

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA  
CAMPUS MONTE CARMELO  
ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA

RODRIGO MENDES DA SILVA

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE CARAVELAS (BA)

MONTE CARMELO

2024

RODRIGO MENDES DA SILVA

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE CARAVELAS (BA)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica.

Orientadora: Prof. Dra. Luziane Ribeiro Indjai  
Coorientador: Me. Pedro Enrico Salamim Fonseca Spanghero

MONTE CARMELO

2024

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

S586 Silva, Rodrigo Mendes da, 1997-  
2024 ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE CARAVELAS (BA)  
[recurso eletrônico] / Rodrigo Mendes da Silva. - 2024.

Orientadora: Luziane Ribeiro Indjai.

Coorientador: Pedro Enrico Salamim Fonseca Spanghero.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -

Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em  
Engenharia de Agrimensura e Cartográfica.

Modo de acesso: Internet.

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Agrimensura. I. Indjai, Luziane Ribeiro, 1975-,  
(Orient.). II. Spanghero, Pedro Enrico Salamim Fonseca,  
1992-, (Coorient.). III. Universidade Federal de  
Uberlândia. Graduação em Engenharia de Agrimensura e  
Cartográfica. IV. Título.

CDU: 528

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091  
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

RODRIGO MENDES DA SILVA

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE CARAVELAS (BA)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Uberlândia como requisito  
parcial para obtenção do título de bacharel em  
Engenharia de Agrimensura e Cartográfica.

Monte Carmelo, 22 de Novembro de 2024

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dra. Luziane Ribeiro Indjai  
Universidade Federal de Uberlândia

---

Me. Pedro Enrico Salamim Fonseca Spanghero

---

Me. Benevaldo Guilherme Nunes

Dedico este trabalho ao meu padrinho em especial pelo apoio, confiança em mim e seu constante encorajamento que foram combustíveis que impulsionou o início da minha jornada acadêmica e a todos aqueles que passaram por mim e acreditaram no processo.

## AGRADECIMENTOS

Ao refletir sobre a jornada que me trouxe até aqui, sou tomado por uma profunda gratidão a todos que foram parte essencial nesse caminho. Em primeiro lugar, agradeço a Deus pela oportunidade e pela fé que me sustentou, especialmente através das palavras da minha irmã, que me incentivou a buscar nele a motivação e o foco necessários.

Agradeço também à minha orientadora, prof. Dra. Luziane Indjai, e ao coorientador, Me. Pedro Spanghero, por todo o conhecimento e apoio, cujas orientações foram fundamentais. Aos amigos que encontrei ao longo dessa trajetória, obrigado pela acolhida, pelas distrações e pelos momentos que tornaram tudo mais leve e significativo.

Aos meus pais, ao meu padrinho e à minha irmã, minha gratidão é infinita pelo suporte acolhedor e por todo o esforço para que eu pudesse me dedicar a esse sonho. E à minha namorada, que entrou na reta final do meu TCC e foi essencial para somar e fazer a diferença. Seu apoio constante, mesmo sem perceber, tornou-se um pilar fundamental, oferecendo força e incentivo nas horas mais desafiadoras. Obrigado por acreditar em mim e estar presente em cada etapa deste processo.

Durante a pandemia, enfrentei desafios inesperados e poderia ter escolhido um caminho diferente. Mas acredito que Deus nos conduz de maneiras misteriosas, e, mesmo em meio ao caos, encontrei valiosas oportunidades de aprendizado. A retomada das aulas trouxe uma nova perspectiva, e hoje, formando e mais determinado do que nunca, agradeço por esse pequeno hiato que me preparou para um futuro promissor.

A todos que fizeram parte desta jornada, meu sincero obrigado. Estou pronto para o que o futuro reserva.

"Esta parte da minha vida...  
Esta pequena parte da minha vida...  
Chama-se felicidade. “  
(À procura da felicidade, 2006)

## RESUMO

As regiões litorâneas, como a de Caravelas, na Bahia, apresentam uma ampla variedade de paisagens, influenciadas por fatores como latitude, geologia, características oceanográficas, clima, rios e a diversidade de solo, fauna e flora. Essa complexidade exige uma gestão cuidadosa, especialmente considerando que uma grande parte da população brasileira reside em áreas costeiras. Este projeto visa estudar a Vulnerabilidade Ambiental de Caravelas, um município que enfrenta desafios específicos devido à sua configuração natural e ao uso da terra. O objetivo é identificar as áreas com maior e menor vulnerabilidade ambiental, usando a metodologia de Nascimento e Domingues (2009). O resultado será um mapa detalhado na escala 1:100.000, que servirá como ferramenta para o planejamento e gestão territorial. O estudo fornecerá informações valiosas para aprimorar os planos de uso da terra e o planejamento ambiental em Caravelas, contribuindo para a redução dos impactos ambientais e promovendo uma gestão mais sustentável dos recursos naturais.

