

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS E FRAGILIDADE AMBIENTAL NO PLANALTO DA IBIAPABA: abordagem taxonômica do relevo e a susceptibilidade à erosão no município de São Benedito, Ceará/Brasil

GEOMORPHOLOGICAL UNITS AND ENVIRONMENTAL FRAGILITY IN THE IBIAPABA PLATEAU: a taxonomic approach to relief and susceptibility to erosion in the municipality of São Benedito, Ceará/Brazil

Maria Vitória Rodrigues Lopes¹
José Falcão Sobrinho²

¹ Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA). E-mail: vitoriarodrigues.web@gmail.com

² Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA). E-mail: falcao.sobral@gmail.com

RESUMO: O estudo analisa as unidades geomorfológicas do município de São Benedito, no Planalto da Ibiapaba, Ceará, associando a taxonomia do relevo à fragilidade ambiental potencial. Fundamentado na metodologia de Ross, a pesquisa que originou esse artigo utiliza abordagem multiescalar até o quinto táxon, integrando dados de geologia, solos, dissecação do relevo e pluviometria. A análise evidencia a influência conjunta desses elementos na suscetibilidade à erosão e às intervenções antrópicas. Foram identificadas áreas com fragilidade variando de média a muito forte, especialmente nos setores mais dissecados e com solos rasos. Os resultados demonstram a importância do mapeamento geomorfológico como subsídio ao planejamento territorial. O estudo contribui para ações de zoneamento ambiental e gestão sustentável no semiárido nordestino.

Palavras-chave: Geomorfologia; dissecação do relevo; Planejamento territorial.

ABSTRACT: This study analyzes the geomorphological units of the municipality of São Benedito, located in the Ibiapaba Plateau, Ceará, associating relief taxonomy with potential environmental fragility. Based on Ross's methodology, the research underlying this article adopts a multiscalar approach up to the fifth taxon, integrating data on geology, soils, relief dissection, and rainfall. The analysis highlights the combined influence of these elements on susceptibility to erosion and anthropogenic interventions. Areas with environmental fragility ranging from moderate to very high were identified, especially in the more dissected sectors with shallow soils. The results demonstrate the importance of geomorphological mapping as a basis for territorial planning. The study contributes to environmental zoning actions and sustainable management in the northeastern Brazilian semi-arid region.

Keywords: Geomorphology; relief dissection; territorial planning.

Sumário: Introdução – 1 Materiais e métodos – 2 Fragilidade potencial a partir da classificação do relevo – Considerações – Referências.

INTRODUÇÃO

Nos municípios localizados no Planalto da Ibiapaba se encontra instalado um processo de adensamento populacional e conseqüente crescente demanda e aumento da exploração dos elementos naturais (Moura-Fé, 2016), tal exploração realiza alterações constantes no ambiente (Venturi, 2006). Nesse cenário está o município de São Benedito, com área de 350,847 km², localizado inteiramente ao topo e reverso da Ibiapaba, se constitui na pesquisa que originou este artigo como recorte espacial representativo do planalto, sendo nele feitas análises espaciais dos fatos naturais e antrópicos a partir da ótica geográfica-geomorfológica.

Na porção setentrional da Ibiapaba tem uma área de exceção em relação ao semiárido (Falcão Sobrinho; Lima, 2024), no contexto climático no qual se insere, localizada nas proximidades da divisa entre os estados do Ceará e Piauí. Tal exceção em relação às condições climáticas do sertão se dá pelo fato da porção a leste e norte serem faces a barlavento, ou seja, possuem altitude e direcionamento capaz de barrar a umidade vinda do litoral em direção ao interior do continente, enquanto as faces contrárias, a sota-vento, possuem características, em relação ao clima e pluviometria, semelhantes às da superfície sertaneja. Essas condições caracteriza as ilhas de umidade ou brejos de altitude (Ab'Sáber, 1999).

O aumento populacional na Ibiapaba, devido as suas características climáticas, é indicativo de maior degradação encontradas nessa área (Moura-Fé, 2016). Tal fato é exposto por meio de análises dos impactos causados pela ação antrópica no relevo e a diversos outros elementos (Carvalho et al, 2023). O fato de a Ibiapaba estar, em meio ao sertão seco, uma área de exceção e polo de produção durante todo o ano, faz com que seus recursos sejam densamente explorados, o que pode acelerar processos erosivos já em curso por meio da exposição de suas fragilidades, o que pode acontecer em decorrência do desmatamento, seja para a produção agrícola, seja para ceder espaço aos loteamentos.

Essas alterações no meio natural trazem consequências relativas ao equilíbrio dinâmico, pois embora a natureza não seja estática, ela apresenta quase sempre com um dinamismo que funciona em harmonia, em uma evolução estável e contínua, quando não em áreas antropizadas (Ross, 2009). Considerando a importância ambiental e socioeconômica da serra da Ibiapaba no contexto da região do nordeste brasileiro, tem-se que essa se encontra em conflito em relação aos pressupostos do desenvolvimento sustentável, definido pela CMMAD (1998).

Teoricamente, o desenvolvimento sustentável é aquele que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer as próprias necessidades (Ab'Sáber, 1949; Moura-Fé (2016), e observando que tal situação se dá na atualidade de maneira ainda mais intensa, temos que essa se caracteriza como uma situação de potencial risco, já que corresponde a setores de características naturais singulares sendo densamente ocupados e tendo seus recursos explorados de maneira desordenada, direta ou indiretamente (Venturi, 2006).

Assim, é necessário a obtenção novos e mais detalhados conhecimentos geomorfológicos a respeito da área, com o uso da cartografia geomorfológica, que atende uma demanda de conhecimento necessário anterior a qualquer inserção antrópica. Quando inserida em uma análise integrada, fornece informações sobre o nível de exposição às diversas alterações impostas ao meio pelas sociedades humanas. A aplicação de tais mapeamentos e análises atende a necessidades político-administrativas, servindo como subsídio à elaboração de ordenamentos territoriais que atendem aos interesses políticos e sociais, evitando assim danos ao meio natural que acabam por se refletir nas sociedades e sua dinâmica.

A área de estudo se situa em meio a bacia sedimentar do Parnaíba, à leste desta estrutura, desde a sua borda, caracterizada pelo front até o reverso com caimento suave em direção ao Estado do Piauí (Fernandes; Falcão Sobrinho, 2023), o município de São Benedito se localiza a noroeste do Ceará. O referido município inclui pelo menos dois centros populacionais além da sede, sendo tal fato indício da exploração dos recursos naturais na área existente, enquadrando-se este trabalho como subsídio a organização e zoneamento das atividades desenvolvidas.

Na área de estudo é necessário, além do mapeamento geomorfológico que se constitui em uma demanda acadêmica e científica de conhecimentos básicos acerca das características naturais desse trecho do planalto da Ibiapaba e portanto basilar para implantação de iniciativas que visam a melhoria e eficiência do usos que se fazem do território, mostrando-se necessária a definição dos níveis de sensibilidade à ação antrópica oferecida pela combinação de características existentes nas unidades geomorfológicas, que ocorrem em diferentes escalas.

As políticas de zoneamento ambiental necessitam, para serem efetivadas, de vasto conhecimento acerca dos elementos naturais e antrópicos, que compõem a estrutura da unidade de planejamento, que no caso do Brasil, costumam ser estados, regiões, bacias hidrográficas ou municípios, a identificação dos níveis de fragilidade ambiental observados a partir das unidades geomorfológicas visa subsidiar tais zoneamentos.

