

## **MAPEAMENTO TAXONÔMICO E A RELAÇÃO ENTRE O RELEVO E OS PROCESSOS EROSIVOS NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JAIBARAS, CEARÁ/BRASIL**

### **TAXONOMIC MAPPING AND THE RELATIONSHIP BETWEEN THE RELIEF AND EROSION PROCESSES IN THE JAIBARAS RIVER SUB-BASIN, CEARÁ/BRAZIL**

### **MAPEO TAXONÓMICO Y LA RELACIÓN ENTRE EL RELIEVE Y LOS PROCESOS EROSIVOS EN LA SUBCUENCA DEL RÍO JAIBARAS, CEARÁ/BRASIL**

**Maria Raiane de Mesquita Gomes**

Mestranda em Geografia pela Universidade Estadual Vale do Acaraú, Av. John Sanford, 1845 – Junco, Sobral-CE, raiane.gomes665@gmail.com

**José Falcão Sobrinho**

Doutor em Geografia pela Universidade de São Paulo, Professor Permanente do Curso de Mestrado Acadêmico em Geografia da Universidade Estadual Vale do Acaraú, Av. John Sanford, 1845 – Junco, Sobral-CE, falcao.sobral@gmail.com

**Saulo Roberto de Oliveira Vital**

Doutor em Geologia Sedimentar e Ambiental pela Universidade Federal de Pernambuco, Professor Adjunto III do Departamento de Geociências da Universidade Federal da Paraíba, Rua Tabelaio Estanilau Eloy, 832 – 1454, Conj. Pres. Castelo Branco III, João Pessoa – PB, srovital@gmail.com

**RESUMO:** O presente artigo apresenta o mapeamento das formas do relevo da sub-bacia hidrográfica do rio Jaibas, localizada no Estado do Ceará/Brasil. Para atingir tal objetivo a metodologia da pesquisa foi pautada na proposta taxonômica de Ross (1992), contudo, a proposta taxonômica não contempla a região semiárida, tendo de haver adaptações junto à classificação do IBGE (2009) e de Guimarães, Cordeiro e Bueno (2017). Um outro objetivo, associado ao mapeamento, foi identificar o índice de vulnerabilidade à erosão do solo. Nesta etapa utilizamos a metodologia de Crepani et al., (2001). Na área objeto de estudo, identificamos 3 unidades morfoestruturais, 3 unidades morfoesculturais, 3 unidades morfológicas ou padrão de formas semelhantes, 5 unidades de tipos de formas de relevo, 3 unidades de vertentes e no 6º táxon, foram identificados processos erosivos naturais agravadas pela ação humana e formas antropogênicas. Enquanto os resultados do mapeamento de vulnerabilidade à erosão para sub-bacia, a unidade morfoescultural da Superfície Sertaneja, apresentou vulnerabilidades entre as classes moderadamente estável e moderadamente vulnerável. A unidade morfoescultural do Planalto Sedimentar da Ibiapaba, apresentou vulnerabilidade estável, prevalecendo a pedogênese. A unidade morfoescultural do Maciço Residual da Meruoca, enquadra-se nas classes de vulnerável, tanto nas formas de vales incisos e quanto nas vertentes acentuadas com pouca vegetação, solos jovens e rasos.

**Palavras-chave:** Relevo; Mapeamento geomorfológico; Índice de vulnerabilidade à erosão; Sub-bacia do rio Jaibas.

**ABSTRACT:** The present article presents the mapping of the landforms in the hydrographic sub-basin of the Jaibas River, located in the state of Ceará, Brazil. To achieve this objective, the research methodology was based on Ross's taxonomic proposal (1992). However, this taxonomic proposal does not consider the semi-arid region, so adaptations had to be made using the classification of IBGE (2009) and Guimarães, Cordeiro, and Bueno (2017). Another objective, associated with the mapping, was to identify the soil erosion vulnerability index. For this stage, we used Crepani et al.'s methodology (2001). In the study area, we identified 3 morphostructural units, 3 morphosculptural units, 3 morphological units or patterns of similar forms, 5 units of landform types, and 3 slope units. In the 6th taxon, we identified natural erosive processes aggravated by human action and anthropogenic forms. As for the results of the erosion vulnerability mapping for the sub-basin, the morphosculptural unit of the Sertaneja Surface showed vulnerabilities ranging from moderately stable to moderately vulnerable. The morphosculptural unit of the Ibiapaba Sedimentary Plateau presented stable vulnerability, with prevailing pedogenesis. The morphosculptural unit of the Meruoca Residual Massif falls under the vulnerable classes, both in terms of incised valleys and steep slopes with sparse vegetation, young and shallow soils.

**Keywords:** Relief; Geomorphological mapping; Erosion vulnerability index; Jaibas river sub-basin.

**RESUMEN:** Este artículo presenta el mapeo de accidentes geográficos en la subcuenca del río Jaibas, ubicada en el Estado de Ceará/Brasil. Para lograr este objetivo, la metodología de investigación se basó en la propuesta taxonómica de Ross (1992), sin embargo, la propuesta taxonómica no contempla la región semiárida, teniendo que ser adaptada con la clasificación del IBGE (2009) y de Guimarães, Cordeiro y Bueno (2017). Otro objetivo, asociado al mapeo, fue identificar el índice de vulnerabilidad a la erosión del suelo. En esta etapa se utilizó la metodología de Crepani et al., (2001). En el área de estudio se identificaron 3 unidades morfoestructurales, 3 unidades morfoescultóricas, 3 unidades morfológicas o patrón de formas similares, 5 unidades de tipos de accidentes geográficos, 3 unidades de pendientes y en el taxón 6, procesos erosivos naturales agravados por la acción formas humanas y antropogénicas. Mientras que los resultados del mapeo de vulnerabilidad a la erosión para la subcuenca, la unidad morfoestructural de la Superficie Sertaneja, presentó vulnerabilidades entre las clases moderadamente estable y moderadamente vulnerable. La unidad morfoescultórica de la Meseta Sedimentaria de Ibiapaba mostró una vulnerabilidad estable, prevaleciendo la pedogénesis. La unidad morfoescultórica del Macizo Residual de Meruoca se encuadra en las clases vulnerables, tanto en las formas de valles incisos como en las acentuadas laderas con escasa vegetación, suelos jóvenes y poco profundos.

**Palabras clave:** Relieve; Mapeo geomorfológico; Índice de vulnerabilidad a la erosión; Subcuenca del río Jaibas.

## 1. INTRODUÇÃO

O relevo, elemento central desta investigação, representa um dos componentes do meio natural, exibindo uma grande variedade de formas, também se configurando como cenário de desenvolvimento das atividades humanas. Diante disso, a análise de caráter minucioso das características e dos processos referentes à evolução do relevo fornece informações substanciais para conservação e preservação das condições ambientais.

De acordo com Ross (2001), as formas do relevo estão em constante evolução, mediante dinâmicas que se manifestam ao longo do tempo e do espaço, sob diversas formas. Contudo, as atividades desenvolvidas de uso e ocupação pelo homem sobre ele tem provocado uma nova dinâmica a essa evolução, alterando consideravelmente a escala de tempo. Considera-se que a dinâmica do relevo deve ser entendida também sob a perspectiva da escala de tempo histórica, objetivando investigar como a ação antrópica interfere nas formas e nos processos morfodinâmicos.

Neste contexto, o mapeamento da morfologia do relevo vem se constituindo como um instrumento de apoio técnico para os geógrafos, pela possibilidade da análise das fragilidades ambientais deste componente, bem como para a avaliação das alterações de dinâmicas promovidas pela ação humana. Desta forma, a ciência geomorfológica busca na cartografia os métodos que esta disponibiliza para identificar as características desse elemento natural, na representação da gênese das formas e suas relações com a estrutura e processos (FALCÃO SOBRINHO; CARVALHO, 2023). Diante de tal reconhecimento torna-se possível diagnosticar problemas ambientais, bem como para o planejamento físico-territorial.

Entretanto, Ross (1992) ressalta as dificuldades na representação cartográfica das formas, tamanhos, gêneses e idades do relevo. Algumas propostas de representação do relevo não atendem adequadamente a representação gráfica, acentuando determinado componente do relevo em detrimento do outro, não conseguindo representar, desta forma, todas informações geomorfológicas.

Considerando isto, o presente ensaio buscou analisar a relação entre o relevo e os processos erosivos, identificando e caracterizando as formas do relevo na sub-bacia hidrográfica do rio Jaibaras, situada no noroeste do Ceará, norteadas pela metodologia taxonômica desenvolvida por Ross (1992) fundamentada em Gerasimov (1980) e Mescerjakov (1968) e o índice de vulnerabilidade à erosão de Crepani *et al.*, (2001) baseado na obra Ecodinâmica do autor Jean Tricart (1977).

O caminho metodológico estabelecido para o mapeamento geomorfológico na representação dos aspectos fisionômicos associado aos processos morfogênicos do relevo, em virtude das características particulares da área de estudo, fora adaptado. A outra metodologia, Crepani *et al.*, (2001) correspondendo a vulnerabilidade da paisagem à perda de solos, foram utilizadas nesta pesquisa para análise dos fatores que influenciam na intensificação dos processos erosivos naturais. A junção metodológica foi necessária para o entendimento das formas do relevo, para investigação de processos erosivos operantes na área objeto de estudo.