**Palavras-chave:** Análise de vulnerabilidade; Planejamento ambiental; Caravelas

## **ABSTRACT**

Coastal regions, such as Caravelas in Bahia, exhibit a wide variety of landscapes influenced by factors such as latitude, geology, oceanographic characteristics, climate, rivers, and the diversity of soil, fauna, and flora. This complexity requires careful management, especially considering that a large part of the Brazilian population lives in coastal areas. This project aims to study the Environmental Vulnerability of Caravelas, a municipality facing specific challenges due to its natural configuration and land use. The objective is to identify areas with higher and lower environmental vulnerability using the methodology of Nascimento and Domingues (2009). The result will be a detailed map at a 1:100,000 scale, serving as a tool for territorial planning and management. The study will provide valuable information to enhance land use plans and environmental planning in Caravelas, contributing to the reduction of environmental impacts and promoting more sustainable management of natural resources.

**Keywords:** Vulnerability Analysis; Environmental Planning; Caravelas

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização do município de Caravelas (BA).....	18
Figura 2 - Histograma de Distribuição da frequência das classes de hipsometria.....	21
Figura 3 - Histograma de frequência das classes de declividade.....	22
Figura 4 - Dificuldade para identificar usos do solo.....	23
Figura 5 – Determinação do índice das classes de vulnerabilidade.....	26
Figura 6 - Grande quantidade de silvicultura na área de estudo.....	28
Figura 7 - Uso do solo do tipo pastagem e presença de massa d'água no rio .....	28
Figura 8 - Classe de solo exposto. ....	29
Figura 9 - Mapa de uso do solo para o município de Caravelas .....	29
Figura 10 - Mapa Hipsométrico.....	30
Figura 14 - Mapa declividade .....	31
Figura 11 - Áreas suaves onduladas e onduladas de deposição marinha e fluvial .....	32
Figura 12 - Áreas planas de deposição marinha e fluvial .....	32
Figura 13 - Áreas bordas de tabuleiro com declividade maior de 45%, definidas como APP pelo código florestal.....	33
Figura 15 - Comparação de áreas de APP e eucaliptos .....	33
Figura 16 - Mapa pedológico.....	35
Figura 17 - Mapa geológico.....	36
Figura 18 - Mapa de vulnerabilidade ambiental .....	37
Figura 19 - Comportamento de regiões de classe definida como: Muito Alta .....	38
Figura 20 - Comportamento de regiões de classe definida como: Alta.....	38
Figura 21 - Comportamento de regiões de classe definida como: Média.....	39
Figura 22 - Comportamento de regiões de classe definida como: Baixa .....	39
Figura 23 - Comportamento de regiões de classe definida como: Muito baixa .....	40

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dados utilizados e suas fontes.....	20
Quadro 2 - Distribuição da frequência das classes hipsométricas.....	20
Quadro 3 - Classes de declividade.....	21
Quadro 4 - Classes de uso do solo.....	22
Quadro 5 - Variáveis e critérios adotados.....	24
Quadro 6 - Valores de Vulnerabilidade Ambiental para unidades litológicas.....	24
Quadro 7 - Valores de Vulnerabilidade Ambiental para unidades pedológicas.....	25
Quadro 8 - Valores de Vulnerabilidade Ambiental para a declividade.....	25
Quadro 9 - Valores de Vulnerabilidade Ambiental para usos do solo.....	26
Quadro 10 - Valores em Relação espacial entre as classes.....	26
Quadro 11 - Quantificação das classes de uso do solo.....	27
Quadro 12 - Variação altimétrica do município de Caravelas.....	30
Quadro 13 - Classes de declividade quantificadas.....	31
Quadro 14 - Classes de tipos de solo quantificados.....	34
Quadro 15 - Classes de litologia quantificados.....	36
Quadro 16 - Classes de vulnerabilidade ambiental.....	37
Quadro 17 - Orientações para o Uso do Solo por Nível de Vulnerabilidade.....	40

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	12
2.1	OBJETIVO GERAL.....	12
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	12
<b>4</b>	<b>REFERÊNCIAL TEÓRICO</b> .....	13
4.1	CONCEITOS DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL.....	13
4.2	METODOLOGIAS DE MAPEAMENTO DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL.....	15
4.3	CARACTERIZAÇÃO DE CARAVELAS (BA): UM OLHAR SOBRE A VULNERABILIDADE AMBIENTAL.....	17
<b>5</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	19
5.1	MATERIAL.....	19
5.2	MÉTODOS .....	19
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	27
6.1	USO DO SOLO .....	27
6.2	HIPSOMETRIA .....	30
6.3	DECLIVIDADE .....	31
6.4	PEDOLOGIA .....	34
6.5	GEOLOGIA.....	35
6.6	VULNERABILIDADE AMBIENTAL.....	36
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	41
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	43