Considerando esse contexto, o presente trabalho objetiva realizar, para o município de São Benedito, uma análise de capacidade de uso dada pela fragilidade potencial das unidades geomorfológicas, em semelhança ao que fez o projeto de Zoneamento Ecológico-Econômico do Ceará (Ceará, 2016) realizado para os

municípios da zona costeira. No entanto, a presente análise de sensibilidade ambiental as ações antrópicas são dadas a partir das unidades geomorfológicas obtidas conforme os princípios da metodologia de Ross (1992), ou seja, em perspectiva multiescalar, as unidades trabalhadas abrangem até o quinto táxon, portanto, sendo a fragilidade ambiental dada, também, apenas ao que se refere a sua sensibilidade as possíveis inserções antrópicas.

Tais trabalhos de mapeamento e identificação dos níveis de fragilidade potencial se encontram diretamente relacionados aos projetos de planejamento e zoneamento ambiental a medida da possibilidade de oferecerem informações acerca da capacidade de uso, sendo que tal metodologia foi elaborada por Ross (1990; 1994) justamente com a finalidade de atender essa demanda da gestão territorial/ambiental, constituindo-se em uma abordagem amplamente aplicada.

A compreensão desses níveis de sensibilidade ambiental dada a partir das unidades geomorfológicas tende a facilitar a compreensão acerca da variação de níveis de fragilidade em relação a mudança da paisagem, podendo ser entendida como uma forma de facilitar a compreensão das características ambientais por parte de consultores, planejadores e tomadores de decisão.

A abordagem fragmentária, na geografia, por muito tempo levou a visões equivocadas acerca desta ciência, desde a memorização, na perspectiva escolar, até o mito de sua não aplicação à realidade. No entanto, há diferentes colaborações que corroboram para a compreensão de tal cenário, como: forte especialização e compartimentação da geografia britânica, que teve reflexos no Brasil, e, sobretudo, a separação entre a geografia física e geografia humana, que impossibilitava a geografia, importante perspectiva analítica. Essa perspectiva foi incluída à medida que os geógrafos brasileiros passaram a ter acesso aos conhecimentos da geografia Russa, que historicamente esteve alinhada a perspectiva mais integradora, e onde a abordagem aos geossistemas teve início (Ross, 2009).

No entanto, a base teórico-metodológica inicial da análise empírica da fragilidade ambiental se acentua sobre a conceitualização de ecossistema, visto que esta consiste em uma espécie de releitura aprimorada da ecodinâmica proposta em Tricart (1977). Nivelando-se as noções de ecossistema e geossistema, tem-se que ambas possuem uma mesma base lógica de sistema, consistindo em uma absorção da Teoria Geral dos sistemas, respectivamente, na biologia e na geografia,

diferenciando-se pelo fato de a segunda, trabalha-se em uma perspectiva mais ampla (Rodriguez; Silva, 2019), ou seja, englobando a perspectiva espacial em diversas escalas (Ross, 2009).

A identificação dos sistemas ambientais e exame dos processos relativos a ecodinâmica, acrescentada de outros conceitos (Ross, 1990; 1994), tem levado a importantes resultados de reconhecimento de potencialidades e fragilidades do meio, que se convertem em premissas necessárias ao planejamento da intervenção humana no substrato, seja esse natural ou já antropizado e atualmente são pré-requisitos aos projetos de ordenamento e análise ambiental (Ceará, 2016).

Os conceitos de fragilidade colocados em Ross (1994) se relacionam a Teoria Geral dos Sistemas à medida que derivam do entendimento das unidades ecodinâmicas, tendo seu método embasado na análise integrada e sistêmica. Apesar de não estar explícito na referida obra, observa-se que esse entendimento se encontra estreitamente relacionado ao conceito de paisagem, sendo essa

[...] uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução (Bertrand, 1972, p. 141)

Tais combinações originam uma série de atributos a cada parcela da paisagem analisada, permitindo, em primeiro momento, a análise individual e depois integrada desses elementos e a identificação das vulnerabilidades da paisagem. Fornecendo conhecimentos basilares para o ordenamento territorial, ferramenta que tem como objetivo impulsionar o desenvolvimento econômico e a melhora da qualidade de vida da população, tendo como ancora o desenvolvimento sustentável e a proteção ao meio ambiente (Medeiros et al, 2013). Tomando como base a análise sistêmica para inspeção da paisagem, que consiste em

[...] um tratamento de informações que contemplam as relações da sociedade com a natureza, valorizando os aspectos das fisionomias, arranjos estruturais e funcionalidades socioambientais de uma determinada sociedade e como esta se apropria dos bens naturais e cuida da natureza (Ross, 2009, p.198).

Efetuada a análise, se obtém o detalhamento das reações de cada fragmento da superfície analisada a partir da intervenção humana e os níveis de alteração de dados pela ação antrópica em áreas onde se encontram populações (Ross, 2006).

Sendo a análise empírica da fragilidade ambiental uma coluna estrutural do estudo que resulta no alcance de tais finalidades. Assim, tem-se que a fragilidade potencial se caracteriza por ser aquela que reconhece os níveis de sensibilidade as intervenções humanas em cada sistema natural, enquanto a fragilidade emergente realiza tal análise levando em conta as intervenções já realizadas, retornando informações sobre os impactos de tais alterações.

Após adquiridas as informações a cerca da fragilidade ambiental, foi possível transformá-las em informações a cerca do potencial de uso e a capacidade de suporte a impactos cumulativos (Ceará, 2016), uma obra de reestruturação do zoneamento ambiental dos municípios costeiros do estado, onde a capacidade de uso é definida a partir da fragilidade potencial das unidades geoambientais, essas que por sua vez em muito se assemelham a unidades geomorfológicas, sendo que “As unidades geoambientais refletem a compartimentação das principais unidades geomorfológicas existentes [...]” (Ceará, 2016, p. 138).

Dessa forma, o trabalho que aqui é realizado em parte se assemelha ao trabalho citado, visto que possui abordagem metodológica que busca unificar metodologias já existentes e que ao mesmo tempo realiza integração de conceitos com o objetivo de contribuir concretamente com o zoneamento ambiental, sendo aqui reduzida a área de estudo, que consiste em apenas um município do planalto da Ibiapaba, abrindo margem para a visualização da necessidade de sua aplicação para todos os municípios que compõem o referido planalto.

1 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente artigo consiste em uma leitura da fragilidade ambiental com base nas delimitações das unidades geomorfológicas, trabalhadas em cinco níveis escalares, conforme os princípios de Ross (1992). Para a obtenção dos níveis de fragilidade referente ao conjunto de características dos elementos naturais foi feito uso do método indicado por Ross (1994). Tem-se que até o quinto táxon são diferenciados níveis de fragilidade referente ao potencial, ou seja, a sensibilidade de tais áreas à introdução da ação humana e mudanças impostas por essa.

Para efetuação de uma análise baseada na aplicação dessas metodologias se tornou necessário uma especificação dos materiais usados e métodos adotados, assim, mostra-se como alternativa o uso das mesmas variáveis que compõem os

mapeamentos de fragilidade ambiental potencial, no entanto, realizando uma maior/menor generalização, que deve ser adaptada a escala de cada táxon. Essas variáveis se referem as mesmas colocada por Ross (1994) como parâmetros para a identificação da fragilidade potencial em meio aos sistemas naturais.

A identificação de níveis de fragilidade em relação a cada nível taxonômico gera uma informação tabelada, essa que passa a constar em legendas e/ou descrições do produto cartográfico apresentado que é o mapeamento geomorfológico, este que apresenta as unidades geomorfológicas as quais são atribuídos os níveis de sensibilidade a inserção humana.

Observa-se que a análise descritiva e tabular cumpre a finalidade deste artigo, pois gera informações a respeito do mapeamento geomorfológico utilizado como base espacial, não sendo tal escolha arbitrária, mas sim, baseada na compreensão de que as unidades geomorfológicas refletem na diferenciação das unidades geoambientais, essas que por sua vez podem ser entendidas como geossistemas (Souza, 1988), tal qual é realizado na reestruturação do projeto de Zoneamento Ecológico-Econômico do Ceará (Ceará, 2016).