Os estudos realizados por Gomes (2011) e Santos (2020) na área escolhida como recorte espacial para análise geomorfológica apontam as formas de uso e ocupação como o principal desencadeador dos problemas ambientais. Os problemas de degradação ambiental da sub-bacia hidrográfica do rio Jaibaras estão atrelados, em particular, aos setores econômicos primário e secundário representados pela agricultura tradicional, pecuária, extrativismo e o setor imobiliário (SANTOS, 2020).

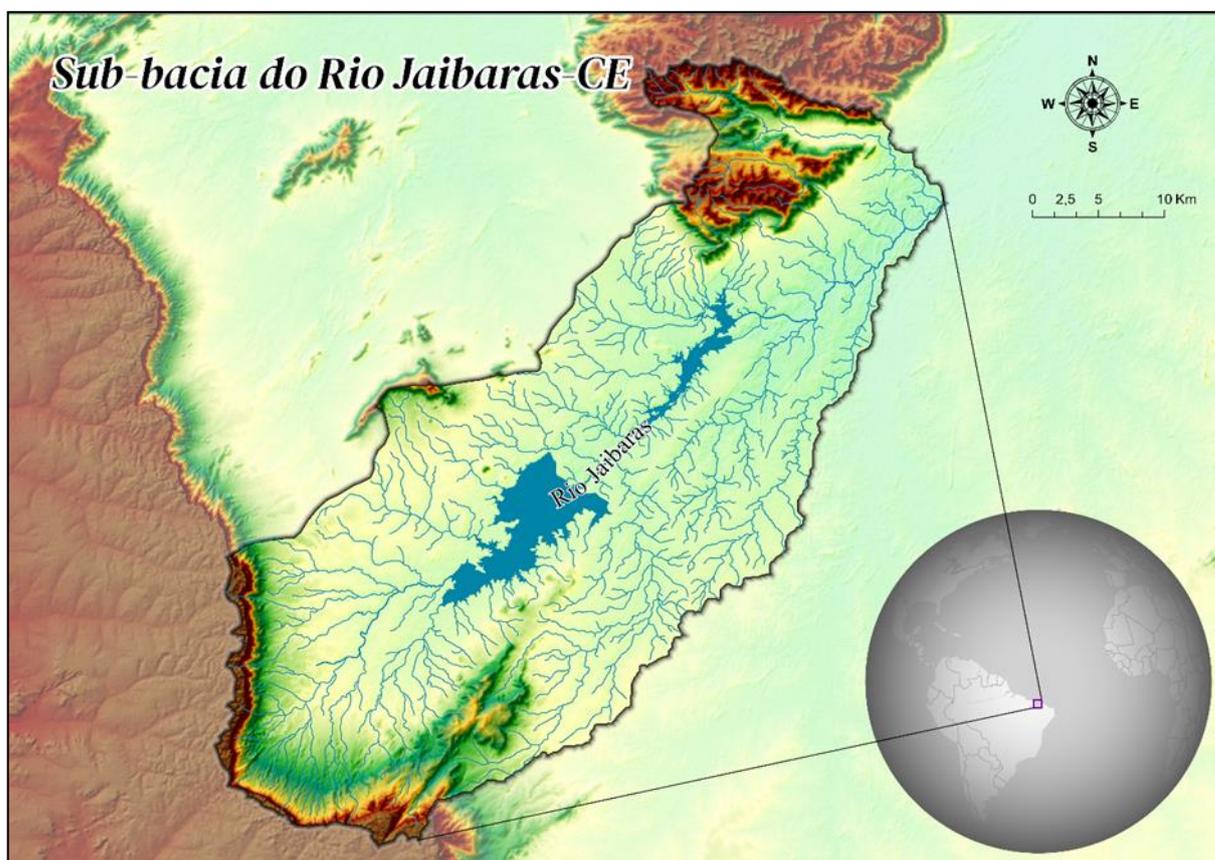
Observa-se que o manejo incorreto desses recursos naturais e as atividades econômicas desenvolvidas na área têm propiciado em grande escala a degradação do meio ambiente, principalmente em áreas de nascentes. Guerra e Cunha (1994) apontam que o desenvolvimento de processos erosivos em níveis acelerados é resultante da degradação e da deterioração da qualidade ambiental.

Embora haja um número considerável de pesquisas para esta área, como os estudos desenvolvidos por Girão *et al.* (2007), Santos *et al.* (2019), Lima e Lupinacci (2019) dentre outros, ainda existe um grande potencial a ser explorado, contribuindo com novos conhecimentos, técnicas e metodologias, principalmente no que diz respeito à geomorfologia.

### 1.1 Área de estudo

A sub-bacia hidrográfica do rio Jaibaras situa-se a porção Noroeste do Estado do Ceará (figura 1), compreendendo uma extensão de aproximadamente 1.567 km<sup>2</sup>, considerada umas das sub-bacias mais importantes da bacia hidrográfica do Rio Acaraú.

Situam-se ao longo da extensão da sub-bacia, nove municípios do Estado do Ceará, dos quais o município de Sobral encontra-se com maior área territorial, representando 31,6% da área total da sub-bacia, enquanto o município de Ibiapina apresenta menor representatividade territorial, com apenas 0,52% da área total da pesquisa.



**Figura 1** - Espacialização da área de estudo. **Fonte:** Organizado pelos autores a partir da SRTM, disponibilizado por meio do living atlas extensão do Arcgis Pro, 2022.

Em termos geológicos, a área de pesquisa está situada nos domínios tectônicos Médio Coreaú – DMC e Ceará Central - DCC, além de estar inserido em uma pequena parcela nos terrenos que compreendem a Província Parnaíba - PP.

O Domínio Médio do Coreaú é constituído por rochas cristalinas e cristalofilianas pré-cambrianas de idades litológicas distintas, proporcionaram inúmeras condições ambientais associadas ao clima e à tectônica local (CLAUDINO-SALES; LIRA, 2011). Quanto ao Domínio do Ceará Central (DCC), é constituído de um embasamento formado por gnaisses provenientes da colagem transamazônico, com incorporação de um importante núcleo arqueano. Existem ainda séries de sequências supracrustais do neoproterozóico médio, além de expressivos eventos

de plutonismo granítico, referentes ao evento brasileiro, com destaque para o batólito.

A Província da Bacia do Parnaíba, porção que representa a Ibiapaba, apresenta uma ampla hegemonia litológica do grupo Serra Grande, formação basal da Parnaíba, de idade paleozóica. O Grupo Serra Grande é constituído a partir das unidades de formação do Ipu, Tianguá e Jaicós, datada do período Siluriano (435-411 MA). Composto pelos tipos petrográficos conglomerados e arenitos, em parte feldspáticos, com intercalações de siltitos e folhelhos (Fluvial entrelaçado, marinho raso e glacial) (MOURA-FÉ, 2015).

Quanto à morfoescultura da área, localiza-se sobre três compartimentos geomorfológicas com propriedades peculiares, correspondendo ao Maciço Residual Úmido da Meruoca, Superfície Sertaneja e Planalto Sedimentar da Ibiapaba. A superfície Sertaneja é constituída por relevos planos ou levemente ondulados em altitudes em torno de 58 a 350 metros. O relevo configura-se como dissecado em lombadas e colinas rasas, com ocorrências de inselbergues, com altitudes superiores a 350 metros. Dentre as unidades geomorfológicas pertencentes à sub-bacia hidrográfica do rio Jaibas, esta é a que se encontra em maior representatividade espacial, com extensão de aproximadamente 56km. O compartimento do Maciço Residual Úmido é constituído por relevo dissecado em formas de cristas, menor amplitude entre o fundo dos vales, topos mais rebaixados e planícies alveolares (CLAUDINO-SALES; LIRA, 2011).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para realização da pesquisa, primeiramente realizou leituras que subsidiaram o desenvolvimento da pesquisa, consultando em monografias, dissertações, teses, livros e periódicos leituras relacionadas à temática central da pesquisa. No segundo momento, foi o tratamento técnico operacional da pesquisa, que consiste nos procedimentos metodológicos da organização e elaboração dos mapas geomorfológico, curvatura vertical e índice de vulnerabilidade à erosão. Os produtos cartográficos da área em questão foram confeccionados utilizando os softwares ArcGIS Pro, com licença para estudante original e gratuita, e Quantum Gis 3.16 com licença gratuita, a partir de camadas *shapefile* de delimitação das bacias hidrográficas, rede de drenagem e malha municipal disponibilizados pelos órgãos estaduais do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) e Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH) e Modelos de Elevação adquiridos por meio da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) obtidos no site [webmapit <https://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>](https://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/).

Para identificação das unidades do relevo da sub-bacia do rio Jaibas, foi empregado a proposta taxonômica de Ross (1992). O primeiro nível taxonômico, a unidade morfoestrutural, compreende ao embasamento cristalino, representado pelos dobramentos paleoproterozoicos e neoproterozoicos, e a Bacia Sedimentar do Parnaíba. O segundo nível taxonômico é representado pelas unidades morfoesculturais que correspondem às unidades do Planalto Sedimentar da Ibiapaba, Superfície Sertaneja e o Maciço Residual da Meruoca. Para o terceiro nível taxonômico, unidades de padrão de Formas Semelhantes, foram identificadas três formas de denudação e uma forma de acumulação. O quarto táxon corresponde às formas individualizadas contidas dentro da unidade de padrão de formas semelhantes. Para a área de estudo, foram identificados alguns tipos de formas de relevo, como cristas graníticas, colinas e vales em forma de U, formas de escarpas festonadas e vales incisivos (em V). O quinto, táxon refere-se às distintas tipologias de vertentes pertencentes a cada uma das formas individualizadas do relevo. Na área analisada, foram identificadas vertentes dos seguintes tipos: convexa (Vc), com topo convexo (Tc), côncava (Vcc), com topo côncavo (Vcc) e retilíneas (Vr). O sexto e último nível taxonômico corresponde à formação de pequenos relevos produzidos pelos processos erosivos atuais, podendo ser de ordem natural ou antropogênica. Observou-se a

predominância dos processos erosivos em formas lineares (sulcos), ravinas e formas antropogênicas.

