machados)



Legenda: (A) e (B) Vista através da depressão sertaneja do geofácies dos Maciços Residuais; (C) Conjunto de Maciços na região de Alto Curso da sub-bacia; (D) Maciço Residual da Serra dos Machados. **Fonte:** Acervo do Autor (2025).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compartimentação morfológica em sub-bacias hidrográficas do semiárido é fundamental para a compreensão das relações entre morfoestrutura, a dinâmica atual do relevo e a identificação de áreas de impactos ambiental. O objeto de estudo desta pesquisa, a Sub-Bacia Hidrográfica Semiárida do Rio Groaíras, localizada no noroeste do Ceará, foi analisada a partir de duas abordagens metodológicas integradas. A primeira consistiu no mapeamento em ambiente SIG com base no sistema taxonômico de Ross (1992), integrando dados litoestratigráficos, hipsométricos e de declividade para a análise espacial de médio e longo período. Essa abordagem permitiu identificar a atuação dos processos denudacionais de

pediplanação e etchplanação sobre o embasamento cristalino Neoproterozoico. A segunda abordagem baseou-se no levantamento de campo de indicadores de dinâmica ambiental e uso dessas formas, revelando modificações morfológicas, vegetacionais e antrópicas em escala de análise de curto período, ou seja, identificadas nas datas do campo.

A integração dos dados espaciais permitiu delimitar a expressão territorial dos quatro compartimentos morfológicos principais da sub-bacia. A Depressão Sertaneja constitui a unidade de maior abrangência espacial, dominada por superfícies de aplainamento suave-onduladas com declividades predominantemente baixas (0% a 8%). Em contraposição, os Maciços Residuais (Serras das Matas e do Machado) e os Campos de Inselbergs representam os setores de maior energia de relevo, com declividades acentuadas que frequentemente ultrapassam 30%, atuando como divisores topográficos e zonas de captação orográfica essenciais para a Bacia do Rio Acaraú.

A delimitação dos quatro compartimentos morfológicos principais (Planícies Fluviais, Depressão Sertaneja, Campos de Inselbergs e Maciços Residuais) evidencia a forte heterogeneidade ambiental da sub-bacia. Enquanto a Depressão Sertaneja domina a paisagem com superfícies de aplainamento de baixa vulnerabilidade física direta (mas solos rasos e suscetíveis à erosão laminar), os Maciços Residuais e Inselbergs destacam-se como setores de altíssima fragilidade erosiva, mas de insubstituível valor para a manutenção das cabeceiras de drenagem e recarga do Açude Edson Queiroz.

Em síntese, os objetivos propostos foram alcançados. Ainda que as limitações referentes à resolução espacial das bases de dados altimétricas e a dificuldade de acesso em vários setores da sub-bacia não tenham permitido um melhor nível de detalha para a totalidade das feições erosivas, foi possível identificar com precisão os setores de maior dinâmica morfológica e de ocupação

Diante do exposto, os resultados alcançados ao longo desta pesquisa podem auxiliar na estruturação, elaboração e implementação de políticas de gerenciamento de recursos hídricos e planejamento de uso do solo pelas três esferas governamentais. Destacam-se como medidas urgentes a criação de Áreas de Proteção Ambiental (APAs) nas encostas das Serras das Matas e do Machado, a recomposição das matas ciliares no canal do Rio Groaíras e o zoneamento geoambiental da Depressão Sertaneja, estratégias indispensáveis para conter a expansão da degradação ambiental e da desertificação no semiárido cearense.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. O domínio morfoclimático semi-árido das caatingas brasileiras. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 43, p. 1-39, 1974.

AB'SÁBER, A. N. Sertões e sertanejos: uma abordagem ecológica. **Estudos Avançados**, v. 13, n. 36, p. 7-59, 1999.

ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; NEVES, B.B.B.; FUCK, R.A. 1977. **Províncias estruturais brasileiras**. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 8, Campina Grande/PB, Atas, pp.