A realização de tal análise consiste em definir níveis de fragilidade homogênea as unidades da cartografia geomorfológica, de forma a discerni qualitativamente seu nível de sensibilidade a potenciais de alterações de suas características naturais. Assim, tem-se que a atribuição do nível de fragilidade nos táxons trabalhados se dá de forma crescente, sendo que ao quarto e quinto táxon são atribuídos os mesmos níveis de fragilidade devido ao fato de que neste texto o quinto táxon não é detalhadamente abordado, mas caracterizado genericamente a partir das unidades de tipos de formas.

Os procedimentos metodológicos utilizados para a análise de fragilidade potencial em São Benedito estão vinculados com os produtos intermediários de geologia, índice de dissecação, pedologia e pluviometria na análise da fragilidade aqui proposta. Para a geologia, a atribuição do nível de suscetibilidade a denudação foi então adaptada da escala dos três intervalos de Crepani et al (2001) para uma escala de avaliação em cinco intervalos.

Neste caso foi utilizado o material do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2021) escala de 1:500.000, a fim de identificar quais são as formações geológicas mais e menos estáveis, o que é dado pelo seu grau de coesão. Dessa forma, a partir

da comparação entre as diferentes litologias encontradas na área de estudo são estabelecidas relações em escala de fragilidade aos processos denudacionais (Crepani et al, 2001).

Para a atribuição de pesos baseada em Crepani et al (2001) e conforme os intervalos estabelecidos por Ross (1994), buscou-se realizar adaptações que permitisse diferenciação, ainda que pequena entre as litologias encontradas. Considerando este objetivo, se estabeleceu as ponderações de classes e de atributos referentes a geologia de São Benedito (Quadro 1), junto aos pesos das outras categorias analisadas. Em relação ao relevo, tem-se a existência de variedade de parâmetros representativos, Ross (1994) estabeleceu que as escalas de 1:50.000 ou 1:250.000, se usa os tipos de vertentes e índice de dissecação do relevo. Para análise integral da fragilidade ambiental do município, segue-se as recomendações da base metodológica utilizada, fazendo-se uso do referido índice.

Quadro 1 - Classes de fragilidade dos elementos analisados - fragilidade potencial

Produto intermediário	Atributos	Classe de fragilidade
Geologia	Formação Tianguá	3 - Média
	Formação Jaicós	2 - Fraca
Pedologia	Latossolo acinzentado e amarelo + latossolo amarelo + latossolo acinzentado	1 - Muito fraca
	Cidade	
	Latossolo amarelo + neossolo quartzarênico	2 - Fraca
	Latossolo amarelo + neossolo quartzarênico + neossolo litólico	3 - Média
	Neossolo quartzarênico + latossolo amarelo + neossolo litólico	
	Neossolo quartzarênico + neossolo litólico	4 - Forte
	Neossolo litólico + neossolo quartzarênico + afloramentos de rocha	5 - Muito forte
	Neossolo litólico + argissolo vermelho-amarelo + afloramentos de rocha	
Pluviometria	< 720 mm/ano	1 - Muito fraca
	750 – 840 mm/ano	2 - Fraca
	840 – 960 mm/ano	3 - Média
	960 – 1080 mm/ano	4 - Forte
	>1200 mm/ano	5 - Muito forte

Fonte: Adaptado de Ross (1994) e Crepani et al (2001).

No entanto, devido a escala de análise adotada, mostra-se necessária a inserção de adaptações na forma de obtenção deste índice. Embasando essa adaptação ao argumentado enfatizado por outros trabalhos de que este parâmetro

pode ser alterado devido o acréscimo ou subtração do nível de generalização em diferentes escalas, uma adaptação adotada é uma outra reclassificação para este índice, sendo absorvida a proposta de reclassificação 03 de Guimarães et al (2017).

A finalidade da utilização do uso de uma outra reclassificação para o índice de dissecação consiste em realizar análises no contexto das diferenciações das formas adequada a área de estudo, considerando suas características peculiares, fornecendo dados com maior variação tanto para subsidiar o mapeamento geomorfológico como para a análise de fragilidade ambiental. No que se refere a análise de fragilidade ambiental tem-se que a dissecação do relevo consiste na variável geomorfológica. Os níveis de fragilidade atribuídos a cada classe de dissecação do relevo se encontram na parte inferior do Quadro 2.

Quadro 2 - Informações para formulação do índice de dissecação

Dimensão interfluvial média (classes) Entalhamento médio dos Vales	Muito grande (1) >1500 m	Grande (2) 1400 a 700 m	Média (3) 700 a 300 m	Pequena (4) 300 a 100 m	Muito pequena (5) <100 m
Muito fraco (1) <20 m	11	12	13	14	15
Fraco (2) 20 a 40 m	21	22	23	24	25
Médio (3) 40 a 80 m	31	32	33	34	35
Forte (4) 80 a 160 m	41	42	43	44	45
Muito forte (5) >160 m	51	52	53	54	55

1	Muito fraca	2	Fraca	3	Média	4	Forte	5	Muito forte
---	-------------	---	-------	---	-------	---	-------	---	-------------

Fonte: Adaptado de Ross (1992) e Guimarães et al (2017).

Para mapeamento dos solos se utilizou a base espacial de solos disponibilizada pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2018), na escala de 1:100.000, essa é rasterizada por meio da opção 'converter' do Qgis 3.22 e, em seguida atribuídos os pesos. A atribuição de pesos para os solos encontrados na área de estudo foi realizada com base nas considerações de Crepani et al (2001) que leva em conta o grau de maturidade do solo e nível de desenvolvimento. Como a forma pela qual a FUNCEME disponibilizou

o recente levantamento de solos com polígonos que englobam não classes de solo, mas associações entre classes, os pesos atribuídos levam em consideração a associação como um todo, havendo associações diferentes possuindo o mesmo peso, como mostra o Quadro 1.

Para diferenciação da fragilidade dos solos inseridos na mesma classe de vulnerabilidade de Crepani et al (2001) foi utilizado as colocações dadas por Lepsch (2010) a respeito do nível de maturidade desses solos e tipos de relevo que mais comumente ocupam, permitindo uma hierarquia de níveis no relativo à fragilidade dos solos identificados no interior da área de estudo.

Na análise da pluviosidade da área de estudo, foram interpolados dados de pluviômetros monitorados pela FUNCEME, utilizando a média das médias anuais do período 2000-2023, justifica-se que o período de anos é abaixo do indicado devido a indisponibilidade de dados para alguns anos dos pluviômetros utilizados. Assim, foram analisados dados de postos pluviométricos que se encontram no município de São Benedito e em municípios próximos. Para isso foi feito uso da ferramenta interpolação IDW do Qgis versão 3.30, definindo a pluviosidade média anual para toda a extensão municipal, diferenciando intensidades.

Devido a inserção do município no semiárido, tem-se que seguir fielmente o método de Ross (1994), para ser gerado um produto intermediário de pluviometria de peso uniforme, correspondendo às características do semiárido que se encaixam no mais alto nível de fragilidade.

No entanto, para que sejam identificadas as áreas que mais sofrem com os efeitos negativos da maior concentração pluviométrica, foi feita a organização de uma outra divisão de níveis hierárquicos para fragilidade, levando em conta os índices de pluviosidade média anual de toda a área de estudo. Considerando, assim, os efeitos negativos os quais os diferentes níveis de intensidade pluviométrica podem causar, dependendo dessa causa, ou não, dos outros fatores que a esse índice posteriormente são sobrepostos. Dessa forma, a partir dos dados de pluviometria foi realizada a divisão em cinco intervalos de intensidade, os quais são atribuídos níveis hierárquicos de fragilidade, assim como mostra o quadro 01.