## 2.1. Procedimentos Técnicos do Mapeamento

Os respectivos produtos cartográficos foram todos elaborados com escala de 1: 250.000, utilizando como referência espacial o Sistema de Projeção Universal Transversa de Mercator Datum: Sirgas 2000/ UTM Zona 24 S. A base de dados utilizados para confecção dos mapas foram a malha municipal do estado do Ceará, disponibilizado no site do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), mapa geológico digital do estado do Ceará, fornecido pela Companhia de Recursos Minerais (CPRM), arquivos vetoriais de delimitação das bacias hidrográficas do Estado do Ceará, disponibilizado no site da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos e imagens da curvatura vertical, disponibilizado no site [webmapit <https://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>](https://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/).

Para confecção do mapa geomorfológico da sub-bacia hidrográfica do rio Jaibas (1º ao 3º táxon), seguiu os princípios norteadores da proposta taxonômica de Ross (1992) e fazendo adaptações com base na metodologia do IBGE (2009). A organização das informações para execução do mapeamento geomorfológico ocorreu inicialmente em gabinete, com auxílio de softwares e depois foram averiguados em trabalhos de campo. Para setorização dos táxons, foram empregados os seguintes procedimentos:

1º passo: Para definição do primeiro táxon (*Unidade Morfoestrutural*) faz-se necessário informações acerca do arcabouço geológico da área de pesquisa.

2º passo: Para definição do segundo táxon (*Unidade Morfoescultural*) faz-se preciso o apoio de cartas topográficas da área de pesquisa, imagens raster SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com informações da modelagem do terreno, que por meio do geoprocessamento, pode-se realizar processamentos para extração de informações da morfoescultura.

3º passo: Para determinação do terceiro táxon (*Unidade de Padrões de Forma Semelhante*) faz-se necessário o apoio de imagens raster SRTM para manipulação das informações e identificação das características do terreno em ambiente SIG, além dos trabalhos de campo no auxílio da classificação dos padrões de forma do relevo, desde as formas de denudação a agradação.

O Mapa de Curvatura Vertical, correspondente ao quinto táxon, foi elaborado a partir das imagens disponibilizada no site [webmapit/TOPODATA <https://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>](https://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/). Foram baixadas as cenas 03S42, 03S405, 04S42 e 04S405, relativas à curvatura vertical classificadas em três classes (côncava, retilínea e convexa) e em seguida no ambiente SIG, as imagens raster, que se encontravam sem referência espacial, foram projetadas para o sistema de referência espacial original, o WGS 84, e logo reprojetaadas para o sistema espacial métrico, o SIRGAS 2000/ UTM Zona 24 S.

Para definição das formas atuais naturais e antropogênicas, sexto táxon, os procedimentos utilizados foram análises de imagens de satélite do Sentinel 2, fornecido pela no site Serviço Geológico Americano (USGS) [<https://earthexplorer.usgs.gov/>](https://earthexplorer.usgs.gov/), principalmente, os dados coletados nas expedições de campos para determinar as formas dos relevos atuais. Mas acentua que, mediante a escala adotada, 1: 250.000, e a extensão da área, 1.570 km<sup>2</sup>, as formas atuais e antropogênicas de maiores detalhes foram classificadas a partir dos registros fotográficos em trabalhos de campo.

Para confecção do Mapa de Vulnerabilidade à Erosão do Solo da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Jaibas, seguiu-se os princípios norteadores da metodologia desenvolvida por Crepani *et al.*, (2001), fundamentada no conceito ecodinâmica de Tricart (1977), para definir o grau de vulnerabilidade à erosão, alicerçada nos processos de morfogênese e pedogênese.

Para o mapeamento da vulnerabilidade a erosão, são atribuídos índices variando de 1,0 a 3,0,

totalizando 21 valores para avaliar o grau de vulnerabilidade de cada componentes ambientais que compõe a paisagem. A partir disso, foram classificadas cinco classes de vulnerabilidade a erosão: vulnerável, moderadamente vulnerável, moderadamente estável/ vulnerável, moderadamente estável e estável (quadro 1).

**Quadro 1** - Classes de vulnerabilidade a erosão

<b>Grau de Vulnerabilidade</b>	<b>Relação Morfogênese/Pedogênese</b>	<b>Índice</b>
Estável	Prevalece a Pedogênese	1,0 a 1,3
Moderadamente Estável	Modificação na estabilidade inicial	1,4 a 1,7
Moderadamente Estável/ Vulnerável	Equilíbrio Morfogênese/Pedogênese	1,8 a 2,2
Moderadamente Vulnerável	Transição do equilíbrio para morfogênese	2,3 a 2,6
Vulnerável	Prevalece a Morfogênese	2,7 a 3,0

**Fonte:** Adaptado de Crepani *et al.*, (2001).

Os valores de vulnerabilidade são atribuídos para cada componentes ambientais básicos (Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Clima) e utilizando a média aritmética dos valores individuais, obtém-se o fator de vulnerabilidade, que busca representar a posição desta unidade dentro da escala de vulnerabilidade natural (tabelas 1, 2 e 3).

$$\text{Equação: } V = \frac{(G + R + S + Vg + C)}{5}$$

Em que: G = Vulnerabilidade para o tema de Geologia; R = Vulnerabilidade atribuída ao Geomorfologia; S = Vulnerabilidade para o tema de Solos; Vg = Vulnerabilidade para o tema de Vegetação e C= Vulnerabilidade para o tema de Clima.

**Tabela 1** - Valores de Vulnerabilidade para unidades do relevo da sub-bacia Jaibaras

UNIDADES MORFOESCULTURAL	PADRÃO DE FORMA SEMELHANTE	VALOR
Superfície sertaneja	Planície Fluvial do Rio Jaibaras	3,0
	Superfície Planas	1,5
	Inselbergs Sedimentares	
	Inselbergs Cristalinos e Cristas Residuais	2,0
Maciço Residual da Meruoca	Vertente Dissecada da Serra do Rosário	2,5
Planalto sedimentar da Ibiapaba	Escarpa Oriental	3,0

**Fonte:** adaptado de Crepani *et al.*, (2001) e organizado pelos autores (2022).

**Tabela 2** - Valores de Vulnerabilidade para as unidades geológicas e classes de solos

UNIDADES GEOLÓGICAS	VALOR	CLASSES DE SOLOS	VALOR
Depósitos Aluviais (Q2a)	3,0	Argissolos	2,0
Serra Grande (Ssg)	2,4	Neossolos Litólicos	3,0
Grupo Jaibaras εOja	2,4	Neossolos Flúvicos	3,0
Suíte Intrusiva Meruoca (εy4m)	1,2	Planossolos	2,0
Grupo Ubajara (NP2u)	2,9	Luvissolos	2,0
Grupo Ceará (NP2ce)	1,0	Latossolos	1,0
Complexo Canindé do Ceará (PP2cn)	1,3		

**Fonte:** adaptado de Crepani *et al.*, (2001) e organizado pelos autores (2022).

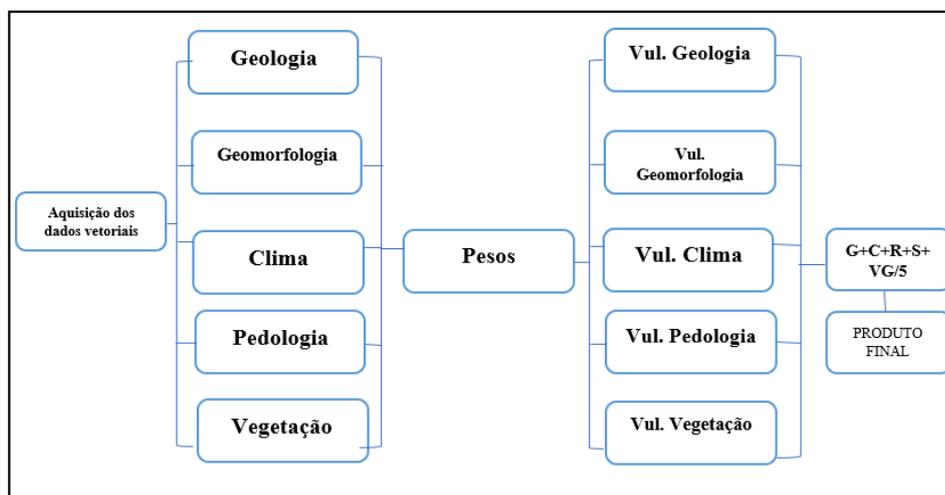
**Tabela 3** - Valores de Vulnerabilidade para Vegetação e intensidade pluviométrica

