

## **ANÁLISE AMBIENTAL E UMA ABORDAGEM DAS FRAGILIDADES AMBIENTAIS DO MUNICÍPIO DE SÃO BENEDITO, CEARÁ, BRASIL.**

## **ENVIRONMENTAL ANALYSIS AND AN APPROACH TO THE ENVIRONMENTAL FRAGILITIES OF THE MUNICIPALITY OF SÃO BENEDITO, CEARÁ, BRAZIL**

## **ANÁLISIS AMBIENTAL Y UN ENFOQUE DE LAS FRAGILIDADES AMBIENTALES DEL MUNICIPIO DE SÃO BENEDITO, CEARÁ, BRASIL**

**Maria Vitória Rodrigues Lopes**

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia da  
Universidade Estadual do Vale do Acaraú (PROPGEU-UVA)  
Sobral, Ceará, Brasil  
vitoriarodrigues.web@gmail.com

**José Falcão Sobrinho**

Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia da  
Universidade Estadual do Vale do Acaraú (PROPGEU-UVA)  
Sobral, Ceará, Brasil  
falcao.sobral@gmail.com

**RESUMO:** A presente pesquisa, realizada no município de São Benedito, no estado do Ceará, objetivou identificar as fragilidades ambientais potenciais e emergentes do território no qual se insere. A metodologia adotada consistiu no levantamento de métodos e técnicas para o mapeamento de fragilidades ambientais e na elaboração de mapas temáticos. No estudo, foram identificados quatro níveis de fragilidade potencial e três níveis emergentes, havendo predominância destes últimos, o que reafirma a necessidade de ordenar o uso e cobertura da terra no município. Observou-se, ainda, a relação entre os níveis e tipos de fragilidade e as unidades geomorfológicas.

**Palavras-chave:** Fragilidade ambiental; Ordenamento territorial; Escala municipal.

**ABSTRACT:** The present study, carried out in the municipality of São Benedito, in the state of Ceará, aimed to identify the potential and emerging environmental fragilities of the territory in which it is located. The methodology adopted consisted of a survey of methods and techniques for mapping environmental fragilities and the preparation of thematic maps. In the study, four levels of potential vulnerability and three emerging levels were identified, with the latter predominating, reaffirming the need to regulate land use and occupation in the municipality. It was also observed that the levels and types of fragility are related to geomorphological units, opening the way for the development of further studies in the area.

**Keywords:** Environmental fragility; Land use planning; Municipal scale.

**RESUMEN:** La presente investigación, realizada en el municipio de São Benedito, en el estado de Ceará, tuvo como objetivo identificar las fragilidades ambientales potenciales y emergentes del territorio en el que se inserta. La metodología adoptada consistió en el levantamiento de métodos y técnicas para el mapeo de fragilidades ambientales y la elaboración de mapas temáticos. En el estudio se identificaron cuatro niveles de vulnerabilidad potencial y tres niveles emergentes, predominando estos últimos, lo que reafirma la necesidad de ordenar el uso y la ocupación del suelo en el municipio. Asimismo, se observó la relación entre los niveles y tipos de fragilidad y las unidades geomorfológicas, lo que abre espacio para la realización de nuevos estudios en el área.

**Palabras clave:** Fragilidad medioambiental; Ordenamiento territorial; Escala municipal.

## 1. INTRODUÇÃO

A noção de natureza provedora infinita dos recursos naturais tem sido abandonada nos últimos séculos, sobretudo a partir da sistematização da ciência, que irrompe a partir do século XIX, possibilitando uma série de observações no segmento das ciências ambientais, as quais, em uma visão imediatista, não seriam alcançadas. Nesse contexto, tem-se como exemplos: a comprovação dos processos de empobrecimento dos solos; desertificação; aceleração da erosão e, principalmente, a constatação de que as modificações inseridas pelas sociedades em relação ao meio ocasionam ou intensificam tais danos ambientais que, por fim, retornam como danos sociais e/ou econômicos a própria sociedade. A partir desse entendimento que os impactos que afligem as sociedades são frutos de suas próprias ações executadas em relação ao meio, passou-se então a buscar alternativas para equilibrar tais relações de modo que as sociedades não mais gerassem danos que acabam por refletirem em si mesmas.

No âmbito da Geografia moderna, é na figura de Sotchava que se registra uma das primeiras articulações de estratégias e estudos com a finalidade de solucionar o impasse no qual a sociedade soviética encontrava-se. Rodriguez e Silva (2019) o colocam como cientista que, a seu tempo, buscou solucionar os problemas das sociedades humanas, sendo essa a incorporação da Teoria Geral dos Sistemas, do Biólogo Ludwig Von Bertalanffy, na Geografia, formulando uma das primeiras concepções acerca dos geossistemas, defendendo uma perspectiva integradora na análise que traria a resolução dos impasses, fazendo da ex-união soviética pioneira na elaboração, implantação e execução do planejamento e gestão ambiental.

Outra importante absorção da Teoria Geral dos Sistema no âmbito das ciências ambientais é a de Tricart (1977), que a compreende na perspectiva dos ecossistemas e assim estabeleceu sua teoria das unidades ecodinâmicas, que definiu um formato também consistente para a análise ambiental, sendo atualmente utilizadas frequentemente em análises do meio (FALCÃO SOBRINHO, 2025).

O entendimento da dinâmica das paisagens perpassa pela análise dos diversos elementos que a compõem, tal estudo, além de gerar conhecimentos que são absorvidos pelas sociedades em seus mais diversos segmentos, são essenciais para a realização de uma eficaz e eficiente gestão ambiental/ territorial e planejamentos que as regem. Assim, encontra-se no relevo um elemento de integração entre os fatores bióticos e abióticos (ABREU, 1985) se constituindo como uma variável de peso na análise integrada, pois os processos nele correntes definem o estado da paisagem.

Tal reflexão se torna oportuna quando se pretende trabalhar na perspectiva de análise ambiental, bem como, níveis de fragilidade ambiental. Isto posto, tem-se a área de estudo, o município de São Benedito, localizado no Planalto da Ibiapaba, o qual se insere em um contexto de crescente aumento da pressão econômica sobre os recursos naturais, e por tal questão eleito a aplicação do presente trabalho. Visa-se, portanto, através desse estudo, analisar e caracterizar suas potencialidades e fragilidades no intuito de contribuir para o planejamento e desenvolvimento sustentável do município, visto que este, por mais que possua parte da sua extensão em área de preservação permanente determinadas pela Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, não se encontra no interior de nenhuma Unidade de Conservação (UC). Sendo que no Brasil, a UC é a ferramenta de proteção ambiental que mais se aproxima de uma efetiva proteção. Assim, resta às gestões estaduais e municipais o desenvolvimento de estratégias para que o município prossiga seu processo de crescimento econômico e social sem causar grandes danos ao meio ambiente.

A análise de fragilidade ambiental auxilia o desenvolvimento e atuação do planejamento e gestão ambiental através da designação de áreas propícias e não indicadas a certos tipos de uso e cobertura (AMARAL e ROSS, 2009), permitindo dessa forma a instalação de uma dinâmica ambiental, social e econômica que utilize o potencial e respeite as fragilidades ambientais.

Este estudo objetiva a realização da identificação e análise dos níveis de fragilidade ambiental presentes no município de São Benedito, atentando-se tanto para as fragilidades potenciais, que são aquelas que, entre outras coisas, podem identificar áreas propícias e não propícias à exploração e ocupação, e também para a fragilidade emergente, que indica, sobretudo, áreas onde os processos atuantes precisam ser mitigados para não acarretarem degradações ambientais ou áreas onde sejam necessárias ações de recuperação das características do ambiente (AMARAL e ROSS, 2009). Como propósito consequente, a pesquisa visa também efetuar uma análise dos elementos físico-naturais e sociais da área, o que é intrínseco à análise de fragilidade ambiental. A identificação das fragilidades ambientais é efetuada a partir dos fundamentos estabelecidos por Ross (1994), sendo acrescentadas adaptações para o desenvolvimento da metodologia em ambiente SIG e para as características particulares da área de estudo.

## 2. FRAGILIDADES E PLANEJAMENTO AMBIENTAL TERRITORIAL

A análise dos sistemas ambientais e exame dos seus processos através dos postulados da ecodinâmica mais tarde foi acrescida de outros conceitos por Ross (1994) e tem levado a importantes resultados de reconhecimento de potencialidades e fragilidades do meio, que são premissas necessárias ao planejamento da intervenção humana no substrato, seja este natural ou já antropizado.