Assim como em Ross (1994), a partir da sobreposição dos produtos intermediários já explicitados, chegou-se ao mapa de fragilidade ambiental potencial, possuindo cinco classes de fragilidade: (1) Muito baixa; (2) Baixa; (3) Média; (4) Forte

e (5) Muito forte. O processo de sobreposição dos produtos já descritos, rasterizados e reclassificados, os quais são atribuídos pesos de acordo com as características dos elementos e seu potencial degradante, tem como base a soma dos pesos atribuídos a cada classe de cada variável (Quadro 3).

Quadro 3 - Classificação para somas finais de fragilidade

Fragilidade potencial	Descrição das classes
4	1- Muito fraca
[5 - 8]	2 - Fraca
[9 - 12]	3 - Média
[13 - 16]	4- Forte
[17 - 20]	5- Muito forte

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

As sobreposições consistem em somatórios realizados a partir da calculadora raster, do SIG Qgis 3.30, a partir do produto da sobreposição dos materiais aqui apresentados, tem-se um conjunto de polígonos e valores, os quais devem passar pela classificação apresentada no Quadro 3, após isso é obtido um mapa de fragilidade potencial de todo o município em estudo.

Com relação aos procedimentos metodológicos, fez-se articulação entre a fragilidade ambiental das características naturais e o mapeamento geomorfológico, optando-se pela forma crescente. Dessa forma, a atribuição de fragilidade ao terceiro, segundo e primeiro táxon depende da predominância de classes de fragilidade das unidades inferiores que compõem unidades do táxon em questão.

Assim, compreende-se que a leitura de fragilidade corresponderá a escala de análise, sendo que quanto menor o nível taxonômico, mais detalhada a observação quanto a sua sensibilidade natural as intervenções humanas (Ceará, 2016), consistindo em um material estritamente direcionado ao zoneamento ambiental, indicando que tal levantamento oferece informações a cerca do potencial de uso, podendo tal leitura, também, ser aplicada aos resultado encontrados a partir dos procedimentos aqui apresentados.

inicialmente foi feita análises do potencial frágil para todo o município, utilizando os materiais descritos anteriormente, tais resultados foram atribuídos as menores unidades geomorfológicas (quarto e quinto táxon). Visto que as características de solo, pluviometria, dissecação e geologia não são homogêneas em relação aos limites dessas unidades, sendo, e modo geral, comum em uma unidade

que se encontre mais um nível de fragilidade potencial, dessa forma a definição desse fator para as unidades inferiores segue as premissas indicadas no Quadro 4.

Quadro 4 - Atribuição de fragilidade potencial aos menores táxons

Situações possíveis	Atribuição de fragilidade
Quando há um nível de fragilidade predominante	Mesmo grau de fragilidade potencial
Quando não há um nível de fragilidade predominante em números não seguidos	Grau intermediário entre os dois predominantes
Quando não há um nível de fragilidade predominante em números seguidos	Grau mais forte entre os dois predominantes

Fonte: Adaptado de Ceará (2016).

Dessa forma as unidades onde predomina apenas média fragilidade, continuam com a fragilidade homogênea da unidade como média, já aquelas onde predominam dois graus de fragilidade não seguidos na escala de gravidade, como média e muito forte, a fragilidade da unidade será forte com o grau intermediário entre os predominantes, quando esses indicativos se encontram, um após o outro, como forte e muito forte, o grau de fragilidade atribuído a unidade é o muito forte. Princípio que é seguido na mesclagem metodológica utilizada em Ceará (2016). Os mesmos princípios são utilizados na definição dos táxons seguintes em ordem crescente.

No Quadro 5 consta os materiais e métodos utilizados para se obter tanto as informações e recortes referentes ao mapeamento geomorfológico como também as variáveis utilizadas na análise da fragilidade ambiental, buscando ainda elucidar que o conjunto de tais variáveis resulta na fragilidade potencial inicialmente proposta em Ross (1994). No referido quadro, encontram-se expostos os materiais ou formas de obtenção desses, tanto para o mapeamento das unidades geomorfológicas como para a obtenção da fragilidade ambiental.

Quadro 5 - Fragilidade ambiental em relação ao mapeamento geomorfológico

Táxon	Materiais/métodos		Tipo de fragilidade ambiental
	Mapeamento taxonômico	Fragilidade ambiental	
1º - Morfoestrutura	Províncias estruturais brasileiras (CPRM)	Geologia + Índice de dissecação + Solos + pluviometria	Potencial
2º - Morfoescultura	Classificação a partir de morfometria utilizando a altitude		
3º - Padrão de formas semelhantes	Classificação a partir de morfometria utilizando a altitude		

4º - Tipos de formas do relevo	Cartas geomorfológicas - AS24 e SB24		
5º - Tipos de vertentes	Cartas geomorfológicas - AS24 e SB24		

Fonte: Adaptado de Ross (1992,1994) e Crepani et al (2001).

A partir dos procedimentos metodológicos, tornou-se possível uma análise correlacionada entre a fragilidade ambiental encontrada na área de estudo e taxonomia do relevo, se atendo somente as características naturais da paisagem, identificando o grau de sensibilidade a ação humana em cada uma de suas unidades.

2 FRAGILIDADE POTENCIAL A PARTIR DA CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO

A interpretação articulada pela aplicação de diferentes abordagens metodológicas de forma simultânea se mostra comum em trabalhos que visam subsidiar ou realizar o zoneamento ambiental em diferentes sistemas ambientais. Nesse contexto, a geomorfologia é entendida como fator intrínseco à delimitação desses diferentes sistemas, sendo uma perspectiva integradora do meio físico por considerar as variáveis morfodinâmicas e morfométricas da superfície, estas que por sua vez são as responsáveis pela estruturação da paisagem (Cassetti, 2005).

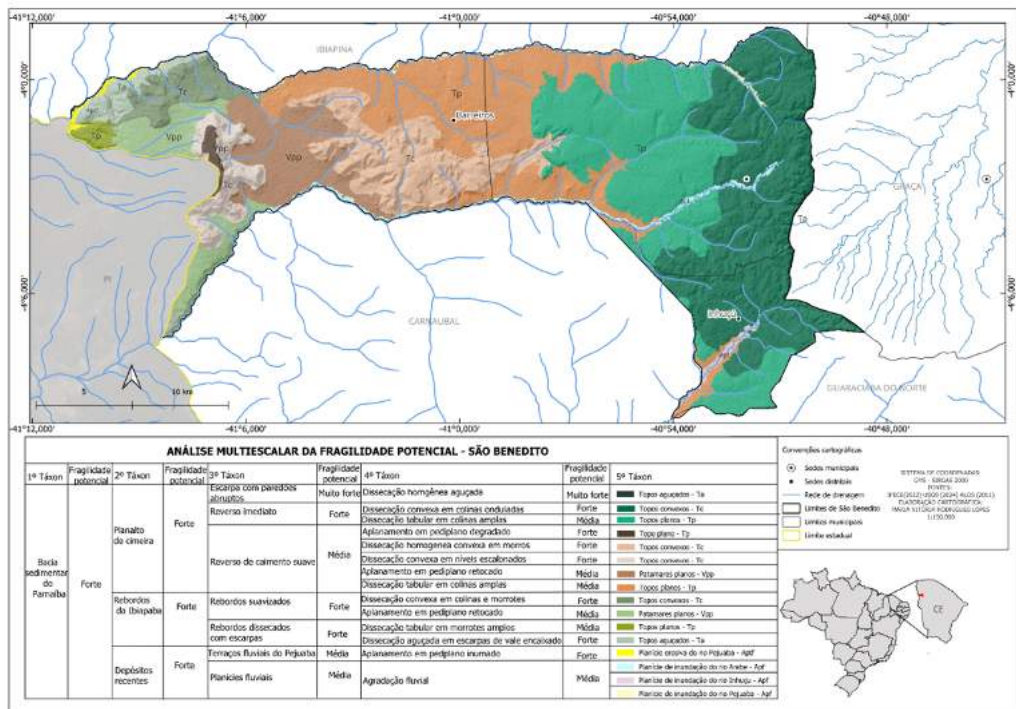
Dessa forma, por meio da compartimentação geomorfológica tem-se, também, a compartimentação de diferentes sistemas e unidades ambientais (Ross, 1994; Cassetti, 2005). Assim, a identificação da fragilidade, sensibilidade, ou potencial de uso consiste em uma questão prática de geração de informações, as quais as iniciativas de organização territorial necessitam. Nesse contexto, apresenta-se aqui, para o município de São Benedito, uma análise de fragilidade potencial das unidades geomorfológicas, em semelhança ao que fez o projeto de Zoneamento Ecológico-Econômico do Ceará (Ceará, 2016), realizado para os municípios da zona costeira.