VEGETAÇÃO	VALOR	INTENSIDADE	VALOR
Caatinga Arbórea	1,7	250-275	1,9
Caatinga Arbustiva aberta	2,5	275-300	2,0
Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (Mata Seca)	1,4	300-325	2,1
Floresta Subperenifólia Tropical Pluvio-Nebular (Mata Úmida)	1,2	325-350	2,2
		350-375	2,3
		375-400	2,4
		400-425	2,5
		425-450	2,6
		450-475	2,7
		475-500	2,8
		500-525	2,9
		>525	3,0

**Fonte:** adaptado de Crepani *et al.*, (2001) e organizado pelos autores (2022).

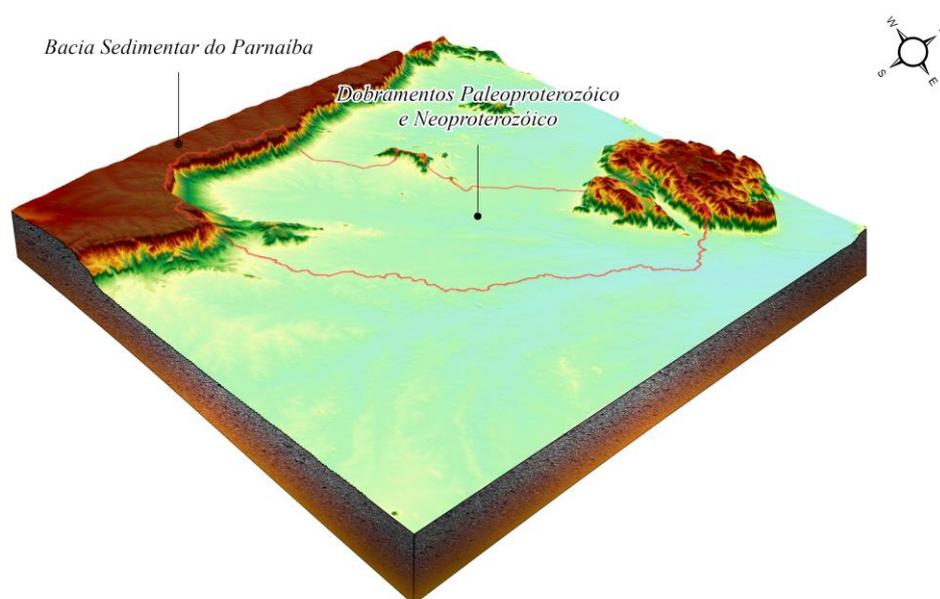
Dentro desta escala de vulnerabilidade os componentes que apresentam maior estabilidade são representados por valores mais próximos de 1,0, enquanto os componentes de com estabilidade intermediária são representados por valores próximos de 2,0, e os componentes territoriais básicos mais vulneráveis apresentam valores próximos de 3,0 (CREPANI *et al.*, 2001).

Em ambiente SIG, após atribuir os valores de vulnerabilidade para cada componente da paisagem, calcula-se a vulnerabilidade natural à perda de solos a partir da equação  $V = (G + R + S + Vg + C) / 5$  com a ferramenta *calculadora raster*, resultando nas classes de vulnerabilidade à erosão (figura 2).


**Figura 2** - Fluxograma do mapa de Vulnerabilidade. **Organização:** Autores (2022).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

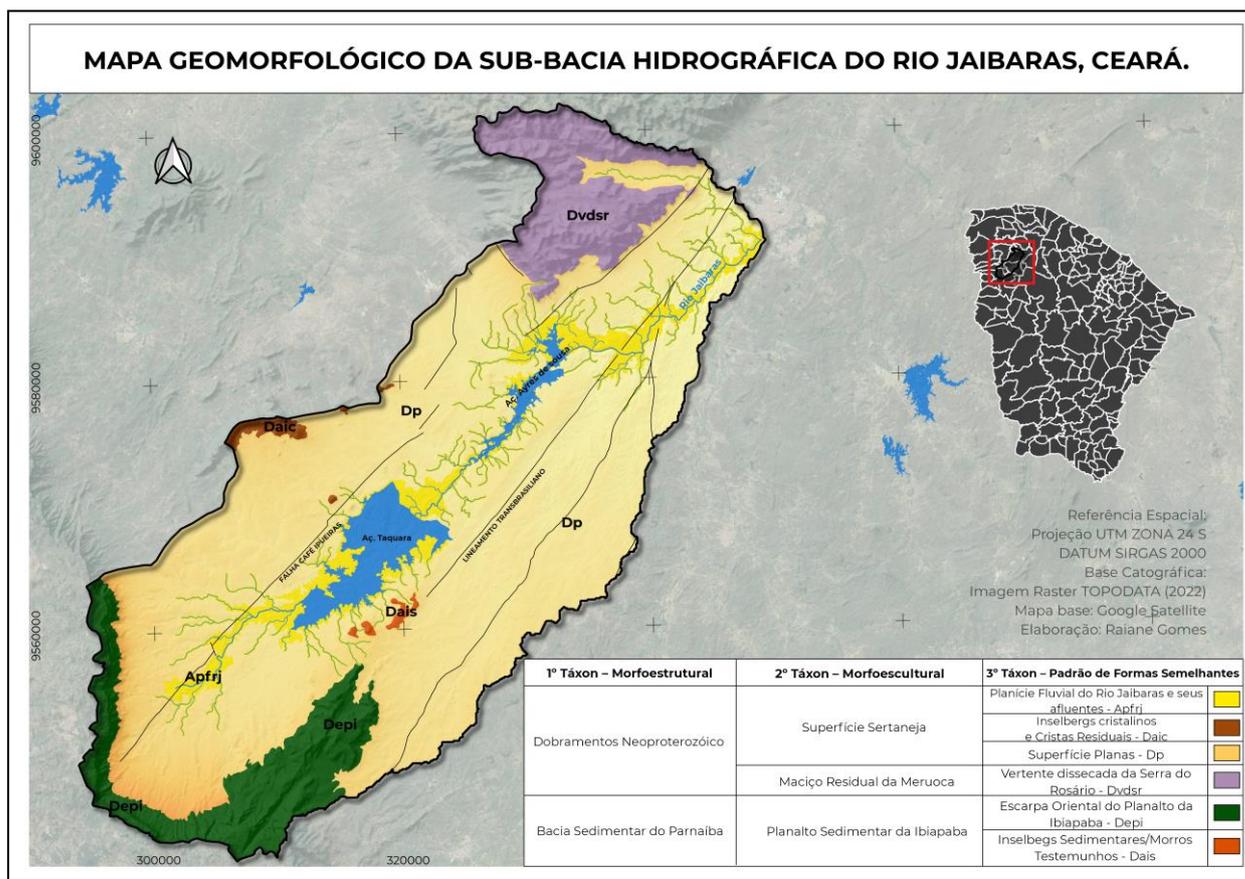
O primeiro nível taxonômico da sub-bacia do rio Jaibaras (figura 3), a unidade morfoestrutural, correspondem ao embasamento cristalino, representado pelos dobramentos Paleoproterozoico e Neoproterozoico e a Bacia Sedimentar do Parnaíba. A sub-bacia abrange, em quase toda a sua extensão a estrutura geológica herdada da Orogênese Brasileira, composta por diversos terrenos que datam do período paleoproterozoico e neoproterozoico, correspondendo aproximadamente 1426,2 km<sup>2</sup>, e compreende uma pequena porção da Bacia Sedimentar do Parnaíba de idade paleozoica, mas apresenta depósitos mesozoicos, com 147,2 km<sup>2</sup>.



**Figura 3** - Unidade morfoestrutural – Primeiro nível taxonômico, na escala numérica 1: 250.000. **Fonte:** TOPODATA (2022). **Organização:** Gomes (2022).

O segundo nível taxonômico, unidades morfoesculturais, compreende as unidades morfoesculturais do Planalto Sedimentar da Ibiapaba, Superfície Sertaneja e o Maciço Residual da Meruoca (ver figura 4). O Planalto Sedimentar da Ibiapaba, soerguido voluntariamente após o rompimento do super megacontinente Pangea (CLAUDINO-SALES, 2016), se estende por todo o oeste do estado do Ceará, apresentando-se como um modelado de grande porte, com altitudes em torno de 814 e 998m no topo. A superfície sertaneja foi modelada pelos agentes externos, cujo relevo foi sendo trabalhado através dos processos de dissecação sobre os de agradação, resultando na ampliação contínua do embasamento. O Maciço Residual da Meruoca, foi soerguido no período da divisão do super megacontinente pangeia (CLAUDINO-SALES, 2016), a partir de então, vem sendo modelado pelos agentes externos.

Terceiro nível taxonômico (ver figura 4), padrão de formas semelhantes, são identificadas a partir da diferença de rugosidade topográfica ou pelo índice de dissecação do relevo, e pelas formas dos topos, vertentes e vales de cada natureza genética, denudacional ou agradacional. Para a área de pesquisa, foram identificadas duas formas de denudação (D), Da (Formas com topos aguçados) e Dc (Formas com topos convexos) e uma forma de acumulação (A) (SOUZA, 1988).



**Figura 4** - Mapa Geomorfológico do Primeiro ao Terceiro táxon da Sub-bacia hidrográfica do Rio Jaibaras, na escala numérica 1:250.000. **Fonte:** Google Satélite e TOPODATA (2022). **Organização:** Gomes (2022).