ANGELIM, L.A.A., MEDEIROS, V.C., NESI, J.R. 2006. Programa Geologia do Brasil - PGB. Projeto Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte. Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Norte. Escala 1:500.000. Recife: CPRM/FAPERN, 2006.

BEZERRA, F. H. R.; VITA-FINZI, C. How active is a passive margin? Paleoseismicity in Northeastern Brazil. **Geology**. v. 28: 591-594, 2000.

BOTELHO, R. G. M. Bacias hidrográficas urbanas. In: GUERRA, A. J. T. et al. (orgs). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. da; Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p.153-192.

BRANDÃO, R. de L.; FREITAS, L. C. B. (Orgs.). **Geodiversidade do Estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2014. 214 p. ISBN 978-85-7499-140-5.

BRESSANE, A; RIBEIRO, A. I. (Org). **Fundamentos para Recuperação de Áreas Degradadas**. 2ª edição. Washington: KDP, 2022.

BRITO NEVES, B. B. América do Sul: quatro fusões, quatro fusões e o processo acrescionário andino. **Revista Brasileira de Geociências**. Vol 29, p. 379-292, 1999

BRITO NEVES, B.B., SANTOS, E. J., VAN SCHMUS, W. R. Tectonic history of the Borborema Province, northeastern Brazil. In Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A., Campos, D.A. (Eds.) **Tectonic Evolution of South America**. Rio de Janeiro, 31 International Geological Congress, p.151-182, 2000.

CAVALCANTI, J. A. D.; CAVALCANTE, J. C. Evolução geológica. In: CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Geodiversidade do Estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2014. p. 21–50.

CLAUDINO-SALES, V. C; LIRA, M. C. Megageomorfologia do Noroeste do estado do Ceará, Brasil. **Revista Caminhos de Geografia** – UFU(Uberlândia-MG), v. 12, n 38, p. 200-209, 2011

CLAUDINO-SALES, V.; MAIA, R. P.; BASTOS, F. H. Geomorphology of Ceará State. In: CLAUDINO-SALES, V.; SOBRINHO, J. F. (ed.). **Geomorphology of the Northeast Region of Brazil**. Cham: Springer, 2024. p. 83–122. (The Latin American Studies Book Series). DOI: 10.1007/978-3-031-58874-7_4.

CLAUDINO-SALES, V.; PEULVAST, J. P. Evolução morfoestrutural do relevo da margem continental do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 8, n. 23, p. 168–182, 2007.

CLAUDINO-SALES, Vanda. **Megageomorfologia do Estado do Ceará**. Fortaleza: [s.n.], 2016. 91 p.

COSTA, L. R. F.; MAIA, R. P.; BARRETO, L. L.; CLAUDINO-SALES, V. C. Geomorfologia do Nordeste Setentrional Brasileiro: uma proposta de classificação. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 185–208, 2020

GEOSOLO. **Inventário Ambiental da Bacia Hidrográfica do Açude Edson Queiroz** (Santa Quitéria/CE). Relatório Técnico. Fortaleza: COGERH / Geosolos, 2011. 145 p.

GRANGEIRO, C. M. M. **Base conceitual da organização ambiental: a bacia hidrográfica como categoria de análise do planejamento de uso da natureza semiárida**. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Estadual do Ceará - UECE, Fortaleza, Ceará. 2004.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. 448 p. ISBN 978-85-286-1470-0.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: a hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geol. Soc. Am. Bull.**, v.56, n.3, p.275-370, 1945.

LIMA, E. C. **Análise e Manejo Geoambiental das Nascentes do Alto rio Acaraú: Serra das Matas/Ceará** – Dissertação de Mestrado UECE, Fortaleza- 2004.

LIMA, E. C. **Planejamento ambiental como subsídio para gestão ambiental da bacia de drenagem do açude Paulo Sarasate Varjota – Ceará**. Fortaleza, 2012. 201f. Tese (Doutorado em geografia) – Universidade Federal do Ceará, UFC, 2012.

LIMA, E. C.; SILVA, E. V. Estudos Geossistêmicos Aplicados à Bacias Hidrográficas. **Revista Equador (UFPI)**, Vol. 4, Nº 4, p. 3-20, 2015.