Os conceitos de fragilidade, conforme Ross (1994), relacionam-se à abordagem sistêmica à medida que derivam do entendimento das unidades ecodinâmicas, tendo seu método embasado na análise integrada. Apesar de não estar explícito na referida obra, pois essa se embasa no conceito de ecossistemas, ainda temos que a compreensão nela presente encontra-se estreitamente relacionada 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 dessas categorias, e a identificação das instabilidades dela. Fornecendo conhecimentos basilares para o ordenamento territorial, essa ferramenta tem como objetivo impulsionar o desenvolvimento econômico e a melhora da qualidade de vida da população, tendo como âncora o desenvolvimento sustentável e a proteção ao meio ambiente (MEDEIROS *et al.*, 2013).

As formas de identificação e classificação das instabilidades ambientais constantemente sofrem alterações por via de adequações ou adaptações. Na obra de Sporn (2001), são demonstradas diferentes formas de conhecer as instabilidades de uma área, demonstrando os diferentes resultados obtidos a partir de certas alterações nos procedimentos metodológicos. A metodologia mais utilizada, em geral, é a proposta em Ross (1994), que interpreta a partir das unidades ecodinâmicas de Tricart (1977), dois tipos de fragilidade ambiental: (i) a potencial – que corresponde fragilidade natural do ambiente, e (ii) a emergente – sendo a fragilidade natural associada aos graus de proteção que os diferentes tipos de uso e cobertura inseridos ou naturais exercem (KAWAKUBO *et al.*, 2005).

O uso do mapeamento de fragilidades ambientais se constitui em uma importante ferramenta para avaliação e articulação da ação humana em referência ao meio (Gonçalves, 2011). O planejamento ambiental que se utiliza de alguma forma a identificação das fragilidades ambientais permite não somente o diagnóstico de nível de degradação existente, mas também subsidia o ordenamento territorial de forma a evitar a geração de novos danos ao meio, podendo até mesmo promover a recuperação dos existentes. Pois, assim como ressalta Sporn (2001), o

conhecimento dos níveis de fragilidade, dado por meio da integração de diversas variáveis que interferem nas potencialidades dos recursos naturais, possibilita compreender a realidade e obter uma visão mais clara sobre quais são as opções mais adequadas para o uso da terra.

Santos (2004) reforça que os planejamentos ambientais são organizados dentro de uma estrutura de pesquisa, análise e síntese, sendo a pesquisa responsável por reunir e organizar dados para facilitar a interpretação e a análise, consistindo na compreensão do meio em que se pretende aplicar o planejamento. Por fim, na síntese, tem-se a aplicação dos conhecimentos alcançados para a tomada de decisão. A fase analítica pode ser conduzida através de diferentes métodos e, nessa perspectiva, temos que:

“A identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades potenciais e emergentes possibilita uma definição mais precisa das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial. Sendo assim, a aplicação desta metodologia que leva em consideração às Unidades de Fragilidades Naturais é de amplo interesse social, na medida em que subsidia o Zoneamento Sócio-Econômico Ambiental e, em consequência, o planejamento estratégico.” (MASSA e ROSS, 2012, p.77).

Sendo tal metodologia derivada da análise ecodinâmica, Ross (1994), coloca que a fragilidade potencial equivale as unidades ecodinâmicas estáveis enquanto que a fragilidade emergente se compara a unidades ecodinâmicas instáveis, sendo essas caracterizadas, principalmente, por áreas onde a inserção antrópica alterou características dos elementos naturais, principalmente, por meio do desmatamento. A identificação dos tipos e do grau das fragilidades visa, sobretudo, indicar áreas preferenciais para cada tipos de uso/ cobertura, ou, por outro lado, tipos de uso e cobertura mais adequados a determinadas frações do recorte trabalhado.

Em algumas aplicações da metodologia em questão, são gerados dois produtos: um referente à fragilidade potencial e outro à fragilidade emergente; e em alguns outros casos, como em Massa e Ross (2012), gera-se apenas um produto final com a espacialização dos tipos e níveis de fragilidade ambiental. Os dois tipos de amostragem resultam, no entanto, dos mesmos procedimentos, e atendem às mesmas finalidades que, em resumo, consistem em uma análise de multicritério na qual são atribuídos valores numéricos hierárquicos a características qualitativas dos elementos colocados em foco. Tal procedimento metodológico encontra base teórica na compreensão sistêmica da natureza, na qual essa é entendida como um todo possuidor de elementos que estão em constante troca de energia e matéria, estabelecendo assim relações de equilíbrio dinâmico (AMARAL; ROSS, 2009).

É importante frisar que a noção de equilíbrio dinâmico concebida a partir da ecodinâmica é o fator principal que define o estado das unidades ecodinâmicas: quando estas estão em equilíbrio ecodinâmico são estáveis, e quando as relações de troca se dão fora desse equilíbrio então as unidades ecodinâmicas, são caracterizadas como instáveis. Explicando melhor tais unidades, Ross (1994) discorre que:

“As Unidades Ecodinâmicas Instáveis foram definidas como sendo aquelas cujas intervenções antrópicas modificaram intensamente os ambientes naturais através dos desmatamentos e práticas de atividades econômicas diversas, enquanto as Unidades Ecodinâmicas Estáveis são as que estão em equilíbrio dinâmico e foram poupadas da ação humana.” (Ross, 1994, p.66)

Assim, o fator antrópico mostra-se como aquele que diferencia os tipos de unidade e as características dos elementos naturais que as compõem, assim como as características das ações e usos realizados pelas sociedades humanas, definem os níveis de fragilidade de tais unidades. Os níveis de fragilidade ambiental são divididos em cinco classes hierárquicas: (1) muito fraca; (2) fraca; (3) média; (4) forte; (5) muito forte. As referidas classes podem ser resultantes de diferentes funções lógicas/matemáticas dadas a partir da atribuição de pesos às variáveis

ambientais. Observa-se que as variáveis mais utilizadas, dentre as indicadas por Ross (1994), costumam ser aquelas nas quais seus atributos se diferenciam no interior da área de estudo.

Na análise que objetiva esta pesquisa é dada ênfase ao relevo, o que se dá pelo fato deste ser um elemento unificador em relação aos outros componentes da paisagem (ABREU, 1985), sendo considerado ainda por Anjos *et al.* (2019) como fator controlador da formação e erosão dos solos. e por Ross (1994) como principal fator na definição da fragilidade potencial. Dessa forma, também é existente uma diversidade de tipos inserção dessa variável na análise efetuada para avaliação da vulnerabilidade dos ambientes naturais e antropizados.

O parâmetro a ser utilizado na avaliação da variável geomorfológica está diretamente relacionada à escala de trabalho. Ross (1994) evidencia que nas escalas de menor detalhe utiliza-se o padrão de formas semelhantes, rugosidade topográfica ou o índice de dissecação do relevo. Já para escalas maiores, a partir de 1:25.000, é indicado utilizar as formas das vertentes com classes de declividade. A alteração de parâmetros a partir da escala de análise em muito se relaciona às condições estabelecidas por obras já consagradas para o mapeamento geomorfológico. Nesse sentido, Ross (1992), a partir do projeto RADAM e das obras de Mercejacov e Gerasimov, propõe uma taxonomia adequada a diferentes escalas, proporcionando uma diversidade de observações geomorfológicas, que possuem como finalidade principal, o subsídio a implantação e planejamento de atividades, ocupações e intervenções no ambiente.

A cartografia geomorfológica possui a característica de ser, simultaneamente, instrumento de análise e síntese (FLORENZANO, 2008), sendo utilizada neste trabalho, assim como para toda análise de fragilidade ambiental, como instrumento de análise integrado a um método analítico multicriterial. Nesse contexto, o relevo se insere no conjunto de componentes onde se encontra também o substrato litológico, as características climáticas, os solos e os tipos de uso e cobertura que se dão sobre a superfície em análise. Sendo essas as informações utilizadas em parte significativa dos trabalhos pioneiros desse tipo de análise que visa a identificação e indicação das potencialidades e limitações ambientais.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Abordamos nesta seção a metodologia aplicada ao trabalho, caracterizando a área de estudo onde foi efetuada a pesquisa, a malha municipal de São Benedito, e os materiais e métodos utilizados para elaboração dos resultados apresentados no trabalho, evidenciando também o embasamento teórico-metodológico adotado.