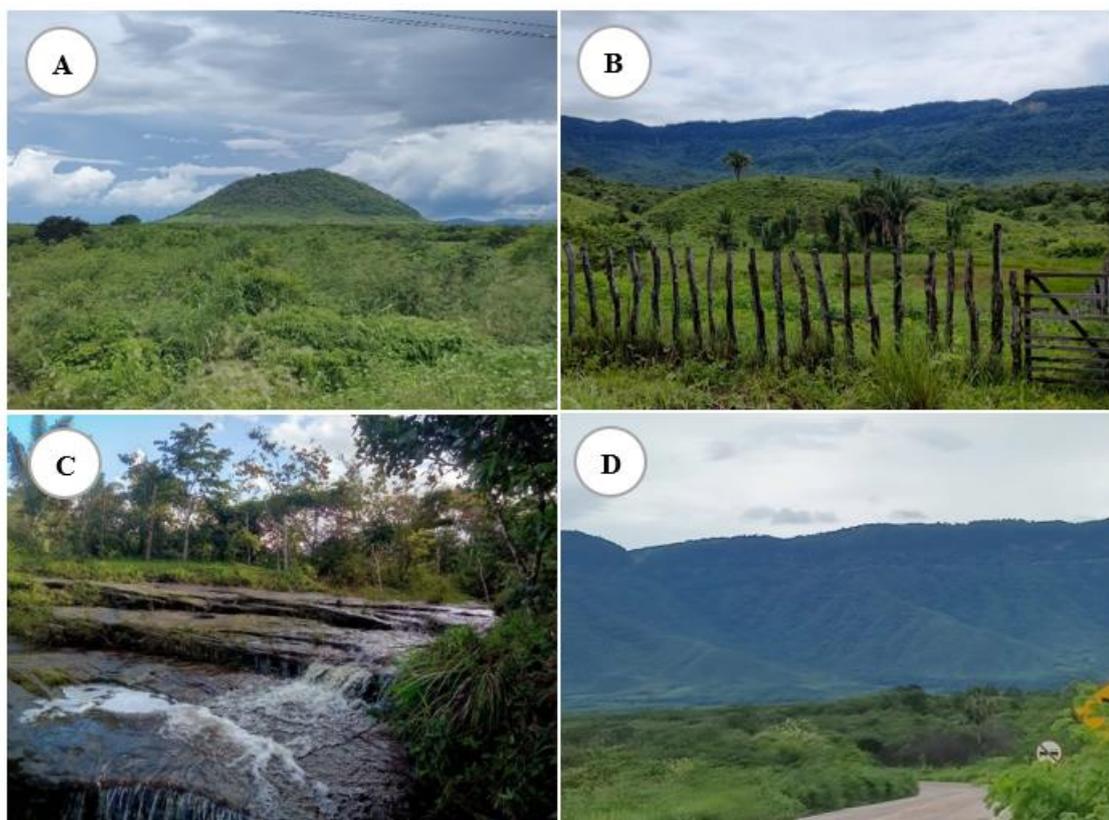
A sigla **Da**, representa formas de dissecção muito forte e apresentam desnível com dimensões de até 370 metros, entre topos e terrenos aplainados da superfície. Esses tipos de formas foram identificados ao longo da superfície sertaneja, com extensões variando entre 16.202 e 1.560 metros, atingindo altitudes de até 600 metros. Litologicamente, são formados por rochas graníticas, correspondendo a litologias mais resistentes aos processos intempéricos-erosivos.

A sigla **Dc**, por sua vez, referem-se às formas de dissecção em topos convexizados, apresentando altitudes entorno de 280 a 340 metros. Esse padrão de formas localiza-se no sudoeste da sub-bacia do rio Jaibaras, são estruturados por rochas areníticas do grupo Serra Grande, que também se mostram igualmente resistentes aos processos intempéricos-erosivos.

No tocante às unidades correspondentes às formas agradacionais ou de acumulação, foi identificada uma, designada **Apf** (Formas de planície fluvial).

Essa forma está situada no médio e baixo curso, nas elevações mais baixas, com cotas altimétricas de até 150 metros. São encontradas ao longo da extensão da superfície aplainada suavemente ondulada, disposta ao longo do rio principal e seus afluentes, ocupando uma extensão de aproximadamente 63km<sup>2</sup>, com drenagem de fraco entalhamento (rios ou riachos intermitentes), apresentando um grau de dissecção fraco, com declividades inferiores a 8%.

O quarto táxon, designado tipo de formas de relevo, corresponde às formas individualizadas contidas dentro da unidade de padrão de formas semelhantes. As principais formas encontradas foram as planícies planas, cristas graníticas, colinas e vales em forma de U, no médio e baixo curso. No alto curso prevaleceram as formas de escarpas festonadas e vales incisivos (em V) (figura 5).



**Figura 5** - A) Crista granítica B) Colinas C) Leito rochoso do riacho Mata Fresca-Guaraciaba do Norte e vegetação densa D) Formas de escarpas no Glint da Ibiapaba. **Fonte:** Autores (2022).

As planícies planas são constituídas por terrenos rebaixados e pouco ondulados, apresenta relevos com dissecação fraca a moderada, com padrão de drenagem do tipo dendríticos e subdendríticos, possuindo regime intermitente sazonal. Nessa unidade, predominam as classes de solos rasos e pedregosos, com maiores suscetibilidades à erosão.

As cristas graníticas e as colinas estão situadas principalmente no médio curso da sub-bacia e se refere a setores com materiais de maiores resistências litológicas em meio à superfície que foi aplainada. Os vales em forma em U, estão situados no médio curso da sub-bacia Jaibaras, caracterizados por planícies mais largas desenvolvidos sob um embasamento cristalino e canais fluviais com baixa energia. E os vales em forma de V, encontram-se nas áreas mais montanhosas, com declividades mais acentuadas acima de 45%, possuindo rios com potencial erosivo maior, com o canal estreito e mais entalhado.

No alto curso, especialmente no sul da sub-bacia do rio Jaibaras, também se situam as vertentes festonadas, um relevo com características de *glint*, com embasamento composto por rochas cristalinas, estrutura cuestasiforme e front voltando para o leste e o reverso para oeste, correspondente 9% da área de estudo, onde encontram-se as principais nascentes fluem na direção da superfície sertaneja (CLAUDINO-SALES; LIRA, 2011).

O quinto táxon refere-se às distintas tipologias de vertentes pertencentes a cada uma das formas individualizadas do relevo. As principais vertentes encontradas foram as formas geométricas convexa-topo convexo e retilíneas.

Nas elevações correspondentes aos inselbergues graníticos e sedimentares, cristas graníticas e colinas pôde-se encontrar formas de vertentes convexas e retilíneas. As vertentes situadas nas porções superiores, destacam-se aquelas de perfil convexo, as retilíneas na porção média das vertentes, com cobertura pedogênica rasa e pedregosa, com presença de afloramentos rochosos em lajedos em algumas áreas. Observou-se, em algumas áreas das vertentes, o desenvolvimento de atividades de subsistências, com a retirada e queima da cobertura vegetal,

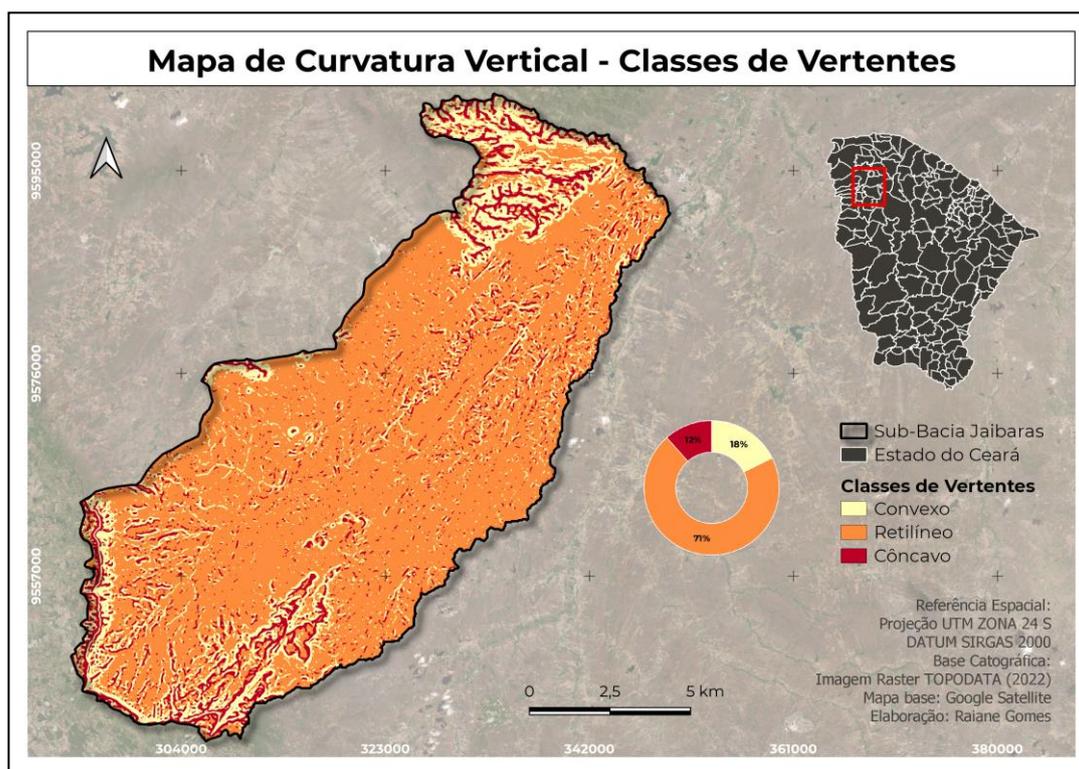
favorecendo a intensificação dos processos erosivos, que por sua vez, ocasiona o carreamento dos sedimentos para porções mais baixas do relevo.