## 1 INTRODUÇÃO

A vulnerabilidade ambiental de Caravelas é resultado de uma combinação complexa de fatores naturais e antrópicos, o que torna o município especialmente suscetível a impactos ambientais. Entre os fatores naturais, destacam-se a geologia costeira, a dinâmica dos rios, as marés e a erosão, todos influenciados por processos climáticos e oceanográficos. Esses elementos moldam a paisagem e afetam a estabilidade do solo, a biodiversidade e a capacidade de recuperação dos ecossistemas diante de perturbações. Além disso, Caravelas está localizada próxima ao Banco de Abrolhos possuindo duas unidades de conservação, a RESEX de Cassurubá e APA Ponta da Baleia Abrolhos, uma área de grande importância para a conservação da biodiversidade marinha, o que aumenta a relevância de uma gestão ambiental cuidadosa.

No entanto, os fatores antrópicos agravam a vulnerabilidade natural da região. A expansão urbana desordenada, a ocupação irregular das áreas costeiras, a atividade agrícola e a extração de recursos naturais são apenas alguns dos elementos que contribuem para o aumento da degradação ambiental. A falta de infraestrutura adequada e a ausência de políticas públicas eficazes para o uso sustentável do solo e dos recursos naturais também desempenham um papel importante na amplificação dos problemas ambientais locais.

Nesse contexto, o estudo da vulnerabilidade ambiental de Caravelas, utilizando a metodologia de Nascimento e Domingues (2009), ganha relevância não apenas como uma análise técnica, mas como uma ferramenta estratégica para o planejamento territorial e a gestão dos recursos naturais. Ao identificar áreas de maior e menor vulnerabilidade, o estudo fornecerá informações essenciais para a tomada de decisões informadas, visando minimizar os impactos ambientais, promover o desenvolvimento sustentável e garantir a conservação dos ecossistemas locais.

Com a elaboração de um mapa detalhado na escala 1:100.000, espera-se que as autoridades municipais e estaduais, assim como as organizações envolvidas na gestão territorial, utilizem essas informações para desenvolver políticas e ações que considerem as especificidades ambientais de Caravelas. Isso contribuirá para a proteção das paisagens naturais e garantirá uma melhor qualidade de vida para a população residente.

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Identificar as áreas de maior e menor vulnerabilidade ambiental no município de Caravelas, utilizando a metodologia de Nascimento e Domingues (2009).

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Mapear as áreas de maior e menor vulnerabilidade ambiental no município, com base nos critérios estabelecidos pela metodologia de Nascimento e Domingues (2009).
- Avaliar a influência de fatores geográficos, naturais e antrópicos nas áreas identificadas como mais vulneráveis, visando compreender as causas subjacentes da vulnerabilidade ambiental.
- Identificar possíveis relações entre o uso e ocupação do solo e a vulnerabilidade ambiental, com foco em atividades humanas que possam estar exacerbando os riscos ambientais.

## **3 JUSTIFICATIVA**

A pesquisa visa identificar as áreas com maior e menor vulnerabilidade ambiental no município de Caravelas, com base na metodologia de Nascimento e Domingues (2009), tem relevância significativa tanto no campo social quanto no acadêmico.

Do ponto de vista social, a identificação dessas áreas é essencial para orientar políticas públicas e ações de planejamento territorial que minimizem os impactos ambientais sobre a população, especialmente em regiões mais vulneráveis.

O município de Caravelas, localizado em uma região costeira e de grande importância ecológica, sofre pressões ambientais devido à exploração de recursos naturais e ao uso inadequado do solo. A escolha dessa região como área de estudo é justificada pela existência de trabalhos anteriores em uma escala menor, como na Costa das Baleias e municípios vizinhos, que apontam a necessidade de análises mais detalhadas em escala local.

Ao mapear as áreas de maior e menor vulnerabilidade, a pesquisa poderá contribuir diretamente para a segurança ambiental e a qualidade de vida das comunidades locais, pois

possibilita o desenvolvimento de estratégias para mitigar riscos, como enchentes, erosão costeira e degradação do solo, que podem afetar gravemente tanto o meio ambiente quanto as atividades econômicas e sociais.

No âmbito acadêmico, a pesquisa se justifica pela necessidade de aprofundar o conhecimento sobre a vulnerabilidade ambiental em regiões específicas, utilizando uma metodologia já consagrada, mas que necessita de mais estudos de caso que validem sua aplicação em diferentes contextos geográficos.