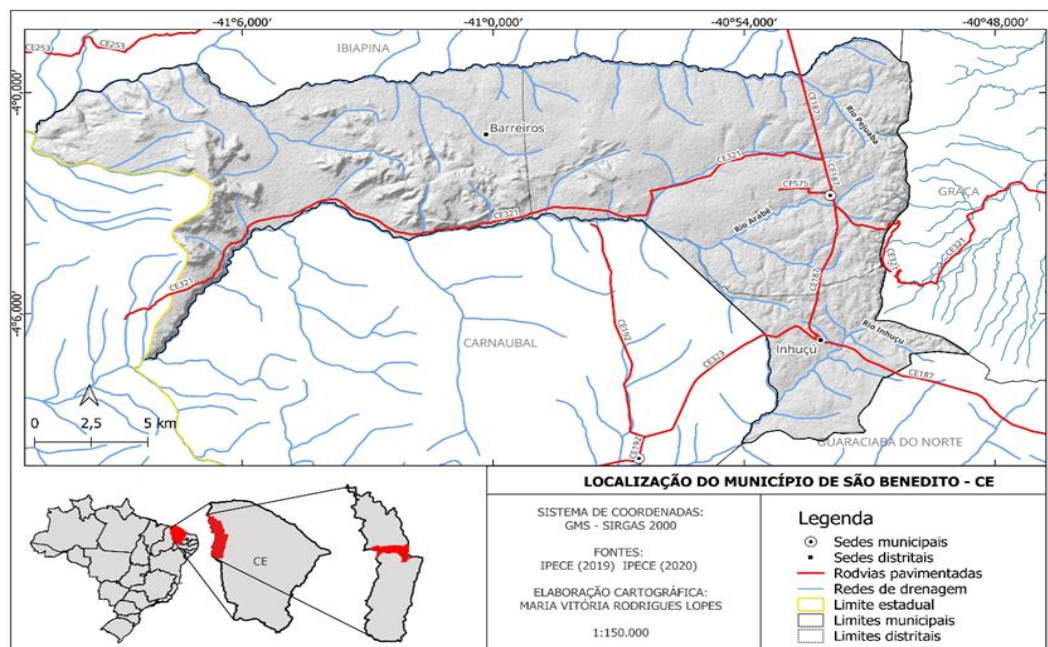
#### 3.1. Área de estudo

A área de estudo situa-se em meio à bacia sedimentar do Parnaíba, precisamente a leste desta estrutura, desde a sua borda, caracterizada pelo *front* cuestiforme até o reverso com caimento suave em direção ao Estado do Piauí (FERNANDES e FALCÃO SOBRINHO, 2022), estando, o município de São Benedito a noroeste do Estado do Ceará (Figura 1).

Com sede localizada entre as coordenadas 4° 02' 56" S e 40° 51' 54" O, e uma área de 350, 847 km<sup>2</sup>, o referido município inclui dois centros populacionais além da sede. Tal fato é o indício da exploração dos recursos naturais na área existente, pois denuncia um certo nível de povoamento ao longo do território municipal, o que enfatiza ainda mais o caráter deste trabalho como subsidiário às atividades desenvolvidas como a pecuária, agricultura e turismo.

Os distritos do município vêm a ser: o distrito-sede, Barreiros e Inhuçu. Nota-se ainda a existência de significativo aglomerado populacional rural dentro do território do distrito sede, sendo esse chamado de Faveira, situado próximo às margens do rio Arabé, o limite natural com o município de Carnaubal. Quanto à correlação entre alguns elementos naturais e antrópicos, temos o distrito de Barreiros localizado inteiramente na vertente a sotavento, predominando

assim uma dinâmica pluviométrica semelhante a existente no domínio dos sertões. Enquanto isso, o distrito-sede e Inhuçu, localizados no topo imediato do planalto, ocupam o setor mais úmido, compondo a vertente a barlavento, onde encontram-se as maiores médias pluviométricas do município.



**Figura 1** – Mapa de localização do município de São Benedito. Fonte: Elaboração própria (2025).

Ainda em busca de uma superficial correlação, nota-se que o padrão de urbanização dos distritos localizados à vertente úmida do planalto da Ibiapaba oferece uma maior gama de serviços públicos, o que sinaliza o fato de haver nesses um maior desenvolvimento. Corrobora, portanto, com os últimos dados de censo demográfico do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas, no qual constata-se que um total de 47.640 habitantes distribuídos da seguinte maneira: distrito sede com 40.097 habitantes; Inhuçu com 5.336 habitantes e Barreiros com 2.207.

As informações demográficas dadas a partir de sua distribuição espacial fornecem importantes abstrações prévias em relação à ocupação e povoamento do território. Dessa forma, as informações demográficas permitem a elaboração de hipóteses sobre a relação entre características climáticas e povoamento, visto que os distritos mais próximos da escarpa da Ibiapaba, no município de São Benedito, possuem uma maior densidade demográfica.

No que se refere à hidrografia do município, as mais significativas originam-se na vertente úmida, havendo dois principais eixos de drenagem, um em direção leste (drenagens obsequentes que vão em direção às bacias do estado do Ceará) e outro para oeste, onde as drenagens seguem o caimento suave, drenagens consequentes que compõem a bacia do rio Parnaíba.

### 3.2 Procedimentos metodológicos

Esse estudo foi realizado através de cinco etapas, que consistem em: 1) pesquisa bibliográfica para obtenção de informações sobre o campo de estudo e levantamento de métodos e técnicas para mapeamento de fragilidades ambientais que melhor se adequem à área em

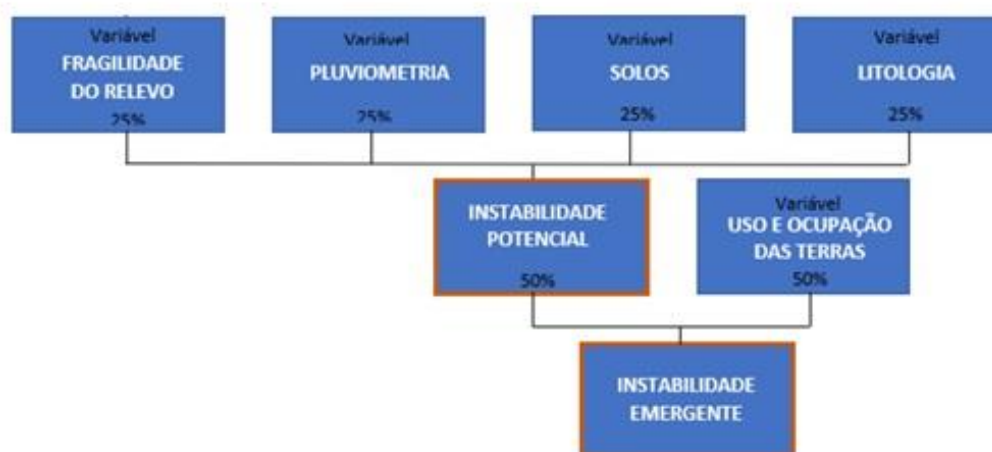
questão; 2) classificação das formas de uso e cobertura da terra São Benedito; 3) pesquisa de fontes de informação para obtenção de base de dados espaciais e quantitativos; tratamento das bases; 4) elaboração dos mapas de fragilidade potencial e emergente a partir de análise de multicritério; 5) análise e confirmação dos dados espaciais em campo.

O presente estudo tem como base principal a metodologia proposta em Ross (1994) considerando adaptações e proposições presentes em Crepani *et al* (2001) e Bezerra *et al.* (2016). Optou-se por tais metodologias pelo fato de a metodologia de Ross (1994) ser basilar, enquanto que em Bezerra *et al.* (2016) se encontra importantes adaptações ao semiárido e sobretudo, a análise da fragilidade ambiental em escala local. Nela é encontrada referência, principalmente, para a classificação de fragilidade dos tipos de uso/ocupação da terra, e classificação do produto intermediário de pluviometria. Já em Crepani *et al.* (2001), encontram-se valiosas instruções para a classificação de fragilidade à denudação.