No alto curso da sub-bacia constituído pela morfoescultura do Maciço Residual da Meruoca e o Planalto Sedimentar da Ibiapaba, ocorreu o desenvolvimento de vertentes convexas-topos convexos e vertentes retilíneas. As vertentes convexas-topos convexos, identificadas no Maciço Residual da Meruoca, apresentam extensões curtas recobertas por material pedogênico raso e pedregoso, com vegetação xerófila, com espécie de caatinga arbustiva. As de geometrias retilíneas possuem extensões longas e apresentam afloramentos rochosos em lajedos. Foram identificados nesta unidade, atividades associadas à mineração de rochas e práticas de culturas de subsistência (figura 6 e 7).

O Planalto Sedimentar da Ibiapaba apresenta vertentes convexas-topos convexos e vertentes retilíneas. O perfil convexo-topo convexo tem dissecação do tipo fluvial, recoberto por solos Latossolos e pequenas manchas de Argissolos, apresentando fertilidade natural média a alta, revestidos pela vegetação mata úmida. No que se refere às geometrias retilíneas, possuem extensões longas com declividades acentuadas. Observou-se na unidade com topo convexo a degradação da vegetação primária para instalações de loteamentos, e nas vertentes retilíneas os desprendimentos de blocos areníticos.



**Figura 6** - Classificação das vertentes ao longo da sub-bacia Jaibaras. **Fonte:** Autores (2022)



**Figura 7** - Mapa de classes de vertentes mais predominantes para área de pesquisa. **Fonte:** Google Satélite e TOPODATA (2022). **Organização:** Gomes (2022).

O sexto nível taxonômico (figura 8 e 9) corresponde à formação de pequenos relevos produzidos pelos processos erosivos atuais, podendo ser de ordem natural ou antropogênica (ROSS, 1992). Identificou ao longo da superfície geográfica da sub-bacia do rio Jaibaras processos erosivos em formas de sulcos e ravinas e a ocorrência de movimentos de massas associados cobertura vegetal descaracterizada (solo desnudo), facilitando o transporte de sedimentos.



**Figura 8** – A) Colapso de blocos areníticos em uma vertente retilínea no Glint da Ibiapaba B) Processo erosivo do tipo Ravina. **Fonte:** Autores (2022).

No médio curso da sub-bacia Jaibaras, onde prevalece vegetação de caatinga arbustiva aberta e solos rasos e pedregosos extremamente vulneráveis aos processos erosivos, foram identificados processos erosivos em formas lineares e em ravinas. Em atividades em campo foi possível identificar processos erosivos tanto em áreas com atividades de agricultura de subsistência, como também, em práticas de pecuária extensiva. Em relação aos processos de formas em ravina, apresentam feições profundas e alongadas, provocados pela ação erosiva da água de escoamento superficial concentrado. De acordo com Falcão (2006), a ocorrência de processos erosivos em áreas rurais está associada ao desmatamento desordenado, manejo inadequado do solo, sem práticas de conservação e, quando relacionados à suscetibilidade do meio físico, desencadeia a formação de processos erosivos.

No alto curso da sub-bacia, onde se concentram as áreas montanhosas, declividades mais acentuadas e cobertura pedológica com características eutróficas, distróficas e profundidade variadas, os solos apresentam baixa a média resistência à erosão. Verificaram-se processos erosivos em formas lineares e em ravinas.

No Maciço Residual da Meruoca, onde situam-se algumas das principais nascentes do rio Jaibaras, predominam os processos erosivos em formas lineares (sulcos) e ravinas, que apresenta como características a concentração do escoamento em linhas, aumentando o carreamento dos sedimentos pela água. Identificou-se nas vertentes, atividades antropogênicas associadas a agriculturas de sequeiro. As vertentes apresentam cobertura vegetal semelhante à da superfície aplainada (caatinga arbustiva), com pequenas áreas foliares e em algumas áreas encontrou a presença de afloramentos rochosos. Desta forma, as características da unidade associadas às atividades antropogênicas acentuaram o aceleração do escoamento superficial sobre o solo desnudo, formando processos erosivos tanto em formas de sulcos como em ravinas.

O compartimento do Planalto da Ibiapaba, que compreende também o alto curso da pesquisa, apresenta processos erosivos em formas lineares (sulcos) e ravinas, identificados em maior predominância em áreas de topo e em setores íngremes das vertentes. A cobertura vegetal encontra-se descaracterizada (solo desnudo), facilitando o transporte de sedimentos e a ocorrência de movimentos de massas.

As formas antropogênicas identificadas ao longo da extensão da superfície da sub-bacia do rio Jaibaras, correspondem aos aterros sanitários, corte de estradas e mineração de rochas.

O aterro sanitário situado no município de Sobral, considerado de acordo com a classificação de Pelogio (1996), um depósito gárbico. Foi instalado próximo ao maciço residual da Meruoca e permitiu a desativação do antigo lixão a céu aberto que recebia todos os resíduos produzidos pelo município e não tinha nenhuma medida de proteção ao solo. Segundo Barbosa (2019), o aterro sanitário possui materiais detríticos e lixo orgânico, sendo considerado uma forma de agradação por corresponder a uma elevação topográfica formada por constante material.

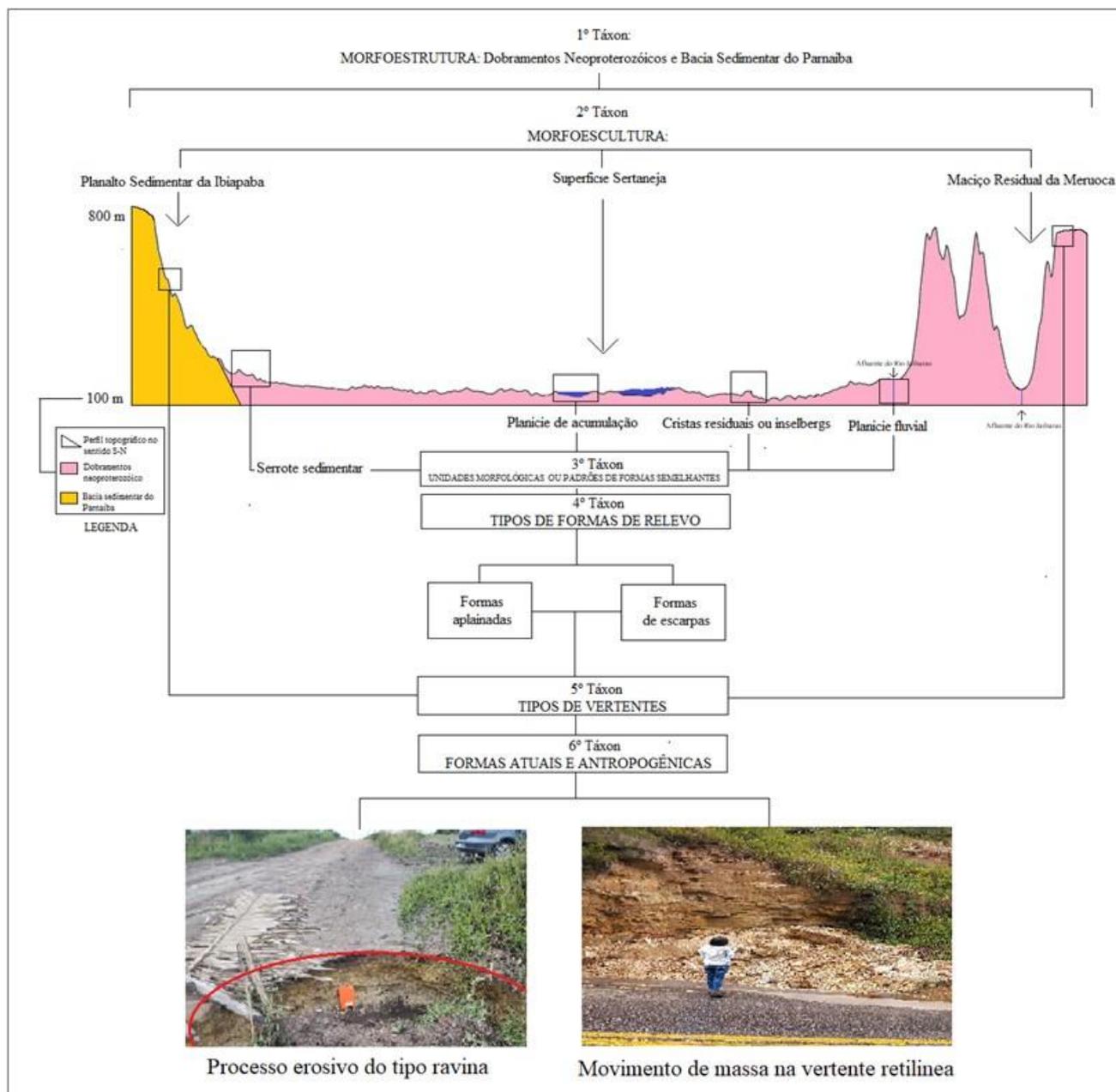
Outras formas de relevos antropogênicos encontrados na área de estudo foram cortes de estradas localizados principalmente no alto curso da sub-bacia Jaibaras. Os cortes no relevo foram feitos para passagem da construção das rodovias para dar acesso às cidades e localidades situadas em cotas altimétricas elevadas. De acordo com Barbosa (2019), quando é realizado um corte de estrada, forma-se um determinado tipo de vertente tecnogênica, resultante da ação humana. Identificaram-se os principais cortes de estradas na rodovia pavimentada que liga o distrito de Jordão à BR-222, CE-321 que liga a cidade de Graça a São Benedito, e a CE-329, que dá acesso à cidade de Guaraciaba do Norte. Observou-se que as vertentes descaracterizadas e com presença de processos erosivos apresenta, especialmente, no período chuvoso a ocorrência de movimento de massas.