A avaliação dos fatores geográficos, climáticos e de uso do solo no município de Caravelas proporcionará novos dados empíricos que podem ampliar o entendimento sobre os processos que levam à vulnerabilidade ambiental, assim como sobre as interações entre os fatores naturais e antrópicos. Além disso, a aplicação da metodologia de Nascimento e Domingues (2009) em um cenário real contribui para a disseminação de ferramentas metodológicas aplicáveis em estudos ambientais e para o avanço das discussões científicas sobre vulnerabilidade e resiliência ambiental.

## **4 REFERÊNCIAL TEÓRICO**

### **4.1 CONCEITOS DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL**

O conceito de vulnerabilidade ambiental varia significativamente entre os estudos, dificultando comparações diretas entre pesquisas. Metzger et al. (2006) e Schoter et al. (2004) associam vulnerabilidade ao grau de suscetibilidade de sistemas naturais e humanos aos impactos de mudanças globais, destacando a exposição de ecossistemas, a sensibilidade a mudanças ambientais e a capacidade de resposta adaptativa da sociedade. Essa abordagem relaciona vulnerabilidade a uma interação entre fatores ambientais e sociais, onde a resiliência e a adaptabilidade são fundamentais para minimizar os danos.

Li et al. (2006) ampliam essa visão ao incluir características físicas e bióticas, como declividade, altitude, e uso do solo, como determinantes da vulnerabilidade ambiental, particularmente em áreas montanhosas. Eles enfatizam a interação entre a exposição a pressões ambientais e os impactos resultantes, como erosão hídrica, exemplificando a importância do contexto geográfico na definição de vulnerabilidade.

Barreto (2006) foca na vulnerabilidade de aquíferos, analisando características do meio físico que afetam a suscetibilidade à contaminação, enquanto Lima et al. (2000) e Tixier et al.

(2005) abordam a vulnerabilidade a partir de uma perspectiva mais ampla, considerando o uso do solo e as atividades humanas como fatores cruciais para a avaliação de instabilidade ambiental.

Villa e McLeod (2002) introduzem o conceito de resiliência, relacionando a vulnerabilidade à capacidade de recuperação após danos ambientais. Essa resiliência, segundo os autores, depende tanto da conservação do sistema quanto de sua capacidade de se ajustar a pressões ambientais. Já Gallopin (2006) reforça que vulnerabilidade envolve a interação de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa, sendo essencial definir claramente esses termos em estudos para avaliar a suscetibilidade de um sistema a mudanças. Adger (2006) complementa essa ideia, enfatizando que a vulnerabilidade aumenta conforme a pressão ambiental cresce, a sensibilidade do sistema aumenta e a capacidade adaptativa diminui.

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU, 2004, p. 16), a vulnerabilidade é definida como a susceptibilidade de uma localidade aos impactos de perigos, sejam eles físicos, sociais, econômicos ou ambientais. Em tradução livre do inglês, a ONU afirma que "as condições determinadas por fatores ou processos físicos, sociais, econômicos ou ambientais aumentam a susceptibilidade de uma comunidade ao impacto de riscos" (ONU, 2004, p. 16). Esse conceito reflete a complexidade da temática da vulnerabilidade ambiental, que, na literatura nacional, é discutida sob diferentes aspectos, o que torna uma definição única difícil de alcançar.

No presente trabalho, a vulnerabilidade ambiental será abordada sob a perspectiva de Ross (1994, p. 66), que utiliza o termo "fragilidade" para descrever a capacidade de um ambiente de não suportar intervenções antrópicas que modificam seus sistemas naturais. Dessa forma, a vulnerabilidade se manifesta na perda de qualidade das características naturais de uma área, refletindo sua incapacidade de resistir a pressões humanas.

A partir dessa visão, é possível compreender a vulnerabilidade ambiental pelas condições atuais de uma localidade, cuja fragilidade se evidencia quando comparada às condições normais esperadas. Segundo Silva et al. (2020, p. 162), "essa abordagem proporciona um conhecimento da situação do meio ambiente que pode ser tomado como ponto de partida para se atingir o desenvolvimento de forma racional, preservando áreas de maior relevância ambiental." Isso é especialmente relevante no contexto das Unidades de Conservação (UC) nos Municípios de Desenvolvimento Médio (MDM), onde a identificação de áreas mais vulneráveis pode auxiliar na implementação de estratégias de preservação e uso sustentável.

Esses autores, ao analisarem o conceito sob diferentes perspectivas, concordam que a vulnerabilidade é uma combinação de fatores intrínsecos e extrínsecos que determinam o quanto um sistema pode ser afetado por mudanças, ressaltando a importância de clarificar definições para permitir comparações entre estudos.