No entanto, a presente análise de sensibilidade ambiental a ação antrópica se dá a partir das unidades geomorfológicas obtidas conforme os princípios da metodologia de Ross (1992), ou seja, em perspectiva multiescalar. Em uma primeira aproximação à fragilidade potencial do município em estudo, tem-se que essa, neste tópico, é analisada a partir das manchas de unidades geomorfológicas.

Buscando-se relacionar as características já abordadas das unidades geomorfológicas aos seus níveis de fragilidade potencial, são atribuídos níveis homogêneos a cada unidade, sendo sobretudo considerado a predominância espacial. Dessa forma é primeiro abordado o potencial frágil, também podendo ser

entendido como capacidade de uso (Ceará, 2016), nas menores unidades, aquelas que neste trabalho foram delimitadas com base nos tipos de formas, sendo nelas, também, identificados os tipos de vertentes predominantes. Assim, tem-se que a análise de fragilidade potencial se dá de forma crescente, sendo os maiores táxons os últimos a serem analisados, pois resultam de uma generalização que se dá a partir dos menores, como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Fragilidade potencial a partir das unidades geomorfológicas



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A análise aqui se realiza, principalmente, por meio dos atributos tabelados na legenda que corresponde ao mapeamento geomorfológico (Lopes; Falcão Sobrinho, 2025), no entanto, com acréscimo das informações referentes a fragilidade potencial de cada uma das unidades, nas diferentes escalas do mapeamento geomorfológico, proporcionando diferentes níveis de generalização e detalhamento.

Com relação a fragilidade potencial para o quarto e quinto táxon no município de São Benedito, houve a observação dos tipos de embasamento litológico, dissecação do relevo, solos e pluviometria, que influenciam diretamente os níveis de fragilidade potencial. Assim, quanto a dissecação do relevo, as unidades de tipos de formas não se encontram delimitadas a partir do índice de dissecação aqui analisado, tal qual é indicado em obras como Ross (1990), tal fato se dá devido o índice de

dissecação adotado retornar a um nível de detalhe que diferenciaria um número muito grande de unidades com distribuição irregular, impossibilitando seu uso para o mapeamento geomorfológico, mas, tornando-se um material interessante para a análise de fragilidade ambiental.

Por meio de análises dos elementos referidos e se tomando como base os limites dos tipos de formas, pode-se concluir que as unidades de dissecação homogênea aguçada, dissecação convexa em colinas onduladas e dissecação tabular em colinas amplas do reverso úmido, encontrando-se sobre a formação Tianguá, informação que fornece seu nível de sensibilidade aos processos denudacionais (Crepani et al, 2001).

A fragilidade deste componente indica sua suscetibilidade a processos erosivos de grandes dimensões, quanto mais frágil o embasamento, maiores as intensidades e nessas unidades, tal como mostrado anteriormente, a fragilidade quanto a este tema é mediana pois embora as rochas da formação Tianguá sejam sedimentares, essas, assim como todas as outras formações do grupo serra grande, possuem um considerável nível de coesão entre suas partículas por pertencerem ao grupo mais antigo da bacia do Parnaíba (Brasil, 2014).

Como o município em estudo abrange apenas as formações Tianguá e Jaicós, tem-se que quanto ao embasamento todas as unidades restantes se assentam sobre a formação Jaicós, com exceção apenas da planície fluvial do rio Inhuçu. Quanto a dissecação do relevo, observou-se que o método utilizado não capturou diferenciações capazes de identificar a dissecação muito fraca, por mais que ela exista em terraços, planícies fluviais e patamares de aplanamento, sendo, nesses trechos, a dissecação definida de modo generalizado como apenas fraca.

Acredita-se que tal fato decorre do tamanho mínimo das meias bacias definido durante o processamento do Modelo Digital de Elevação (MDE). Nas unidades de colinas amplas e colinas onduladas há, também, a existências de dissecações medianas, sendo maior sua concentração na unidade de colinas onduladas, denunciando a maior proximidade entre os vales do que nas unidades de colinas amplas, porém, de modo geral sua dissecação foi eleita como fraca por ser essa a classe dominante (Quadro 6).

Quadro 6 - Caracterização ambiental das unidades geomorfológicas

Tipos de formas	Tipos de vertentes	Caracterização ambiental			
		Geologia	Dissecação	Solos	Pluviometria (média anual)
Dissecação homogênea aguçada	Topos aguçados	Formação Tianguá	Muito forte	Neossolo litólico	1080-1200
Dissecação convexa em colinas onduladas	Topos convexos		Fracas	Latossolo amarelo	960-1080
Dissecação tabular em colinas amplas	Topos planos				840-960
Aplanamento em pediplano degradado	Topos planos	Formação Jaicós	Forte	Neossolo litólico	720-840
Dissecação homogênea convexa em morros	Topos convexos				
Dissecação convexa em níveis escalonados	Topos convexos		Muito Forte		
Aplanamento em pediplano retocado	Patamares planos		Fracas	Neossolo Quartizarênico	600-840
Dissecação tabular em colinas amplas	Topos planos				
Dissecação convexa em colinas e morrotes	Topos convexos		Forte	Neossolo litólico	720-840
Aplanamento em pediplano retocado (rebordos)	Patamares planos		Fracas	Neossolo Quartizarênico	
Dissecação tabular em morrotes amplos	Topos planos	Forte			
Dissecação aguçada em escarpas de vale encaixado	Topos aguçados	Muito Forte	Neossolo litólico		
Aplanamento em pediplano inumado	Planícies erosivas do Pejuaba		Fracas	Neossolo Quartizarênico	
Agradação fluvial	Planícies fluviais do Pejuaba e Arabe		Fracas	Indiscriminado	Indiscriminado
	Planície fluvial do Inhucu	Formação Tianguá Inhucu			

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Na unidade de dissecação aguçada do setor a barlavento se faz uma combinação de fatores (Quadro 6) que resultam em uma fragilidade potencial muito forte, o que indica que tal unidade possui forte sensibilidade aos desdobramentos da inserção de atividades antrópicas, pois sua muito forte dissecação que se dá sobre uma litologia menos coesa, com solos pouco espessos e sobre regime pluviométrico mais intenso indicam equilíbrio dinâmico muito sensível, ou seja, que facilmente pode entrar em desequilíbrio e degradar as características dos componentes da paisagem.

Após a unidade de dissecação muito forte e aguçada, na porção a barlavento se percebe que as unidades definidas como de fracas dissecação estão atreladas ao desenvolvimento de latossolos amarelos e outras variações de solos profundos, o que possui estreitas relações com as condições climáticas, pois a maior umidade e

precipitação nesse setor são características favoráveis ao desenvolvimento dos latossolos (Lepsch, 2010).