Mineração de rochas também são consideradas formas de relevo antropogênicas. Segundo Dávid (2010), a mineração origina morfologias tecnogênicas degradacionais, no momento da escavação da mina, na retirada do material geológico, na qual desenvolve superfícies de escavação. Entretanto, também dão origem a formas agradacionais, através dos depósitos

tecnogênicos originados a partir dos rejeitos dos materiais retirados da mina. Foram identificadas algumas áreas de minerações, predominantemente no médio curso, sendo que algumas encontravam-se desativadas.



**Figura 9** – A) Corte de estrada formando vertente antropogênica B) Área de mineração (ativa) no médio curso da sub-bacia do rio Jaibaras. **Fonte:** Autores (2022).



**Figura 10** - Esquemática da proposta taxonômica de Ross (1992) para Sub-bacia Jaibaras-CE. **Fonte:** Ross (1992). **Organização:** Autores (2022).

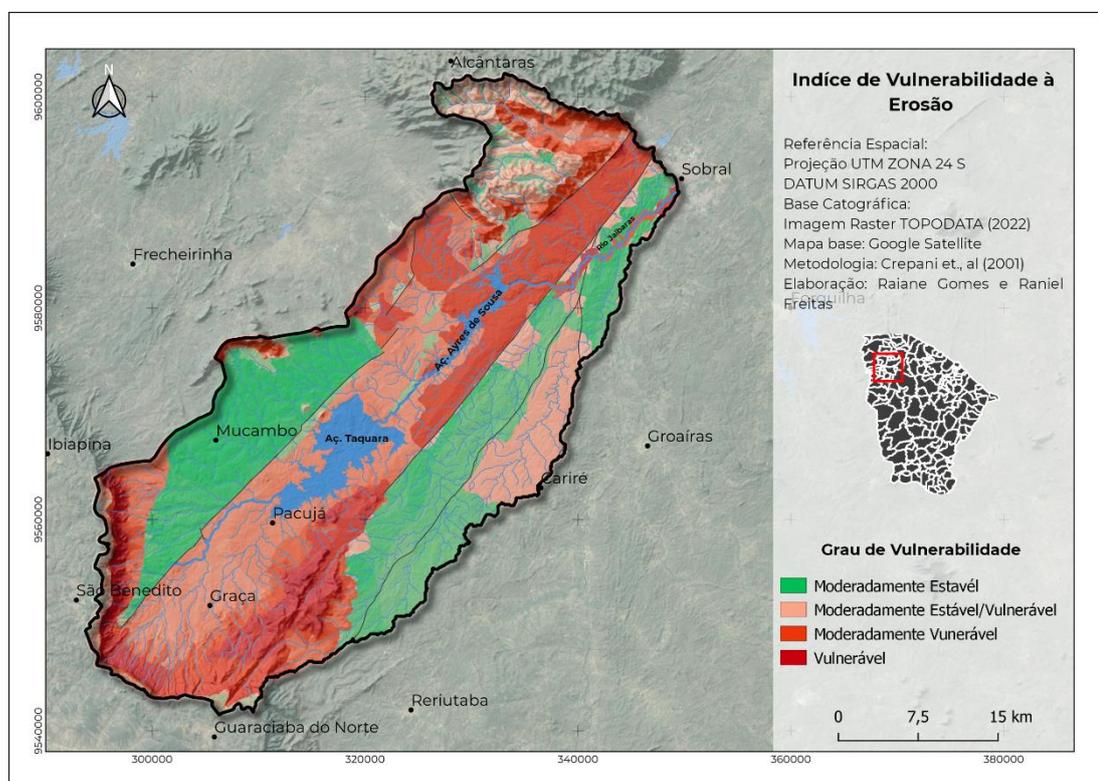
O entendimento da relação entre relevo e os processos erosivos da sub-bacia hidrográfica do rio Jaibaras, se deu a partir da perspectiva do índice de vulnerabilidade à erosão fundamentado na metodologia de Crepani *et al.*, (2001). Foram identificados na área de pesquisa, conforme os critérios de classificação de Crepani *et al.*, (2001), ambientes com vulnerabilidade estável, moderadamente estável, moderadamente estável vulnerável, relativos aos compartimentos com alta cobertura vegetal, solos profundos e bem drenados e dissecação moderada, e ambientes com vulnerabilidade moderadamente vulnerável a vulnerável, associado a ambientes com ausência ou pouca cobertura vegetal, altos índices pluviométricos, solos rasos suscetíveis aos processos erosivos, forte dissecação e declividades acentuadas, favorecendo os processos erosivos e os transporte de sedimentos (figura 11).

A unidade morfoescultural da Superfície Sertaneja, caracterizada por relevos planos e suavemente ondulado, se estendendo por quase toda a área de estudo, observou-se que, a consonância dos componentes geológico, pedológico, semiaridez climática e declividade do terreno, amplitude altimétrica e grau de dissecação, apresentaram vulnerabilidades entre as classes moderadamente estável a moderadamente vulnerável (tabela 4 e figura 11).

**Tabela 4 - Graus de Vulnerabilidade à erosão para Sub-bacia do rio Jaibaras**

UNIDADES MORFOESCULTURAL	PADRÃO DE FORMA SEMELHANTE	Área (Km <sup>2</sup> )	Área em (%)	GRAU
Superfície sertaneja	Planície Fluvial do Rio Jaibaras	159,6	10%	Vulnerável
	Superfície Planas	1.122,3	71%	Moderadamente Estável
	Inselbergs Sedimentares	3,9		Vulnerável
	Inselbergs Cristalinos e Cristas Residuais	9,2	1%	Vulnerável
Maciço Residual da Meruoca	Vertente Dissecada da Serra do Rosário	131,2	8%	Moderadamente Estável a Vulnerável
Planalto sedimentar da Ibiapaba	Escarpa Oriental	147,2	9%	Vulnerável

Organização: Autores (2022)



**Figura 11 – Mapa de Índice de Vulnerabilidade à Erosão do Solo. Fonte:** Google Satélite, TOPODATA (2022) e Crepani *et al.*, (2001). **Organização:** Gomes e Freitas (2022).

A planície de acumulação juntamente com a planície fluvial da Sub-bacia do rio Jaibaras são as unidades geomorfológicas que apresentou vulnerabilidade mais estáveis das classes por conter relevos planos e suavemente ondulados e drenagem de fraco entalhamento, onde a influência da rede drenagem na modelação do relevo é quase inoperante. De acordo com Crepani *et al.*, (2001), as formas mais planas do relevo resultam na perda de solos com mais lentidão do que em relevos mais acidentados, propiciando a predominância do desenvolvimento da pedogênese. Neste compartimento, verificou que a esculturação do relevo é produto da interação dos processos morfoestruturais e dos agentes externos que contribuíram na formação das feições geomorfológicas do relevo atual da sub-bacia do rio Jaibaras, entretanto, foram aferidas em campo atividades antropogênicas, mas nesta escala de análise, essas atividades não interferem na modificação das formas do relevo.

Os relevos mais elevados desse compartimento, corresponde aos Inselbergs cristalinos, sedimentares e as cristas residuais situados ao longo da extensão da superfície aplainada, com declividades bastantes acentuadas e índice de dessecação moderada a muito forte, ocupando extensões entre 16.202 e 1.560 metros, enquadra-se no grau de vulnerabilidade moderadamente estável vulnerável a vulnerável. Nessas áreas, as vertentes possuem geometrias mais inclinadas, o que favorece o arraste dos sedimentos pela água da chuva provocando aceleração nos processos erosivos e escoamento superficial, intensificando a atuação dos processos morfogenéticos.

A unidade morfoescultural do Maciço Residual da Meruoca situado no alto curso da Sub-bacia, possuindo cotas altimétricas variado entre 400 e 900 metros, localizado a noroeste da área de estudo, constatou-se que, a associação dos componentes físicos-naturais atribuíra o grau de vulnerabilidade entre as classes moderadamente estável vulnerável a vulnerável. A classe mais vulnerável contida dentro da unidade, corresponde a unidade tipos de forma de relevo representados pelos vales incisos (em V) e pelas vertentes íngremes com pouca vegetação.

Os vales em formas de V, caracterizado com o canal estreito e mais entalhado, enquadra-se no grau de vulnerabilidade mais vulnerável. Isso decorre, principalmente, em razão do índice de dissecação do relevo promovido pela drenagem. Maior disponibilidade de água em superfície maior será o número de rede de drenagem e somado as inclinações das vertentes resulta na intensidade ou não, do aprofundamento da drenagem. As vertentes íngremes com declividades bem acentuadas e dissecação expressiva, enquadra-se no grau de vulnerabilidade moderadamente estável vulnerável. Esta unidade apresenta o predomínio de escoamento superficial e o fluxo d'água favorece a capacidade de transporte de sedimentos e quando aliados as características pedogênica rasa e pedregosa, com presença de atividade antropogênica intensifica o processo erosivo natural, resultando em áreas com forte vulnerabilidade ambiental.