#### 4.2 METODOLOGIAS DE MAPEAMENTO DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL

As metodologias de mapeamento de vulnerabilidade ambiental têm como base o conceito de vulnerabilidade, que é compreendido como a suscetibilidade de um sistema a danos potenciais, resultantes de fatores de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa. Essa abordagem está presente no artigo de Nascimento e Almeida (2019), que discutem a necessidade de incluir uma ampla gama de indicadores, abrangendo aspectos físicos, biológicos e sociais para definir a vulnerabilidade em áreas urbanas.

A análise de vulnerabilidade ambiental é aplicada frequentemente em contextos de mudanças climáticas e degradação ambiental. Estudos como os de Nachornik, Briski e Prates (2011) enfatizam a importância de um mapeamento que integre dados sobre uso do solo, cobertura vegetal, densidade populacional e infraestrutura urbana para prevenir desastres e aumentar a resiliência das comunidades.

No contexto de regiões urbanas, como na Região Metropolitana de Curitiba, o mapeamento de vulnerabilidades ambientais ajuda a visualizar áreas de risco e a fornecer subsídios para o planejamento urbano. Segundo Nachornik et al. (2011), é fundamental que os mapas de vulnerabilidade ambiental sejam temáticos e detalhados, integrando informações socioeconômicas e ambientais para auxiliar no desenvolvimento de estratégias de mitigação.

A relação entre vulnerabilidade e risco socioambiental também é tema de análise, como no estudo de Silva e Almeida (2019). Eles destacam que as ocupações irregulares em áreas frágeis contribuem significativamente para o aumento da vulnerabilidade em bairros específicos. Esse tipo de ocupação leva à degradação ambiental e amplia o risco de desastres naturais, evidenciando a interligação entre fatores sociais e ambientais na determinação da vulnerabilidade.

Uma característica central dos estudos sobre vulnerabilidade ambiental é a adaptação de sistemas naturais e sociais às pressões ambientais. A pesquisa de Jordão e Moretto (2015) reforça que a capacidade de adaptação varia conforme o contexto ecológico e socioeconômico

de cada região, o que implica na necessidade de políticas públicas focadas em fortalecer a resiliência local e na promoção de desenvolvimento sustentável.

Outro ponto importante nas metodologias de mapeamento de vulnerabilidade ambiental é a consideração das variáveis temporais. Os estudos indicam que a vulnerabilidade de um local pode mudar ao longo do tempo devido à expansão urbana, alterações climáticas e variações no uso do solo, o que exige atualizações periódicas dos mapas para garantir sua relevância e eficácia na gestão territorial.

A inclusão de variáveis como a capacidade adaptativa e a exposição é fundamental para uma análise abrangente. A proposta metodológica de Nascimento e Almeida (2019) exemplifica essa abordagem, ao argumentar que essas variáveis precisam ser ponderadas para fornecer um retrato fiel da vulnerabilidade e para permitir uma resposta mais adequada e eficaz a possíveis desastres ambientais.

Além disso, a metodologia aplicada ao mapeamento deve ser interdisciplinar, considerando elementos socioeconômicos, ecológicos e técnicos. Essa integração é destacada por Nachornik et al. (2011), que ressaltam a necessidade de uma visão sistêmica que reúna dados físicos e biológicos junto a indicadores sociais, proporcionando uma análise mais completa e prática para o planejamento urbano e a resposta a desastres.

Outro aspecto relevante na discussão sobre vulnerabilidade ambiental é o planejamento territorial. Jordão e Moretto (2015) defendem que a vulnerabilidade deve ser um componente intrínseco ao planejamento, considerando as respostas adaptativas dos territórios às mudanças e às pressões ambientais, de modo a reduzir os riscos associados.

A participação das comunidades afetadas no processo de mapeamento também é apontada como um diferencial importante. As populações locais possuem conhecimento valioso sobre as características do território e os desafios enfrentados, o que pode enriquecer o processo de identificação das áreas de risco e o planejamento de ações preventivas.

No caso de áreas urbanas densamente povoadas, como Curitiba, o mapeamento de vulnerabilidades ambientais é uma ferramenta essencial para os gestores públicos. Nachornik et al. (2011) evidenciam que, ao identificar regiões de maior suscetibilidade, é possível priorizar investimentos em infraestrutura e ações de mitigação em áreas mais vulneráveis, prevenindo desastres e melhorando a qualidade de vida dos moradores.

O mapeamento também serve como base para políticas públicas que buscam reduzir a vulnerabilidade. Silva e Almeida (2019) apontam que o mapeamento de áreas vulneráveis em

bairros permite identificar onde é necessário melhorar infraestrutura e condições de vida, impactando diretamente na qualidade de vida e na segurança ambiental.

A utilização de tecnologia, como sistemas de informações geográficas (SIG), contribui significativamente para a eficácia das metodologias de mapeamento. Segundo Nachornik et al. (2011), os SIGs permitem integrar e analisar diferentes dados com rapidez e precisão, sendo uma ferramenta essencial para o monitoramento e atualização contínua dos mapas de vulnerabilidade.