A identificação de fragilidades ambientais exige uma série de produtos intermediários, em conjunto esses permitem a identificação dos tipos e níveis de fragilidade ambiental. Nesta pesquisa são destacadas as fragilidades ambientais potenciais e emergentes propostas nas metodologias de Ross (1990; 1994) e já aplicadas em outros trabalhos (SPORL, 2001; BEZERRA *et al.*, 2016; GONÇALVES, 2011; KAWAKUBO *et al.*, 2005). Para mapeamento das fragilidades potenciais e emergentes do meio em questão, utiliza-se dos dados de pedologia, dissecação do relevo, pluviometria, geologia e uso/ocupação. Tais variáveis constituem-se em produtos independentes, possuindo classes com distintos pesos de imprescindível importância no mapeamento e classificação das fragilidades.

Para o levantamento dos dados e informações que, em conjunto, resultam no mapeamento das áreas mais suscetíveis à degradação, foi feito máximo esforço para se trabalhar com escalas semelhantes, reconhecida a questão de que, nessa análise, a escala é fator elementar. Assim temos que a maioria dos materiais possuem escala de elaboração em 1:100.000, restando apenas o levantamento geológico em escala 1:500.000. Com isso, acredita-se que a análise não trará alto prejuízo devido à alta semelhança das formações existentes no planalto da Ibiapaba.

Em Ross (1994), nota-se que os cálculos finais de fragilidade ambiental são efetuados a partir de matrizes, sendo todo o procedimento realizado de forma manual. Em uma adaptação para ambiente SIG, já realizada em diversos trabalhos, sendo aqui adotada a de Bezerra *et al.* (2016), é feita uma organização na ordem de processos de modo que confere a cada variável mesma importância a qual recebe a partir de procedimentos manuais indicado em Ross (1994). Segue, na figura 2, o fluxograma da ordem de materiais e procedimentos que conferem, à adaptação para o ambiente SIG, mesmo alcance de resultados onde é possível estabelecer percentuais de contribuição no resultado final para seus pesos.



**Figura 2** – Fluxograma de procedimentos metodológicos. Fonte: Elaboração própria (2025)

Desse modo, a soma da fragilidade do relevo - aqui dada pelo índice de dissecação, da pluviometria, dos solos e da litologia, após classificada a partir dos intervalos presentes no quadro 2 resulta na fragilidade potencial da área de estudo. Em procedimento posterior é realizada a soma da fragilidade potencial com a fragilidade proporcionada pelos tipos de uso e cobertura da terra sendo o resultado classificado de acordo com os intervalos para fragilidade emergente (quadro 2, e assim retornando as classes de fragilidade emergente).

Para efetivação do mapeamento temático e ponderado, com destino à utilização na análise da vulnerabilidade à degradação na área de estudo, tem-se que os dados geográficos completamente secundários, sendo apenas o levantamento geológico e pedológico, são processados com o uso do software Qgis 3.30, sendo recortados para o limite municipal de São Benedito e feito mapeamento temático. Em seguida, foram atribuídos os devidos pesos, que podem variar de 1 a 5 a partir das características dos elementos. A atribuição de pesos é feita conforme os trabalhos de Crepani *et al* (2001) e Lepsch (2002).

Para a espacialização das informações referentes a geomorfologia, a pluviometria e o uso e cobertura da terra foram seguidos uma série de procedimentos específicos para a obtenção individual de ambos. No caso da geomorfologia, foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE) ALOS PALSAR com resolução de 12,5 m.

O índice de dissecação, obtido a partir do MDE, é gerado através dos procedimentos registrados em Guimarães *et al.* (2017), que aplica em sua metodologia uma adaptação para que assim seja possível a identificação de um maior número de classes de dissecação do relevo, aprofundando a análise ambiental. Para além dessa adaptação, usou-se também de adaptações à nível de escala para a elaboração do índice de dissecação do relevo encontradas no trabalho de Dalla-Lana *et al.* (2017).

Nesse contexto, é feita uma adaptação dos intervalos da dimensão interfluvial média, um dado utilizado para a obtenção do índice de dissecação. Em Dalla-Lana *et al.* (2017) os ajustes realizados nesse intervalo promoveram uma representação na escala de 1:50.000. Utilizando-se desse parâmetro, para o presente trabalho buscou-se adaptar os dados de forma que gerassem uma representação na escala 1:100.000, visto o fato de a maioria dos materiais utilizados estarem nesta proporção espacial.

Na análise da pluviosidade da área são interpolados dados de pluviômetros monitorados pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME, sendo utilizada a média das médias anuais do período 2000-2023, um período abaixo do indicado devido à não disponibilidade de dados para os pluviômetros existentes no recorte de interesse em período mais adequado. Foram considerados os dados de postos pluviométricos que se encontram no município de São Benedito e em municípios próximos. Para a análise da pluviosidade foi feito uso da ferramenta interpolação IDW do Qgis versão 3.30, definindo a pluviosidade média anual para todo o município de forma a diferenciar intensidades. Os postos pluviométricos e seus dados encontram-se no quadro 1.

**Quadro 1:** Postos pluviométricos utilizados na análise

Município	Localidade	Coordenadas		Pluviosidade média anual
		Latitude	Longitude	
Carnaubal	Carnaubal	-41,645583333333	-38,490555555556	477,31
São Benedito	Sítio Faveira	-40,528888888889	-38,490555555556	594,49
Croatá	Santa Tereza	-43,822777777778	-38,490555555556	441,79
Guaraciaba do Norte	Morrinhos Novos	-41,761666666667	-38,490555555556	581,32
Guaraciaba do Norte	Limoeiro	-41,761666666667	-38,490555555556	675,4
Ibiapina	Ibiapina	-39,166111111111	-38,490555555556	1510,76
São Benedito	São Benedito	-40,4630555556	-38,490555555556	1159,35
Ubajara	Ubajara	-38,534444444444	-38,490555555556	1158,15
Ubajara	Poco da Areia	-38,490555555556	-38,490555555556	500,05

Fonte: Organizado a partir de FUNCEME (2000-2023)

Para identificação das áreas que mais sofrem com os efeitos negativos da maior concentração da precipitação, entre a maior e menor média pluviométrica anual são estabelecidos intervalos iguais que equivalem aos níveis de fragilidade oferecidos pela variável pluviométrica. Dessa forma, a partir dos dados de pluviometria, é realizada a divisão em 5 (cinco) intervalos de 200mm/ano, aos quais são atribuídos níveis hierárquicos de fragilidade (mapa D, figura 03).

A aquisição de dados georreferenciados para a variável de uso e cobertura da terra é realizada através da classificação de imagens do satélite LANDSAT 8, estas têm como período de referência o segundo semestre de dois mil e vinte e quatro (2024). A classificação das imagens é realizada de forma supervisionada, ou seja, a partir de amostras de classes de uso verificadas na área para identificação das mesmas em toda a extensão desejada. Neste processamento se faz uso do complemento dezetsaka do SIG Qgis 3.28, com imagens do satélite LANDSAT 8 de resolução 15 m, obtidas através da plataforma USGS. Após a classificação do uso e cobertura da terra e efetuação de correções, também é realizada a aplicação da ferramenta *crivo* do Qgis 3.28 para filtrar áreas mapeadas menores que 1000 m<sup>2</sup>, tornando assim o mapeamento adequado a uma escala de 1:100.000.

Na análise da fragilidade ambiental, a categoria uso da terra é essencial para diferenciar as unidades de instabilidade emergente e potencial (Ross, 1994). Com isso, as áreas que possuem outros tipos de cobertura, que não seja a de vegetação nativa, são automaticamente classificadas como unidades ecodinâmicas de instabilidade emergente, nas quais cada tipo de cobertura exerce influência sobre o nível de fragilidade emergente final, dada após ser sobreposta a todas as outras categorias que compõem a análise.