Assim, tem-se que embora as unidades de dissecação em colinas onduladas e colinas amplas ofereçam condições quanto ao relevo de baixa a média fragilidade, sendo consideradas, também, as associações que os latossolos amarelos possuem nessas unidades, estando localizadas sobre o embasamento menos coeso na área de estudo e se encontram submetidas a maior intensidade pluviométrica, o que define suas fragilidades, respectivamente, como forte e média.

Já nas unidades fracamente dissecadas do reverso de caimento suave, as unidades de aplanamento e a de dissecação em colinas amplas, os solos característicos são os neossolos quartzarênicos e litólicos, que derivam de condições contrárias as do reverso úmido, como o fato de se desenvolverem sobre a formação Jaicós em condições de menor umidade e índices pluviométricos, são solos arenosos e/ou pedregosos, apresentando alto nível de dificuldade as atividades produtivas, possuindo forte suscetibilidade à erosão (Lepsch, 2010).

Assim, mesmo contendo elementos que oferecem baixos níveis de fragilidade, as unidades de fraca dissecação do reverso a sotavento preservam níveis semelhantes de fragilidade potencial daquelas do reverso úmido, devendo-se tal semelhança pela predominância de solos mais suscetíveis a erosão.

Os tipos de formas de forte dissecação, unidades de dissecação convexa em morros e em colinas e morrotes e de dissecação tabular em morrotes amplos, configuram-se como sobressaltos significativos na paisagem do reverso de caimento topográfico suave, possuem menor dissecação, mesmo que ainda forte, mas que em comparação a vertentes escapardas possuem menores declividades que resultam na predominância de vertentes em formato de rampas, não sendo para estas unidades registradas como vertentes a noventa graus como se é registrado para as unidades definidas como de dissecação aguçada.

Os solos que predominam nestas unidades são: neossolos litólicos e quartzarênicos e a unidade de dissecação convexa em morros que se localiza no setor central de São Benedito, área de influência das menores médias anuais pluviométricas, no entanto, possui forte fragilidade potencial devido a conjunção de altos níveis de fragilidade dos solos litólicos e dissecação forte, sendo os fatores que proporcionam este nível de sensibilidade e alteração de suas características naturais,

situação que se dá na unidade de dissecação convexa em colinas e morrotes. Na unidade de dissecação tabular em morrotes amplos, a fragilidade é média, devido aos neossolos dessa unidade não apresentarem afloramentos rochosos e estão classificados como associação de solos de forte fragilidade.

Nas unidades de dissecação aguçada foram identificados níveis de dissecação muito fortes, elas se dão em áreas que possuem trechos de vertentes com fortes declividades, sendo essas características de áreas de forte instabilidade potencial em relação ao relevo (Ross, 1994). Essas áreas se encontram associadas aos neossolos litólicos, combinação que indica a predominância da morfogênese em relação aos processos que moldam a paisagem (Ross, 2009).

Uma dessas áreas se encontra submetida a maior intensidade pluviométrica na área de estudo, sendo a própria escarpa da Ibiapaba, nela as vertentes a noventa graus são mais robustas que aquelas encontradas a oeste, onde a pluviosidade se faz menos intensa, e por isso é destacada como a única unidade que possui muito forte fragilidade potencial (Figura 1).

Já as unidades de dissecação aguçada localizadas a oeste de São Benedito, compondo as bordas de vales encaixados e níveis escalonados de erosão em tabuleiro residual, fazem parte da área onde o regime pluviométrico é menos intenso e embora sua forte declividade e solo raso, são identificadas apenas como de forte fragilidade potencial, por se darem em litologia mais resistente, que permite, até mesmo, a existência de formas residuais. Em relação a unidade de aplanamento em pediplano inumado que compõe os atuais terraços do rio Pejuaba, tem-se que suas características relacionadas ao relevo, litologia e pluviometria contribuem para baixos níveis de fragilidade potencial, no entanto os solos altamente arenosos sobem esse nível a uma fragilidade média.

Em relação a caracterização das unidades de planícies fluviais, os componentes se modificam à medida que transitam de leste à oeste, apenas um elemento se mantém constante, sendo o que permite a conformação de tais planícies, que é a fraca dissecação, já quanto ao embasamento a única planície fluvial existente no território de São Benedito se dá sobre a formação da planície fluvial do rio Inhuçu e a formação Tianguá, que a ela fornece características geomorfológicas específicas.

As outras duas planícies fluviais identificadas abrangem as formações existentes em São Benedito, no entanto, predominam nessas a formação Jaicós.

Quanto aos tipos de solos e a pluviometria, essas unidades abrangem variadas classes, o que torna impraticável a definição de apenas uma como representativa, no entanto, de modo geral, a fragilidade potencial dessas unidades é definida como média diante de sua sensibilidade natural as alterações de suas características internas e circundantes.

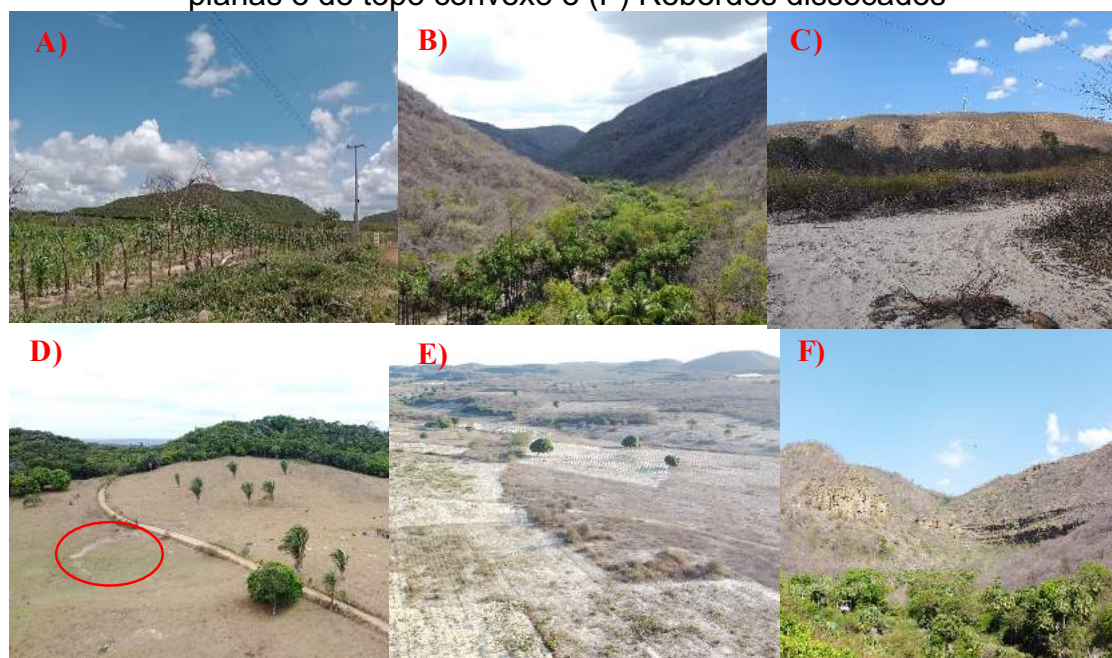
Em relação a fragilidade potencial para o terceiro, segundo e primeiro táxon, quando realizada a caracterização ambiental das menores unidades do relevo mapeadas foram atribuídos graus de fragilidade potencial, se mostrando necessário compreender suas fragilidades diante de escalas de análise menores, pois, a adoção de escalas maiores ou menores dependem dos objetivos da análise e a iniciativa de se trabalhar em diversos níveis taxonômicos visa colocar em evidência generalizações e diferenciações que podem se dar a partir da alternância entre escalas (Kohler, 2001). A Figura 1 mostra que as unidades de tipos de formas se dão por variações de fragilidade potencial que vai apenas de média a muito forte e à medida que se diminui a escala, a variedade de níveis, também, diminui.