Por fim, a abordagem integrada no mapeamento de vulnerabilidades ambientais permite que os gestores adotem medidas mais eficazes de prevenção e planejamento territorial. A combinação de fatores naturais e socioeconômicos permite que o mapeamento seja mais preciso e adaptado às realidades locais, resultando em políticas mais eficazes e uma gestão ambiental mais sustentável.

Assim, as metodologias de mapeamento de vulnerabilidade ambiental, ao utilizarem uma abordagem integrada e adaptativa, tornam-se ferramentas valiosas para entender e mitigar os riscos ambientais, especialmente em um contexto de mudanças climáticas e urbanização crescente.

#### 4.3 CARACTERIZAÇÃO DE CARAVELAS (BA): UM OLHAR SOBRE A VULNERABILIDADE AMBIENTAL

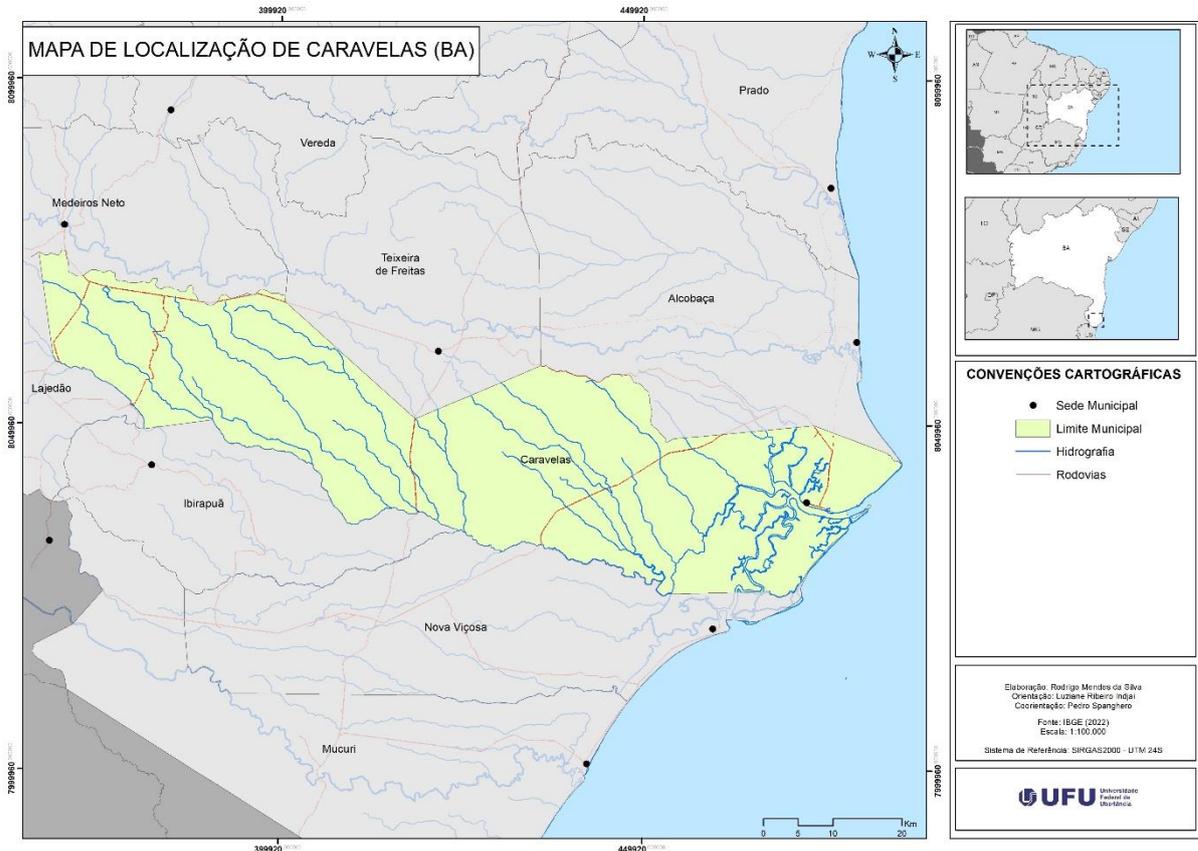
Caravelas (17°43'55"S; 39°33'03" W), apresenta um clima úmido a subúmido com temperatura média anual de 24°C, a vegetação da região é formada por floresta Ombrófila densa e formações pioneiras com influência fluviomarinha (mangue) (SEI, 2010).

Caravelas, localizada no extremo sul da Bahia, é um município de relevante importância histórica, ecológica e econômica. Fundada em 1503, durante o período de colonização portuguesa, a cidade possui uma rica herança cultural, com destaque para seu casario colonial e igrejas antigas, que testemunham a história de mais de cinco séculos.