Seguindo-se o fluxograma de etapas (figura 2), após distribuir os pesos entre os atributos de todas as variáveis analisadas e feita a sobreposição dos valores a partir da *calculadora raster*, aplica-se então os seguintes intervalos (quadro 2) para a classificação final da fragilidade potencial e emergente:

**Quadro 2:** Intervalos para classificação final de fragilidade ambiental

Descrição das classes	Fragilidade potencial	Fragilidade emergente
1 Muito fraca	[1 - 4]	[1 - 2]
2 Fraca	[05 - 08]	[03 - 04]
3 Média	[09 - 12]	[05 - 06]
4 Forte	[13 - 16]	[07 - 08]
5 Muito forte	[17 - 20]	[09 - 10]

Fonte: Organizado a partir de Bezerra *et al.* (2016)

Realizadas as classificações finais, obtém-se então dois produtos que podem ser interpretados a partir de um único mapa. Para isso é feito o recorte dos produtos de fragilidade potencial e emergente a partir do uso/ocupação, sendo as áreas de cobertura vegetal nativa aquelas onde podem variar os níveis de fragilidade potencial, e o restante sendo áreas onde variam os níveis de fragilidade emergente. Confeccionados os mapas, dá-se então a análise que permite desvendar os fatores que causam as variações encontradas.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização ambiental de uma área se constitui em uma importante etapa da análise ambiental e, principalmente, quando esta se dá com objetivos que para além de reconhecer uma área e gerar importantes conhecimentos acadêmicos, também fornecer bases para o planejamento ambiental. Segundo Silva e Rodriguez (2014), o conhecimento a respeito das

unidades ambientais e paisagísticas, naturais e culturais, implica em um processo importante de identificação das potencialidades, capacidades, limitações e problemas de sistemas ambientais, sendo o conhecimento a respeito de tais fatores necessário a iniciativa de se ordenar a ocupação e/ou exploração de modo que se adeque às características do território.

A necessidade de se usar/ explorar os territórios de forma adaptada as suas singularidades parte do pressuposto de desenvolver-se sustentavelmente, o que implica em gerar situações onde o desenvolvimento social e econômico possa ser viabilizado sem causar grandes impactos as características da dinâmica dos elementos naturais, essencial para a qualidade de vida em geral. Nesse sentido, Ross (2006, p. 60) constata que “[...] o planejamento ambiental articula-se com o princípio do desenvolvimento sustentável, que significa permear todos os níveis das relações sociais e econômicas das sociedades humanas e dos vínculos que estas estabelecem com a natureza”. Então, compreende-se que o planejamento ambiental inclui etapas que extrapolam a análise dos componentes ambientais, sendo em outras etapas indicada também a participação das comunidades envolvidas como indicam Silva e Rodriguez (2014).

Assim, a análise ambiental consiste em uma síntese dos conhecimentos, no caso deste trabalho, geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climatológicos e sociais, resultando, posteriormente, na análise empírica da fragilidade ambiental do município de São Benedito, dada a partir dos parâmetros metodológicos de Ross (1994). Ademais, a análise de tais elementos deriva da compreensão de que

“O conhecimento das potencialidades dos recursos naturais passa pelos levantamentos de solos, relevo, rochas e minerais, das águas, do clima, da flora e da fauna, enfim, de todos os componentes do estrato geográfico que dão suporte à vida animal, e das práticas sociais e econômicas. Para a análise da fragilidade, entretanto, exige-se que esses componentes setorializados sejam avaliados de forma integrada, com base no princípio de que a natureza se apresenta com relações intrínsecas entre os seus componentes físicos e bióticos.” (ROSS, 2006, p.150)

É possível, a partir do exposto, interpretar a análise integrada como pré-requisito para a obtenção e exame da fragilidade ambiental. Por esse motivo, aqui apresentam-se os atributos de cada elemento analisado a partir da ótica do grau de fragilidade ou proteção à degradação que estes proporcionam ao equilíbrio dinâmico das relações entres os componentes ambientais do município em estudo.

Assim sendo, em São Benedito encontra-se, em todas as categorias analisadas, uma expressiva diversidade que lhe é conferida principalmente por sua localização em relação à geomorfologia do estado do Ceará, que se encontra em meio ao planalto da Ibiapaba. Isso proporciona uma dualidade nas características ambientais dos municípios que compõem a Ibiapaba setentrional e por sua vez, na ocupação e exploração biológica e antrópica. Arrisca-se afirmar que a mais expressiva de tais dualidades venha a ser a realidade climática, que se apresenta por meio da pluviometria e que, por sua vez, gera reflexos em todos os outros elementos do ambiente.

Ab’ Saber (1999) caracteriza o planalto da Ibiapaba, em seu setor setentrional, como um *brejo de altitude*, o que lhe é atribuído devido às expressivas diferenças de umidade, temperatura e precipitação em relação ao semiárido, domínio morfoclimático onde encontra-se, sendo a Ibiapaba caracterizada como área de exceção. A dualidade climática consiste no fato de o *brejo de altitude* não corresponder à totalidade da Ibiapaba setentrional, havendo uma expressiva diferença entre setores mais próximos e mais distantes de sua borda íngreme, concentrado a característica abordada por Ab’ Saber (1999) no reverso imediato, e existindo no reverso com caimento suave em direção ao eixo da bacia do Parnaíba características climáticas semelhantes às que são encontradas na superfície sertaneja.

Visto a dialética entre os componentes da paisagem, temos que o embasamento rochoso de São benedito, que apresenta as formações do grupo Serra Grande, sendo elas a formação

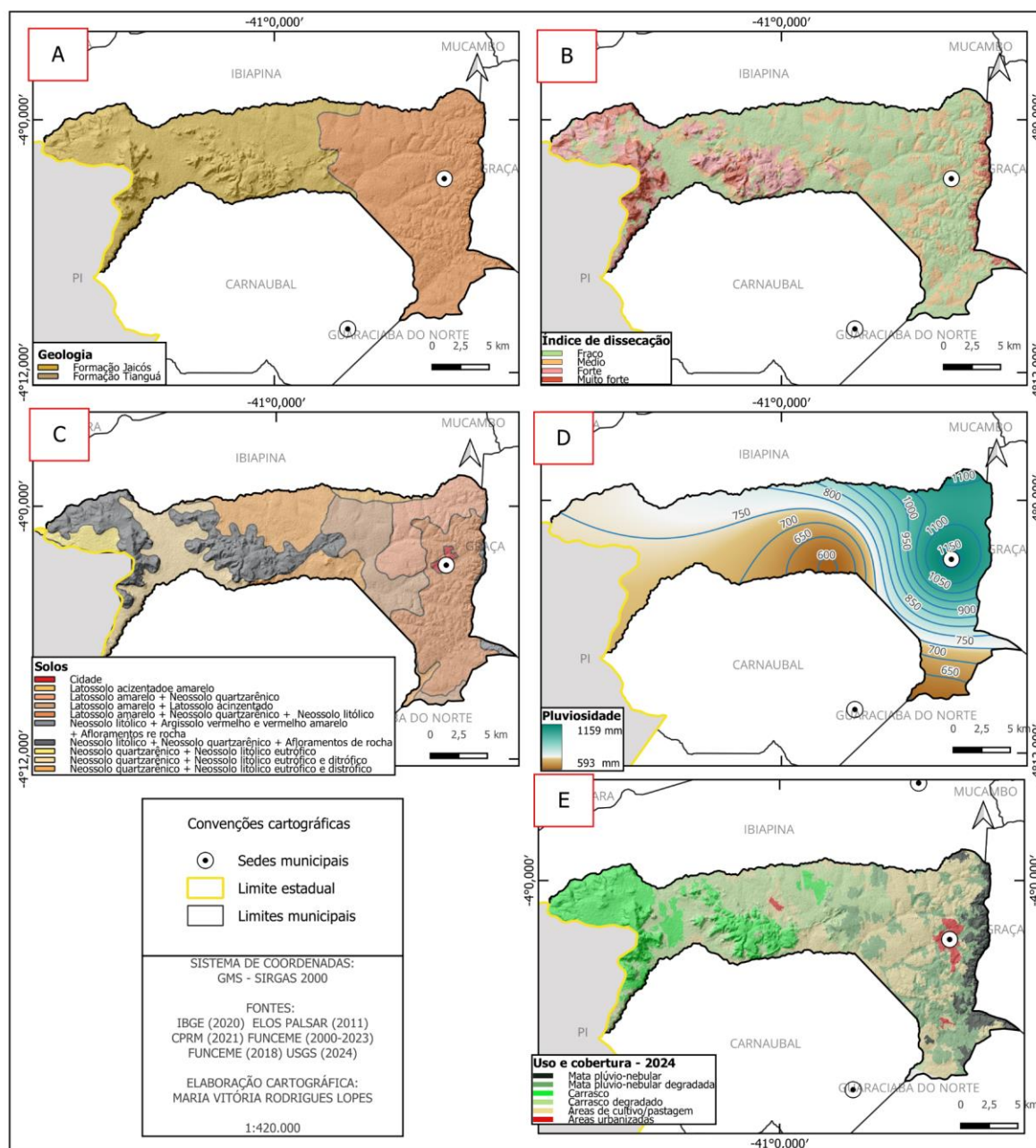
Tianguá e a formação Jaicós, mostra em sua conformação espacial forte relação com a pluviometria (Figura 3, mapa A). A formação Tianguá, no município de São Benedito, encontra-se na vertente a barlavento do planalto da Ibiapaba, ela é composta de siltito, argilito, folhelho e arenito, tendo uma vulnerabilidade à denudação, de acordo com o estabelecido por Crepani *et al.* (2001) de 2,8 estando essa classe inserida em uma interpretação qualitativa de média vulnerabilidade.