Logo, pode-se concluir, tanto por via da literatura especializada em cartografia, quanto pelos resultados aqui alcançados, que quanto menor a escala, maior o nível de generalização dos dados representados (Keates, 1988; Ross, 1990; Kohler, 2001; Florenzano, 2008). Tal fato se torna notório na conformação das unidades do mapeamento geomorfológico multiescalar.

Assim como em compartimentações baseadas em conceitos semelhantes como, por exemplo, em unidades ambientais, sistemas ambientais e geoambientais, onde para delimitação de tais unidades, assim como para a interpretação de suas fragilidades “[...] A homogeneidade [...] é relativa, depende das características físicas [...], bem como dessa hierarquia e escala de observação” (Florenzano, 2008, p. 121), assim, quanto mais próximo mais diferenciações são observadas, quanto mais distante, ou seja, escala menor, menor diversidade pode ser vista.

Neste contexto, é obtida informações sobre a fragilidade muito forte da escarpa com paredões abruptos (terceiro táxon) e forte fragilidade potencial do reverso imediato, na primeira permanece o nível da única unidade de quarto táxon que a compõe e, na segunda o nível de fragilidade da unidade (quarto táxon) que predomina (Florenzano, 2008). A Figura 2 (D) mostra parte dessa unidade com fragilidade potencial e parte com fragilidade emergente, destacando-se forma erosiva.

Figura 2 - Fragilidade potencial a partir das unidades geomorfológicas (A) Colinas e morrotes, (B) Vale encaixado, (C) Terraço fluvial; (D) Fragilidades; (E) Unidades planas e de topo convexo e (F) Rebordos dissecados



Fonte: Acervo dos autores (2024; 2025).

A Figura 2 mostra a fragilidade potencial a partir das unidades geomorfológicas, apresentando: (A) colinas e morrotes dos rebordos suavizados com setores aplanados ocupados pelo plantio de sequeiro (período chuvoso); (B) vale encaixado nos rebordos dissecados com escarpas, ao fundo do vale a planície fluvial indicada pela maior umidade que se destaca no período seco; (C) solos característicos do terraço fluvial do rio Pejuaba, localizado logo após os rebordos; (D) registro no reverso imediato mostrando setor de fragilidade potencial e outro de fragilidade emergente onde se destaca uma forma erosiva; (E) unidades planas e de topo convexo do reverso de caimento suave, ênfase aos usos nos setores menos declivosos e solos arenosos e (F) rebordos dissecados apresentando vertentes a noventa graus.

O reverso de caimento suave é o que inclui mais unidades inferiores, sendo que suas fragilidades variam de média a forte, seu menor índice pluviométrico contribui para que a fragilidade potencial seja menor, assim como a baixa densidade de áreas de muito forte dissecação do relevo, fazendo com que esse reverso se estabeleça como de fragilidade potencial média, o que é influenciado, sobretudo, pela predominância das colinas amplas que possuem fraca dissecação do relevo, conduzindo a um menor potencial erosivo (Guerra, 2010).

No entanto, em campo se verificou que as instalações antrópicas podem desencadear significantes impactos nessa unidade, pois a vegetação nativa sobre solo arenoso se mostra pouco resiliente ao desmatamento, pois a recolonização se dá de forma muito lenta, deixando áreas desmatadas sem cobertura vegetal por longos períodos, até mesmo quando não mais possui uso efetivo. A Figura 2 (E) mostra parte do reverso de caimento suave, onde evidencia uma fração de sua diversidade, mostrando que o uso e ocupação se dá principalmente nas áreas de menores declividades, exibindo, também, recortes sem atual uso efetivo onde a vegetação se recupera dificultosamente.

Na escarpa da Ibiapaba, o reverso imediato e o reverso de caimento suave mostram diferentes padrões de formas que constituem a unidade morfoescultural do planalto de cimeira, ou seja, os níveis mais elevados do planalto da Ibiapaba é aqueles que em certa escala de análise são considerados como parte de seu 'topo', assim, conformando uma outra unidade do mapeamento geomorfológico (Ross, 1992). Esta possui o nível de fragilidade de suas unidades inferiores, mas que adaptando a escala de análise geomorfológica deve ser homogeneizada, sendo estabelecida como de forte fragilidade potencial (Figura 1).

De modo geral os rebordos suavizados e dissecados possuem forte fragilidade potencial, ocasionada por características que se dão em quase todas as unidades do setor a sota-vento do planalto da Ibiapaba, fazendo parte dessas características os solos arenosos, e no caso dos rebordos suaves, sua unidade que contém forte dissecação, a qual possui salientes morrotes em meio a baixas e amplas colinas (Figura 2-A).

Já os rebordos dissecados com escarpas tiveram sua fragilidade atribuída como forte devido a combinação entre os pesos atribuídos a seus elementos, qualitativamente a tendência é que este nível de potencial fragilidade seja maior, pois são constituídos majoritariamente por neossolos litólicos e declividades que constituem o relevo escarpado (Figura 2-B e F). Assim, a unidade morfoescultural dos rebordos da Ibiapaba possui fragilidade forte (Figura 1).

O padrão de formas em terraços fluviais do Pejuaba inclui apenas um tipo de forma, que é a atual forma de aplanamento em pediplano inumado, ou seja, uma forma que já sofreu agradação em períodos pretéritos, mas que com o rebaixamento do nível do rio passou a ser um ambiente não mais deposicional, mas erosivo a

dependem do volume e intensidade do regime hídrico. Como mostra a Figura 2 (C), essas formas possuem solos altamente arenosos, sendo o principal fator que leva a definir sua fragilidade potencial como média.

As planícies fluviais, como unidades mais recentes, constantemente possuem as características das unidades que atravessam, diferenciando-se por estarem diretamente submetidas ao regime fluvial e conseqüentemente expostas a inundações e agradação, em um balanço entre os variados atributos dessas unidades, onde se fazem características a fraca dissecação e presença de sedimentos inconsolidados, é entendida a fragilidade como média. Assim, logo compreende-se, em uma escala de análise menor, a fragilidade potencial como média para a unidade morfoescultural de depósitos recentes.

Em uma perspectiva de escala muito reduzida, tem-se a fragilidade atribuída para o recorte da província da bacia do Parnaíba, ou seja, a unidade morfoestrutural, em escala que abrange o território nacional. No geral, o uso dessa escala não é indicado para análises onde se busca maior acurácia, como é o caso da análise de fragilidade ambiental, a não ser, quando se realiza análises aplicadas em âmbito nacional, aqui é realizada para cumprimento de uma seqüência lógica que se optou por trilhar.

A baixa acurácia da homogeneização de um nível de fragilidade para uma grande unidade segue os princípios pregados por Schumm, (1985 apud Kohler, 2001, p.23), onde "[...] a escala é muito importante na aplicação de uma abordagem analógica - extrapolativa. Quanto mais longo for o espaço de tempo e maior a área, menos precisas serão as previsões ou pós-visões, para o futuro ou passado, baseadas sobre o presente".

Nesse contexto tem-se que a análise de fragilidade na escala citada inclui, também, uma maior generalização dos componentes envolvidos, o que pode levar a um tendenciamento dos resultados da análise, pois, se dá apenas com base nas características naturais do recorte de São Benedito, e sabe-se que algumas dessas características variam ao longo dos diversos setores da bacia do Parnaíba (Souza, 2000). Tais fatores, levam a compreender a análise neste nível taxonômico como uma análise de fragilidade de forma homogênea para todo o município, podendo ser útil a fins específicos de gestão que necessitem identificar níveis de fragilidade em diferentes recortes municipais.