LIMA, E. C. Geomorfologia e Bacias Hidrográficas Semiáridas: A Classificação dos Corpos Hídricos do Estado do Ceará Conforme a Política Nacional de Recursos Hídricos. **William Morris Davis - Revista de Geomorfologia**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 84–98, 2025.

LORANDI, R. & CANÇADO, C. J. Parâmetros físicos para gerenciamento de bacias hidrográficas. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus: Editus, 2002. cap.2.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. Neotectônica, Geomorfologia e Sistemas Fluviais: Uma Análise Preliminar do Contexto Nordeste. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. l.], v. 12, 2012.

MAIA, R. P.; BEZERRA, H. R. Condicionamento Estrutural do Relevo no Nordeste Setentrional Brasileiro (conditioning structural of relief in Northeast Brazilian). **Mercator**, Fortaleza, v. 13, n. 1, p. 127 a 141, apr. 2014

MAIA, R. P.; NASCIMENTO, M. A. L. Relevos graníticos do Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, n. 2, p. 373-389, 2018.

NASCIMENTO, F. R.; SAMPAIO, J. L. F. Geografia física, Geossistemas e Estudos Integrados da Paisagem. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral. V. 6/7, n 1, p. 167-179, 2005.

NASCIMENTO, W. M.; VILLAÇA, M. Bacias hidrográficas: Planejamento e gerenciamento. **Revista eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros (AGB)**, Três Lagoas, n. 7, maio de 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil). **Manual técnico de Geomorfologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 92 p. (Manuais Técnicos em Geociências, n. 4). ISBN 978-85-240-4144-4.

PINÉO, T. R.G. et al. **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Ceará**. Projeto Geologia e Recursos Minerais do Estado do Ceará. Escala 1:500.000. Fortaleza: CPRM, 2020.

PINÉO, T. R.G. et al. **Mapa Geológico do Estado do Ceará**. Projeto Geologia e Recursos Minerais do Estado do Ceará. Escala 1:500.000. Fortaleza: CPRM, 2020, 1 mapa.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J.E.; DEL PRETTE, M. E. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: SCHIAVETTI, A. e CAMARGO, A. F.M. (orgs.). **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus, BA. Editus, 2008.

PUMO, D. et al. Annual flow duration curves assessment in ephemeral small basins. **Journal of Hydrology**, n. 519, p. 258-270, 2014.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: Subsídios para Planejamento Ambiental**. São Paulo: Oficina de textos, 2009.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento**. São Paulo: Contexto, 2021.

ROSS, J. L. S. Registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 6, p. 63–74, 1992

SANTOS, T.J.S.; NOGUEIRA NETO, J.A.; FETTER, A.H.; HACKSPACHER, P.C. 2001. Petrografia e Litogeoquímica das Rochas do Embasamento Cristalino da Região De Granja - Ce. **Revista de Geologia**, 2001, Vol. 14: 33-48.

SOUZA, M. J. N. Contribuição ao estudo das unidades morfoestruturais do Estado do Ceará. **Revista de Geologia (UFC)**, v. 7, n. 1, p. 23-45, 1988.

SOUZA, M. J. N. de; Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará. In: LIMA, L. C; SOUZA, M. J. N. de; MORAIS, J. O de. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000.

SOUZA, M. J. N.; LIMA, F. A. M.; PAIVA, J. B. Compartimentação topográfica do Estado do Ceará. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 9, n. 1/2, p. 77–86, dez. 1979.

SOUZA, M. J. N.; OLIVEIRA, V. P. V. Análise ambiental – uma prática da interdisciplinaridade no ensino e na pesquisa. **REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v. 7, n. 2, nov. 2011.

Trentin, R., Santos, L. J. C., & Robaina, L. E. de S.. (2012). Compartimentação geomorfológica da bacia hidrográfica do Rio Itu: oeste do Rio Grande do Sul - Brasil. *Sociedade & Natureza*, 24(1), 127–142. <https://doi.org/10.1590/S1982-45132012000100011>.