A morfoescultura do Planalto Sedimentar da Ibiapaba localizada no alto curso da sub-bacia, possui altitudes topográficas variando em torno de 814 e 998 m, compreendendo 9% da área de estudo, observou-se que, o material litológico que compõe a unidade, formado pelas rochas sedimentares do grupo serra grande e rochas cristalinas que pertence ao subdomínio médio Coreaú, desenvolveram solos profundos, bem drenados e maduros e uma vegetação densa, o que propiciou grau de vulnerabilidade estável a vulnerável. A classe mais vulnerável presente, compreende a unidade tipos de formas de relevo correspondendo as formas de escarpas, devido ao fato de estar em contato com os terrenos cristalinos do médio Coreaú. Enquanto a classe estável corresponde ao topo da morfoescultura do Planalto da Ibiapaba.

As formas de escarpas, relevo com características de *glint*, se enquadra no grau de vulnerabilidade vulnerável, com grau máximo (3,0). Nessa área, a escultura do relevo é resultado da consonância dos processos morfoestruturais (atividades neotectônicas) e os processos exógenos que favoreceram a evolução de formas de relevo festonados, com talvegues estreitos. Esse tipo de relevo, com maiores amplitudes altimétrica e declividades acentuadas, segundo Crepani *et al.*, (2001), apresentam as maiores velocidades de massas de água e capacidade de

transporte de sedimentos, que são responsáveis pelos processos erosivos que esculpe as formas do relevo, prevalecendo, desta forma, os processos morfogenéticos.

Topo da morfoescultura do Planalto da Ibiapaba caracterizado com por relevos mais planos, apresenta maior estabilidade em relação aos processos erosivos. Nessa área, cobertura pedológica é bem desenvolvido e maduro favorecendo a ocorrência dos processos de pedogênese e resistindo com mais rigor aos processos erosivos naturais. Mas, foram identificados processos erosivos intensificados pelas atividades antropogênicas relacionados as áreas agrícolas e loteamentos refletindo na morfologia do relevo e interferindo nos processos geomorfológicos.

#### 4. CONCLUSÕES

A cartografia geomorfológica tem se tornado um grande aliado para os geógrafos nas análises das formas do relevo. Sua aplicação tem contribuído para o planejamento urbano, ambiental e para possíveis diagnósticos de riscos geomorfológicos. Partindo dessa premissa, buscou-se realizar o mapeamento das formas do relevo da sub-bacia do rio Jaibaras, fundamentado na proposta taxonômica de Ross (1992) associada à metodologia de Crepani *et al.* (2001), a partir da qual foi possível realizar com êxito a análise para cada nível taxonômico da sub-bacia do rio Jaibaras.

O cruzamento das duas metodologias forneceu informações qualitativas e quantitativas para identificação das formas morfológicas alteradas tanto pelos processos naturais como pelas atividades antropogênicas. Os trabalhos de campo e as atividades de gabinete também foram fundamentais nas identificações e no auxílio do mapeamento cartográfico.

A metodologia norteadora fundamentada na proposta taxonômica de Ross (1992), identificou 3 unidades morfoestruturais, 3 unidades morfoesculturais, 3 unidades morfológicas ou padrão de formas semelhantes, 5 unidades de tipos de formas de relevo, 3 unidades de vertentes, classificados em convexo, convexa-topo, e retilíneas e no sexto táxon, foram identificados processos erosivos naturais agravadas pela ação humana e formas antropogênicas. Ressalta-se que, para mapear as formas do relevo da sub-bacia, houve a necessidade de adaptar à realidade semiárida, onde está situada a área de estudo.

Enquanto aos índices de vulnerabilidades à erosão identificados para sub-bacia hidrográfica do rio Jaibaras, a unidade morfoescultural da Superfície Sertaneja, mediante as características, apresentou vulnerabilidades entre as classes moderadamente estável a moderadamente vulnerável. A unidade morfoescultural do Planalto Sedimentar da Ibiapaba, apresentou vulnerabilidades nas formas de escarpas, onde é feito o contato com as rochas cristalinas fragilizadas e falhadas, prevalecendo o processo de morfogênese. Quanto ao topo do planalto, possui vulnerabilidade estável, prevalecendo a pedogênese. A unidade morfoescultural do Maciço Residual da Meruoca, localizada no alto curso da bacia, possui vulnerabilidade vulnerável nas formas de vales incisivos (em V) e nas vertentes acentuadas com pouca vegetação, solos jovens e rasos (morfogênese).

Pôde-se constatar, desta forma, a influência das atividades antropogênicas na alteração na morfologia do relevo da sub-bacia hidrográfica do rio Jaibaras, causando alterações na dinâmica dos processos naturais.

Portanto, o presente artigo procurou contribuir com informações, dados, mapeamento detalhado das feições geomorfológicas da sub-bacia hidrográfica do rio Jaibaras, identificando as áreas com maiores potencialidades de vulnerabilidade à perda de solos. Esta pesquisa fica como suporte para outros estudos subsequentes sobre a área de pesquisa, para o apontamento de soluções mitigadoras e ações práticas de planejamento para os problemas encontrados.

## AGRADECIMENTOS

À CAPES (coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior) pelo suporte à pesquisa.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA, T. S., LIMA, V. F. DE.; FURRIER, M. (2019). Mapeamento Geomorfológico e Geomorfologia Antropogênica do município do Conde – Paraíba. **Revista Brasileira De Geomorfologia**, v. 20, p. 525 – 540, 2019.

CLAUDINO-SALES, V. **Megageomorfologia do Estado do Ceará: História da Paisagem Geomorfológica**. Novas Edições Acadêmicas, 2016.

CLAUDINO-SALES, V.; LIRA, M. V. Megageomorfologia do Noroeste do Estado do Ceará. **Caminhos de Geografia (UFU)**, v. 4, p. 10-21, 2011.

COSTA, L. R. F. **Fragilidade ambiental nos sistemas ambientais e sítios urbanos no vale do rio Banabuiú – CE**. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

CREPANI, E.; et al. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicado ao Zoneamento Ecológico Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001.

DÁVID, L. Quarrying and Other Minerals. In: SZABÓ, J.; DÁVID, L.; LÓCZY, D. (Eds.). **Anthropogenic Geomorphology: A Guide to Man-Made Landforms**. London–New York: SPRINGER Science+Business Media B.V., Dordrecht-Heidelberg, 2010. 298 p.

FALCÃO SOBRINHO, J., CARVALHO, B. L. Relief cartography as a means of communication in geographic science. **International Journal Semiarid**. Vol. 6, n.6. 2023.

FALCÃO SOBRINHO, J. **O relevo, elemento e âncora, na dinâmica da paisagem do vale, verde e cinza, do Acaraú, no Estado do Ceará**. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

GERASIMOV, I. **Problemas Metodológicos de la Ecologización de la Ciencia Contemporânea**. In La Sociedad y el Medio Natural. Editorial Progreso, Moscou, 1980.

GIRÃO, E. G. *et al.* Seleção dos indicadores da qualidade de água no Rio Jaibas pelo emprego da análise da componente principal. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza-CE, v. 38, n. 1, p. 17-24, jan./2007.

GOMES, F. S. **Estudo da erodibilidade e parâmetros geotécnicos de um solo em processo erosivo**. Dissertação (mestrado)- Centro de Tecnologia e Geociências. Mestrado em Engenharia Civil, 2011.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 458p., 1994.

GUIMARÃES, F. S.; CORDEIRO, C. M.; BUENO, G. T. Uma proposta para a automatização do índice de dissecação do relevo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n°1, 155-167, p, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2009. 175 p.

MESCERJAKOV, J. P. **Les concepts de morphostruture et de morphosculture: um nouvel instrumente de i'analyse geomorphologique**. In Annales de Geographie. 77e. Années, n°423, Paris, 1968.

MOURA-FÉ, M. M. **Evolução Geomorfológica da Ibiapaba setentrional, Ceará: Gênese, Modelagem e Conservação**. Tese de Doutorado (PPGG –UFC), Fortaleza-CE, 2015. 307p.

LIMA, K. C; LUPINACCI, C. M. Fragilidades e potencialidades dos compartimentos geomorfológicos da bacia hidrográfica do rio Bom Sucesso – Semiárido da Bahia/Brasil. **Equador**, PiauÍ, V. 8, N. 2, P. 503-520, Ago./2019.

PELOGGIO, A. U. G. **Delineação e aprofundamento temático da Geologia do Tecnógeno do Município de São Paulo**. 262 f. Tese (doutorado), Instituto de Geociências da USP, 1996.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, FFLCH-USP, n. 6. São Paulo, 1992.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 6. Ed. – São Paulo: Contexto, 2001.

SANTOS, A. J. DE S. DOS; GOMES, F. B. M.; PAULA, D. P. DE; DINIZ, S. F. Açudagem na sub-bacia hidrográfica do rio Jaibaras. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, v. 21, n. 2, p. 771-783, 30 set. 2019.

SANTOS, A. J. S. **Análise dos sistemas ambientais da sub-bacia hidrográfica do rio Jaibaras, Ceará**. Dissertação (Geografia) – Universidade Estadual Vale do Acaraú / Centro de Ciências Humanas, 2020. 124p.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1975.