O fato de se estabelecer a formação Jaicós como a menos vulnerável não indica que essa seja homogeneamente resistente, mas que apenas, em comparação à formação Tianguá, possui uma maior coesão entre suas partículas, sendo o que define o grau de vulnerabilidade (CREPANI *et al.*, 2001). Compondo a formação Jaicós existe siltito, argilito, arenito conglomerático e conglomerados, o que lhe confere uma maior resistência aos processos de denudação, fator esse que, por si só, não inibe a gênese de formas erosivas, sendo essa formação a que possui maior área de abrangência na extensão municipal. Visto as condições para aplicação de tais conhecimentos na metodologia desta pesquisa e análise em escala municipal, as formações Tianguá e Jaicós foram reinterpretadas, respectivamente, como de média (3) e fraca (2) fragilidade.

A partir do mapa B (figura 03) observa-se uma variedade de níveis de dissecação, índice também indicador da variação da declividade no município. Onde predominam as maiores dissecações, encontram-se classes de declividade superiores a 75%, o que sinaliza formas escarpadas e de alta fragilidade em relação às características do relevo. A classe de dissecação muito forte, apesar de indicadora de alto potencial de vulnerabilidade, não se caracteriza por ser a que predomina no município (9,81%), sendo predominante a classe de fraca dissecação (55,61%). Em uma ótica relacional e integrada, observa-se que os diferentes padrões de relevo em São Benedito originam uma variedade de solos. Anjos *et al.* (1998) constatam que isso acontece devido ao relevo ser um agente definidor da dinâmica da formação dos solos, visão que também embasa os conceitos de morfogênese e pedogênese.

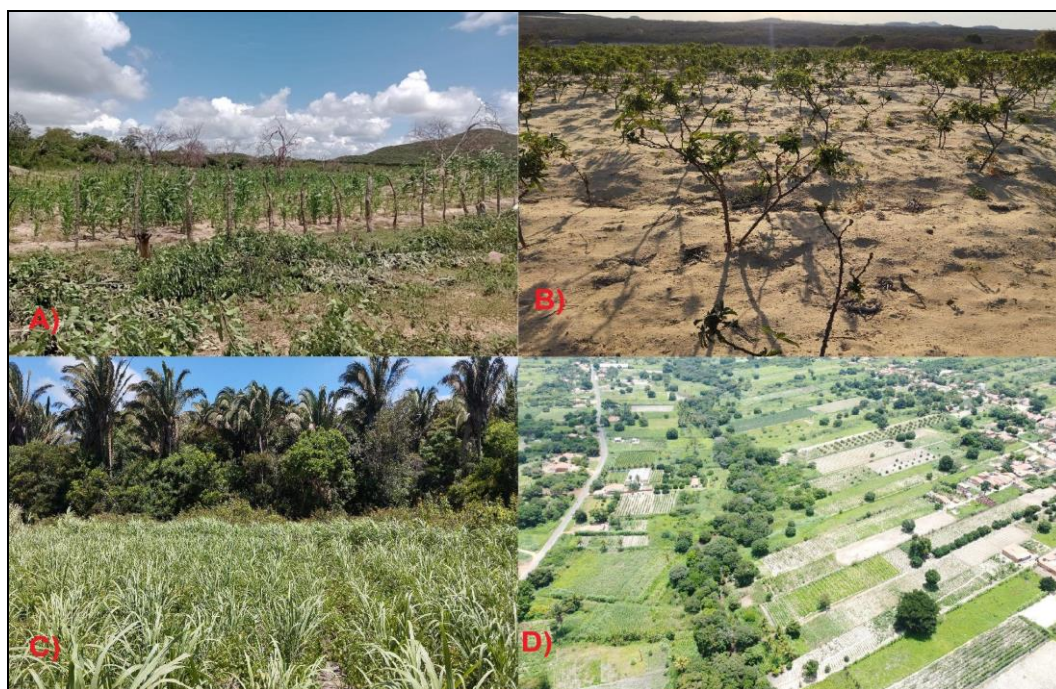
Nas áreas menos dissecadas, predominam solos profundos, enquanto que nas áreas que possuem maiores declividades se dá a dominância por solos rasos como os neossolos litólicos e quartzarênicos. Quanto ao levantamento de solos realizado pela FUNCEME, na escala de aquisição de dados de 1:100.000, é importante enfatizar que este identifica associações de tipos de solos, sendo colocado mais de um tipo de solo para um mesmo polígono. Levando-se esse fator em conta, foram definidos os polígonos mais associados a neossolos como mais frágeis, enquanto que os latossolos como os mais estáveis. A respeito disso, Crepani *et al.* (2001) estabelece o nível de maturidade dos solos como fator decisivo na vulnerabilidade à denudação, sendo a profundidade do solo uma característica que denuncia sua maturidade (LEPSCH, 2002).

Os padrões pluviométricos mapeados sofrem influência da baixa densidade e posicionamento dos pluviômetros disponíveis para esta análise. No entanto ainda permitem correlações por representar a disparidade pluviométrica entre o setor a barlavento e a sotavento de São Benedito. A variação pluviométrica, classificada em intervalos de 220 mm, mostra que a maior intensidade se dá no reverso imediato, esclarecendo e comprovando a relação entre maior umidade e presença de solos maduros. Em relação a esse componente, a classe predominante é a que varia de 720 a 840 mm anuais, abrangendo 46,95% do município e proporcionando uma fragilidade fraca. A classe que oferece maior suscetibilidade aos processos erosivos se faz presente em apenas 11,2% do município, incluindo as maiores médias anuais, sendo acima de 1080 mm. Se torna importante frisar que a variação pluviométrica é considerada pelo fato de a área de estudo se constituir em área de exceção em relação ao semiárido, e também por não ser o suficiente a classificação de Ross (1994) para a análise em escala desejada, a escala municipal, que possui uma notável variação de precipitação (Figura 03).



**Figura 3** – Caracterização ambiental do município de São Benedito, a) mapa de geologia; b) mapa de dissecação do relevo; c) mapa de pedologia; d) mapa de pluviometria; e) mapa de uso e cobertura da terra. Fonte: Elaboração própria (2025).

Em campo é visível a relação entre os diferentes níveis de pluviometria também com os padrões de uso e cobertura do solo, sendo perceptível uma maior exploração deste recurso no setor a barlavento. Esta área, além de maior pluviometria e solos mais profundos, possui também um relevo com menores índices de declividade, ainda que possua declives mais elevados em alguns trechos. Compondo um conjunto de características extremamente atrativas à produção agrícola, sendo nela observadas extensas plantações de cana-de-açúcar além do cultivo de milho, feijão e frutíferas (Figura 4 c, d). Já na extensão onde predomina menores índices pluviométricos, solos rasos, arenosos e declividades mais acentuadas, observa-se uma exploração menos densa, restrita às porções aplainadas, onde se dá o cultivo de leguminosas e tubérculos como a mandioca (Figura 4 a, b).



**Figura 4** – Tipos de uso/ocupação: a) plantio de milho no reverso seco; b) plantio de mandioca no reverso seco; c) plantio de capim no reverso úmido e ao fundo mata plúvio-nebulosa degradada; d) densa ocupação por produção agrícola na margem do rio Pejuaba, reverso úmido. Fonte: Acervo próprio (2025).