O município faz parte da Costa das Baleias, sendo internacionalmente conhecido por sua proximidade com o Parque Nacional Marinho dos Abrolhos, o primeiro parque marinho do Brasil (Da Silva; Da Silva, Almeida, 2016) que inclui as famosas baleias-jubarte que visitam a região para se reproduzir, além de belos litorais ao longo da sua costa e pela presença da RESEX de Cassurubá, uma importante área de preservação das atividades econômicas tradicionais dos

moradores locais. Além disso, a pesca e a agricultura, especialmente a produção de mandioca e coco, têm papel importante na subsistência da população local (Brandão, 2019).

Figura 1 - Mapa de localização do município de Caravelas (BA)



Fonte: o Autor

Como ilustrado na figura acima, geograficamente, Caravelas possui uma posição estratégica, com um litoral extenso e recortado por rios, o que torna a região um ponto crucial para a navegação e atividades pesqueiras.

No contexto ambiental, Caravelas é considerada uma área de grande vulnerabilidade devido à pressão de atividades econômicas, como o turismo, a agricultura podendo citar a monocultura de eucalipto e a expansão urbana. A conservação de seus ecossistemas marinhos e terrestres, especialmente em áreas protegidas como o Parque Nacional de Abrolhos, é fundamental para garantir a sustentabilidade da região, que enfrenta desafios relacionados à degradação ambiental e à necessidade de equilibrar desenvolvimento econômico com preservação ambiental (Souza, 2013).

De acordo com os primeiros resultados do Censo Demográfico de 2022, divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população de Caravelas, na Bahia, é de 20.586 pessoas. Esse número representa uma leve redução de 1,19% em comparação com os

dados do Censo de 2010, quando a população era maior. A densidade demográfica de Caravelas foi registrada em 8,66 habitantes por km<sup>2</sup>, com uma média de 2,84 moradores por residência (IBGE, 2022).

Caravelas ocupa a 154<sup>a</sup> posição em termos de população no estado da Bahia, a 573<sup>a</sup> na região Nordeste, e a 1.665<sup>a</sup> posição no Brasil. Esses dados colocam o município entre as cidades de menor porte populacional do estado, o que reflete um perfil demográfico típico de áreas interioranas e costeiras, onde a densidade é menor e a população está mais dispersa (IBGE, 2022).

Com uma população relativamente pequena, Caravelas mantém características de uma cidade pacata, onde a vida cotidiana é influenciada por suas tradições culturais e a proximidade com a natureza. É um exemplo de um município brasileiro em que a história, a ecologia e o desenvolvimento estão profundamente interligados, exigindo esforços contínuos para preservar seu patrimônio natural e cultural.

## **5 MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1 MATERIAL**

O material utilizado para o desenvolvimento desta pesquisa inclui:

- *Software ArcGIS* para a criação de produtos cartográficos relacionados à pesquisa.
- *Google Earth Pro* para análise temporal.
- Microsoft Excel para a manipulação e registro de dados em planilhas.

### **5.2 MÉTODOS**

Com o objetivo de atender a proposta metodológica de Nascimento e Rodrigues (2009), foram realizados levantamentos de dados cartográficos em diferentes instituições, como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), SEI (Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia), CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), EMBRAPA e diversas outras instituições e trabalhos acadêmicos produzidos em toda região do Extremo Sul da Bahia.

A base de dado utilizada para elaboração deste trabalho é apresentada a seguir:

Quadro 1- Dados utilizados e suas fontes

<b>Dado</b>	<b>Escala</b>	<b>Fonte/Ano</b>
Solo	1:500.000	SEI/SUDENE (2012)
Geologia	1:250.000	CPRM (2008)
Hipsometria	1:100.000	TOPODATA/INPE (2009)
Declividade	1:100.000	TOPODATA/INPE (2009)
Uso do solo	1:100.000	Sentinel 2A (2024)
Rede hidrográfica	1:100.000	SEI/SUDENE (2024)

Fonte: o Autor

Os dados do solo publicados na escala 1:500.000 pela SEI/SUDENE e geológico na escala 1:250.000 pela CPRM no ano de 2008 possuem o objetivo de caracterização regional do município, servido de base para elaboração do mapa de vulnerabilidade ambiental.

Decorrente da inexistência de dados de melhor qualidade foi necessário realizar algumas adaptações pontuais nos dados originais, como por exemplo adaptações na nomenclatura seguindo o trabalho desenvolvido por SOUZA (2017), SPANGHERO (2018) e NUNES (2019) que realizaram trabalhos na região do Extremo Sul da Bahia, além de aprimoramento da qualidade da rede hidrográfica existente da área a partir de imagens de satélite.