Observa-se que a estrutura das formas do município se encontra inteiramente inserido no domínio da bacia sedimentar do Parnaíba, que para o referido recorte inclui três morfoesculturas: planalto de cimeira; rebordos da Ibiapaba e depósitos recentes, de fragilidade forte para as duas primeiras e média para a última (Figura 1). Assim, considerando os parâmetros adotados tem-se para o primeiro táxon a fragilidade forte, mostrando-se como mediano entre os níveis identificados nas unidades do quarto táxon e seus percentuais de predominância espacial.

CONSIDERAÇÕES

Ao longo do desenvolvimento da pesquisa em campo e com base nas referências foi possível constatar que as duas metodologias proporcionaram, em diferentes dimensões, subsídio a propostas de zoneamento territorial, observa-se, ainda, que tal iniciativa já se encontra em curso no estado Ceará, como na zona costeira e unidades de conservação costeiras, devendo ser, também, aplicada a territórios do interior do estado, como é o caso do município de São Benedito.

Também, existem pontos a serem continuamente melhorados nessa análise, é caso do índice de dissecação adotado, que embora seja elaborado com base em material de alta resolução, ainda não diferenciou a muito fraca dissecação dos setores que em campo foram constatados como tal, levando a um tendenciamento da análise. No geral, apesar dos detalhes a serem aprimorados, observa-se que as informações geradas condizem com a realidade ao passo que no quarto táxon, onde foram atribuídos fortes ou muito fortes níveis de fragilidade potencial, registraram-se marcas de degradação ambiental em situações de instalação das atividades antrópicas, mostrando que a indicação do nível de fragilidade potencial equivale a informação que indica os tipos de uso que podem ser inseridos em cada uma das unidades.

Ademais, a realização de tais levantamentos se somam a outros trabalhos, na mesma área, que alertam para a ocupação desordenada de áreas naturalmente sensíveis como é o caso dos brejos de altitude, reforçando o debate sobre a necessidade de criação de uma unidade de conservação que inclua todo o planalto da Ibiapaba.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. Regiões de circundesnudação pós-cretácea, no Planalto Brasileiro. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 1, p. 3-21, 1949.

AB'SÁBER, A. N. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. **Estudos avançados**, v. 13, p. 7-59, 1999.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. In: **Caderno de Ciências da Terra**, v.13, p. 1-21. São Paulo, 1972.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia - Secretaria de geologia, mineração e transformação mineral CPRM - serviço geológico do Brasil. **Geodiversidade do estado do Ceará**. Brandão, R. de L; Freitas, L. C. B. (Org). Fortaleza: CPRM, 2014. 216 p.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. [S.l.], 2005. Disponível em:

https://docs.ufpr.br/~santos/Geomorfologia_Geologia/Geomorfologia_ValterCasseti.pdf. Acesso em: jan. 2025.

CARVALHO, B. L; FALCÃO SOBRINHO, J; GRAMATA, A. P. P. P.. Cartografia do relevo e os registros da ação antrópica na sub-bacia hidrográfica do rio macambira no estado do Ceará, Brasil. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 17, n. 2, p. 181-204, 2023. Disponível em:

<https://www.proquest.com/openview/fbfa152e9d025cb4e7dc5e127d6dcb0b/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2046164>. Acesso em: jan. 2025.

CEARÁ. Superintendência Estadual do Meio Ambiente. **Reestruturação e atualização do mapeamento do projeto Zoneamento Ecológico-Econômico do Ceará – zona costeira e unidades de conservação costeiras- Relatório final de caracterização ambiental e dos mapeamentos** / Superintendência Estadual do Meio Ambiente; GEOAMBIENTE – Fortaleza: SEMACE, 2016.

CREPANI, E. MEDEIROS, J, D. HERNANDEZ FILHO, P. FLORENZANO, T, G. DUARTE, V. BARBOSA, C, C, F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial** (p. 124). São José dos Campos: Inpe, 2001.

FALCÃO SOBRINHO, J; LIMA, E. C. Expedição Geográfica ao Planalto da Ibiapaba.

William Morris Davis-Revista de Geomorfologia, v. 5, n. 1, p. 1-79, 2024. DOI:

<https://doi.org/10.48025/ISSN2675-6900.v5n1.2024.288>. Acesso em: jan. 2025.

FERNANDES, N. B. S; SOBRINHO FALCÃO, J. Mapeamento geomorfológico dos municípios de Guaraciaba do Norte e Carnaubal, no estado do Ceará, Brasil.

Revista Geográfica de América Central, n. 70, p. 321-348, 2023. DOI:

<https://doi.org/10.15359/rgac.70-1.12>. Acesso em: jan. 2025.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. Oficina de textos, 2008.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos base espacial de solos. Levantamento Exploratório–Reconhecimento de Solos do

Estado do Ceará. 2018). Disponível em: http://www.funceme.br/wp-content/uploads/2019/02/16-Mapa_CE_Solos_A2.pdf. Acesso em: dez. 2024.

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 6º ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 340 p. p. 17-55.

GUIMARÃES, F. S et al. Uma proposta para automatização do Índice de dissecação do relevo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 2017. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v18i1.1163>. Acesso em: jan. 2025.

KEATES, J.S. **Cartographic design and production**. 2ªed. New York: Longman Scientific and Technical, 1988, 266p

KOHLER, Heinz Charles. A escala na análise geomorfológica. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 3, n. 1, 2001.

LEPSCH, I.F. **Formação e conservação dos solos**. Oficina de textos, 2010.

LOPES, M. Vi. R; FALCÃO SOBRINHO, J. O mapeamento geomorfológico como subsídio à gestão ambiental: estudo aplicado ao município de São Benedito, Ceará, Brasil. **Sociedade e Natureza**, v, 37, 2025. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/yh8jxrWfMXw87DZZJ6Ygmn/?lang=pt>. Acesso em: jan. 2025.

MEDEIROS, C. N., SOUZA, M. J. N., GOMES, D. D. M., ALBUQUERQUE, E. L. S., ADERALDO, P. Í. C. Mapeamento de unidades ambientais do município de Caucaia (CE) através de técnicas de geoprocessamento: Subsídios para o ordenamento territorial. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16., 2013. Foz do Iguaçu. **Anais...**São José dos Campos: MTC/INPE, 2013. p. 4032-4039. Disponível em: <https://share.google/oVxmqdTpzSIDiRsjv>. Acesso em: jan. 2025.

MOURA-FÉ, M. M. Evolução geomorfológica da Ibiapaba Setentrional, Ceará, Brasil: Conservação. In: Simpósio Brasileiro de Geomorfologia, XI., Maringá. **Anais [...]** Maringá: 2016. Disponível em: <https://www.sinageo.org.br/2016/trabalhos/9/9-74-1481.html>. Acesso em: jan. 2025.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V da. **Teoria dos Geossistemas-o legado de VB Sochava**: Volume 1 Fundamentos Teórico-metodológicos. Fortaleza: Edições UFC, p. 176, 2019.

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**. Ed. Contexto. São Paulo. 85p. 1990.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados-in **Rev. Depto. Geografia-no**.1994.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do departamento de Geografia**, v. 6, p. 17-29, 1992.

SOUZA, M. J. N. Contribuição ao estudo das unidades morfoestruturais do estado do Ceará. **Revista de Geologia**, Fortaleza, v. 1, p. 73-91, 1988.

VENTURI, L. A. B. Recurso natural: a construção de um conceito. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 1, pág. 17/09, 2006. Disponível em: http://www.geografia.ffe.usp.br/publicacoes/Geousp/Geousp20/Artigo_Luis.pdf. Acesso em: 03 jun. 2024

TRICART, J. Ecodinâmica. FIBGE/SUPREN. **Rio de Janeiro**, v. 977, 1977.