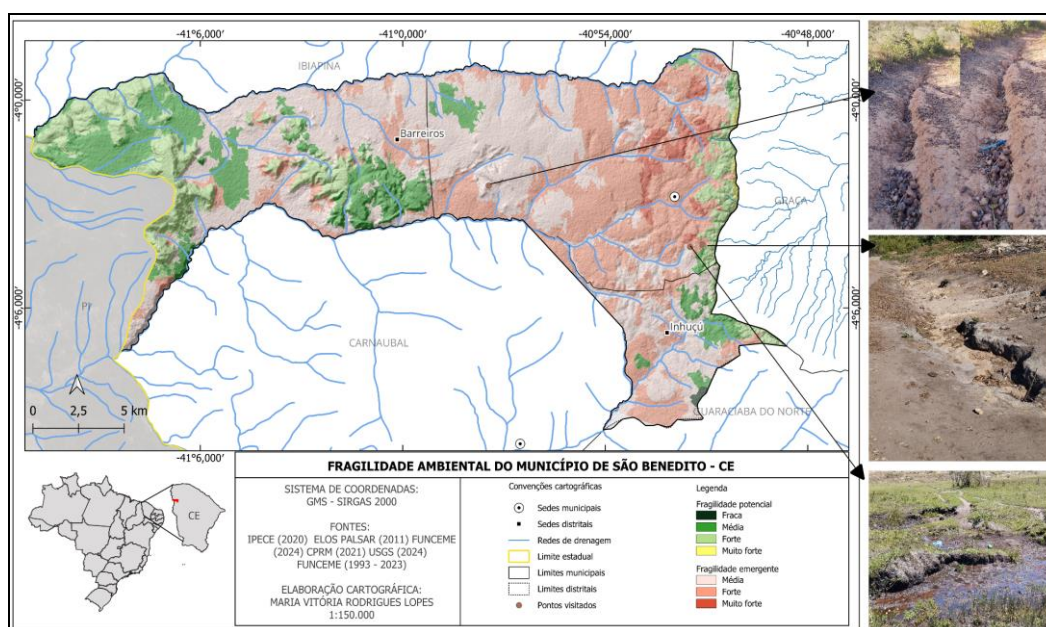
A fim de se estabelecerem regionalizações para o mapeamento do uso e cobertura, objetivando a devida utilização na identificação da fragilidade ambiental, foram realizados agrupamentos das classes apresentadas no mapa E da figura 3. A mata plúvio-nebulosa degradada e o carrasco degradado foram mesclados no mesmo nível de oferta de fragilidade ambiental, sendo a esta atribuída média fragilidade, o que se dá em virtude da perda de suas características como a densidade e porte, fatores que mais promovem proteção aos solos. Essas áreas de vegetação nativa alterada são tidas como de interferência antrópica, que caracterizam a fragilidade emergente, cobrindo 42,74% do município.

A segunda maior extensão no produto intermediário de uso e cobertura é a classe de áreas de cultivo/pastagem, também de influência antrópica, no entanto, proporcionando um nível de fragilidade maior, visto a condição de quase nuance do solo e até mesmo exposição em certos períodos, dependendo das dinâmicas de produção estabelecidas - sobre as áreas de cultivo, também no noroeste do Ceará, Falcão Sobrinho e Falcão (2013) mostram que esse tipo de uso aumenta a erodibilidade dos solos. As áreas de cultivo correspondem a muito forte fragilidade ambiental oferecida pelas classes de uso e cobertura, e equivale a 26,11% da área de estudo.

Não foram mapeados corpos d'água, nem mesmo rios, devido a escala e data da imagem de satélite utilizada, sendo do segundo semestre de 2024, período onde a ocorrência de chuvas é menor e, portanto, os rios não chegam a uma largura mapeável na escala utilizada. Nota-se que as margens dos rios são densamente ocupadas por atividades produtivas (figura 4d). As áreas que possuem maiores declividades mantêm-se com a vegetação nativa preservada, o que contribui para que a fragilidade dessas áreas seja potencial, dada apenas pela combinação dos elementos naturais. Elas são formadas pelas classes de carrasco preservado e mata plúvio-nebulosa preservada, somando 29,16% do território municipal.

A classe de cobertura urbana compõe a menor fração, correspondendo a sede municipal e as duas sedes distritais que juntas representam 1,99% da malha municipal. Na literatura existem divergências originadas a partir de diferentes óticas sobre a dinâmica das áreas urbanas, no entanto aqui são seguidas as determinações de Kawakubo *et al.* (2005), que as definem como de baixa proteção, o que oferece forte vulnerabilidade.

As informações aqui expostas realizam uma caracterização ambiental do município, e também permitem vislumbrar o panorama de densidade de exploração de seus recursos compostos pelos elementos naturais. A partir dos mapeamentos realizados, infere-se que grande parte do município se encontra ocupada (ou com marcas de ocupação antrópica) e suas atividades (71,91%), em um contexto de estudo de fragilidades ambientais direcionado ao subsídio de ações de planejamento ambiental, no município, isso mostra que a fragilidade predominante é a que Ross (1994) denominou de fragilidade emergente, assim como mostra o mapa da figura 5. Tal informação serve como um alerta às entidades ambientais responsáveis sobre a emergência de priorizar esses recortes territoriais para ações de prevenção, recuperação ou mitigação de degradações ambientais.



**Figura 5** – Mapa de fragilidades ambientais do município de São Benedito com pontos onde foram encontradas feições erosivas. Fonte: Elaboração própria (2025).

Os resultados encontrados mostram uma expressiva variação de tipos e níveis de fragilidade ambiental, sendo a maior variedade nos níveis de fragilidade potencial. A dominância das unidades de instabilidade emergente deriva da intensa exploração antrópica. Nota-se que a ocupação e desmatamento se dão prioritariamente nas áreas menos declivosas, no entanto, tal fator não impede a existência de altos níveis de instabilidade emergente, visto que nessas áreas são existentes outros elementos de vulnerabilidade que, em conjunto ao desmatamento, contribuem com a erosão dos solos (GUERRA e MENDONÇA, 2004).

Dentre as oito classes de fragilidade ambiental mapeadas, a de menor extensão (0,14%) é a que possui menor instabilidade, com uma fragilidade potencial fraca. Esse pequeno trecho, situado ao limite de São Benedito e Guaraciaba do norte, é onde se dá a combinação mais estável do município em foco, sendo uma área de fragmento preservado da mata plúvio-nebulosa que se combina as classes mais estáveis dos outros elementos.

A fragilidade potencial média (14,68%) domina em áreas que possuem dissecação de fraca a forte, vegetação nativa conservada e associações de neossolos litólicos, quartzarênicos e argissolos, solos com acentuado grau de erodibilidade (Lepsch, 2002). Ocorrendo em quase toda a extensão municipal, localizam-se, com frequência, em áreas de interflúvio, sendo indicada como de ocupação restrita devido ao seu grau de sensibilidade.

Já os recortes de potencial vulnerabilidade forte (12,97%) localizam-se essencialmente em áreas de média a muito forte dissecação, se dando sobre áreas de associação de solos que incluem: a) neossolos quartzarênicos, principalmente no setor mais a oeste; b) argissolos, nos

setores à leste e c) neossolos litólicos, nas elevações localizadas à área central da extensão municipal. Devido a vulnerabilidade natural de seus solos e declividades predominantes nessas áreas, podem ser encontradas formas erosivas de origem natural, denunciando a sua forte restrição à ocupação.

As áreas de maior sensibilidade à ação humana possuem características semelhantes à classe anterior, mas com o aditivo de possuírem maiores índices pluviométricos, o que intensifica a atuação dos processos denudacionais. Elas localizam-se completamente à borda do planalto e ocupam 0,30% da extensão em estudo, se constituindo em áreas de proteção máxima e indicadas apenas à preservação, pois alterações em suas características atuais podem representar intensos danos ambientais.

Já os recortes identificados como de menor emergente fragilidade, sendo de vulnerabilidade média (38,66 %) se encontram em áreas de vegetação nativa degradada ou em recuperação, sendo caracterizadas por uma menor densidade e conseqüentemente de menor proteção aos solos. Presente em quase toda a extensão municipal, estas se posicionam em áreas que podem ser caracterizadas como de topo plano ou planícies fluviais, visto sua fraca dissecação.

A segunda maior parte do município encontra-se sob características de forte fragilidade emergente (30,80%), proporcionadas por uma combinação de áreas que já possuíam previamente um potencial de fragilidade média à forte e se tornaram áreas de cultivo e/ou pastagem, o que proporciona um baixíssimo grau de proteção. E isso, aliado a outros componentes que proporcionam maiores graus de vulnerabilidade, podendo intensificar processos como o escoamento superficial, que tende a acelerar os processos erosivos (GUERRA e MENDONÇA, 2010). Essas áreas, a partir de uma análise específica ao planejamento ambiental, que envolve também a participação popular (RODRIGUEZ e SILVA, 2018), podem ser tidas como preferenciais para não intervenção e recuperação da vegetação nativa.

Abrangendo 2,45% da extensão municipal, a fragilidade emergente muito alta indica áreas onde existe alta probabilidade de estar ocorrendo feições erosivas ligadas aos tipos de uso/ocupação a elas associados. Esse índice se relaciona às áreas que são exploradas pelo cultivo e/ou pecuária extensiva que já possuíam fragilidade potencial forte, e se dão no setor úmido da área de estudo. Ocorrem em áreas de dissecação fraca e média, mostrando que os fatores principais para seu nível de emergente instabilidade, além dos tipos uso impostos, vem a ser a alta pluviosidade e embasamento geológico menos coeso, características preferenciais para o surgimento de voçorocas, visto também a dominância de argissolos nesses setores, os quais possuem alta susceptibilidade à erosão dependendo das condições adjacentes (Lepsch, 2002). Nessas áreas foram encontradas feições erosivas (figura 05) que atestam sua instabilidade. A partir da incorporação de tais análises a um possível processo de planejamento ambiental, essas áreas podem ser preferenciais ao reflorestamento visando a prevenção e/ou mitigação de danos ambientais.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na execução deste trabalho foi possível observar, em análise de gabinete e campo, a correlação entre as unidades geomorfológicas, os tipos de uso e cobertura e, conseqüentemente, os níveis de fragilidade ambiental no município de São Benedito, principal objeto desta pesquisa. Os resultados alcançados evidenciam sobre o atual estágio de exploração dos elementos naturais no município, sendo necessário estar atualizado para assim subsidiar o planejamento ambiental. Essa é uma iniciativa necessária especialmente nos municípios que compõem a Ibiapaba setentrional, pois nela o fator desmatamento se mostra de grande impacto, e em expansão.

Diante disso, esse trabalho consistiu em uma análise preliminar que pode atender aos objetivos de ordenamento territorial e/ou oferecer um panorama situacional a essas iniciativas.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

## REFERÊNCIAS

ABREU, A. A. Significado e propriedade do relevo na organização do espaço. **Boletim de Geografia teórica**, v. 15, n. 29-30, p. 154-162, 1985. Disponível em: <https://encr.pw/FUeJ7>. Acesso: 15/03/2025

AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida**. Estudos avançados, v. 13, p. 7-59, 1999. Disponível em: <https://abrir.link/WEcmY>. Acesso: 22/05/2025.

AMARAL, R; ROSS, J. L. S. As unidades ecodinâmicas na análise da fragilidade ambiental do Parque Estadual do Morro do Diabo e entorno, Teodoro Sampaio/SP. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 13, n. 2, p. 59-78, 2009. Disponível em: <https://11nq.com/kpvXW>. Acesso: 18/06/2025.

ANJOS, L. H; FERNANDES, M. R; PEREIRA, M. G; FRANZMEIER, D. P. Landscape and pedogenesis of an Oxisol-Inceptisol-Ultisol sequence in Southeastern Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 62, n 6, 1651-1658, 1998. Disponível em: <https://11nq.com/CswQc>. Acesso em: 24/04/2025.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. In: **Caderno de Ciências da Terra**, v.13, p. 1-21. São Paulo, 1972. Disponível em: <https://11nq.com/cKzXY>. Acesso: 10/03/2025

BEZERRA, U. A.; SILVA, L. T. M. S.; SALES, L. G. L. Uso de geotecnologias para o mapeamento da fragilidade ambiental da sub-bacia do rio piacó, PB. In: Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, I., 2016, Campina Grande. **Anais [...]** Campina Grande: 2016. Disponível em: <https://11nq.com/rXDI8>. Acesso: 02/04/2022.

CREPANI, E; MEDEIROS, J. S; 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**. São José dos Campos: Inpe, 2001. Disponível em: <https://11nq.com/ocJnw>. Acesso: 20/06/2024

DALLA-LANA, N. K; PONTES, R. C; STEFANO, C; WERLANG, M. K. Classificação taxonômica (terceiro táxon) do relevo em um setor dos distritos de Arroio Grande e Pains em Santa Maria, RS. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 6381-6389, 2017. Disponível em: <https://11nq.com/1rZE3>. Acesso: 13/12/2024.

FALCÃO SOBRINHO, J. **Geografia e o Estudo da Natureza: bases teóricas e metodológicas**. Edições UVA, 2025.

FALCÃO SOBRINHO, J; FALCÃO, C. L.C. Efeitos da precipitação na erosão do solo em ambiente de mata ciliar às margens do canal fluvial da sub-bacia do Riacho do Meio, Coreaú (CE). **Geografares**, n. 15, 2013. Disponível em: <https://encr.pw/o19aI>. Acesso: 18/06/2024.

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. Disponível em: <https://encr.pw/VskQy>. Acesso: 22/07/2024.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. Oficina de textos, 2008.

GONÇALVES, G. G. G; DANIEL, O; COMUNELLO, E; VITORINO, A. C. T; ARAI, F. K. Determinação da fragilidade ambiental de bacias hidrográficas. **Floresta**, v. 41, n. 4, 2011. Disponível em: <https://encr.pw/JINbS>. Acesso: 25/06/2024.

GUERRA, A. J. T; MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos solos e a questão ambiental. In: VITTE, A. C; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p. 225-256.

GUIMARÃES, F. S; CORDEIRO, C. M; BUENO, G. T; CARVALHO, V. L. M; NERO, M. A. Uma proposta para automatização do Índice de dissecação do relevo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 1, 2017. Disponível em: <https://11nq.com/QiA2s>. Acesso: 14/11/2024.

KAWAKUBO, F. S; MORATO, R. G; CAMPOS, K. C; LUCHIARI, A; ROSS, J., J. L. S. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 12, n. 16, p. 2203-2210, 2005. Disponível em: <https://11nq.com/ANIL0>. Acesso: 18/05/2022.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. Oficina de textos, 2002.

MASSA, E. M; ROSS, J. L. S. Aplicação de um modelo de fragilidade ambiental relevo-solo na Serra da Cantareira, bacia do Córrego do Bispo, São Paulo-SP. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 24, p. 57-79, 2012. Disponível em: <https://encr.pw/1eY03>. Acesso: 11/07/2024.

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://11nq.com/qLRsw>. Acesso: 12/11/2023.

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

RODRIGUEZ, J. M. M; SILVA, E. V. **Planejamento e Gestão Ambiental: subsídios da geocologia das paisagens e da teoria geossistêmica**. Fortaleza: Edições Ufc, 2018. 370 p.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. **Revista do departamento de geografia**, v. 8, p. 63-74, 1994. Disponível em: <https://encr.pw/ls10C>. Acesso: 21/05/2022.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. Editora Contexto, 1990.

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. Disponível em: <https://encr.pw/UtXYO>. Acesso: 19/11/2023.

SANTOS, F. L. A; SOUZA, M. J. N. Caracterização geoambiental do Planalto cuestiforme da Ibiapaba–Ceará. **Revista GeoNorte**, v. 3, n. 5, p. 301-309, 2012. Disponível em: <https://encr.pw/KRrfq>. Acesso: 09/10/2024.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: Teoria e Prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SILVA, E. V; RODRIGUEZ, J. M. M. Planejamento e zoneamento de bacias hidrográficas: a geocologia das paisagens como subsídio para uma gestão integrada. **Caderno prudentino de Geografia**, v. 1, n. 36, p. 4-17, 2014. Disponível em: <https://encr.pw/KKBUP>. Acesso: 13/05/2022.

SPÖRL, C. **Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três modelos alternativos nas altas bacias do Rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata**. São Paulo, v. 159, 2001. Disponível em: <https://encr.pw/KRmNI>. Acesso: 05/07/2022.

TRICART, J. **Ecodinâmica** – IBGE/SUPREN, Rio de Janeiro, 1977. Disponível em: <https://acesse.one/Z8kri>. Acesso: 10/09/2022.