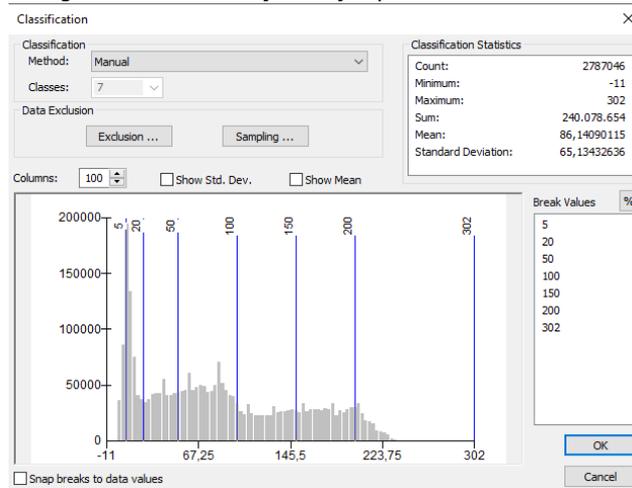
Para a elaboração do mapa hipsométrico foram utilizados dados do projeto Topodata/INPE na escala 1:100.000 com resolução espacial de 30 metros, estes dados foram passados pelo processo de preenchimento e correção dos pixels nulos através da ferramenta *Fill* disponibilizado no software Arcgis e em seguida os dados foram reclassificados de acordo com as variações altimétricas a fim de melhor apresentar e destacar as variações altimétricos na cidade de Caravelas e por fim transformando o dado raster no formato vetorial para determinação dos valores de área.

Quadro 2 - Distribuição da frequência das classes hipsométricas

<b>Classe</b>
0 – 5m
6 – 20m
21 – 50m
51 – 100 m
101 – 150 m
151 – 200 m
201 – 302 m

Fonte: o Autor

Figura 2 - Histograma de Distribuição da frequência das classes de hipsometria.



Fonte: Autor

A partir dos dados altimétricos no formato raster proveniente do projeto TOPODATA/INPE foi possível realizar a elaboração do mapa de declividade, utilizando a ferramenta espacial *slope* disponibilizado no módulo *Spatial Analyst* do Arcgis e em seguida o dado foi reclassificado e transformado em shapefile objetivando a determinação da área das respectivas classes.

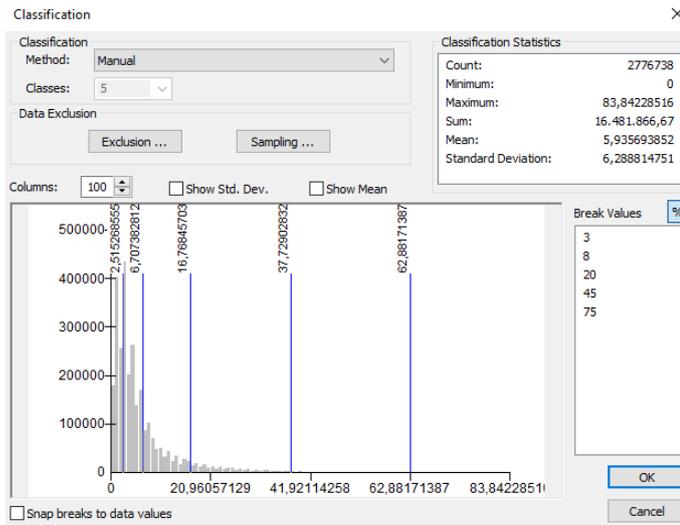
Diante disso, foram definidas as classes de declividade de acordo com a proposta da EMBRAPA (1979) que define as variações de acordo com a dinâmica hídrica, diferenciando as classes da seguinte forma:

Quadro 3 - Classes de declividade

Classe	Declividade em %
Plano	0 – 3%
Suave ondulado	3 – 8%
Ondulado	8 – 20%
Forte ondulado	20 – 45%
Montanhoso	45 – 75%

Fonte: Adaptado EMBRAPA (1979)

Figura 3 - Histograma de frequência das classes de declividade



Fonte: Autor

De acordo com Dias (2017), a importância do estudo e mapeamento das classes de declividade é devido a necessidade de avaliar a inclinação das vertentes representando um importante parâmetro de identificação das potencialidades e suscetibilidades de uma determinada área a processos de deposição, erosão e movimento de massa, e além de ser fundamental para compressão dos processos de ocupação e consequentemente, definição das classes de vulnerabilidade na metodologia de Nascimento e Rodrigues (2009).

Para elaboração do mapa de uso do solo foram utilizadas as imagens disponibilizadas pelo satélite Sentinel 2A de resolução espacial de 10 metros para o ano de 2024 disponibilizado gratuitamente no site *Copernicus* para a escala 1:100.000. A classificação realizada foi a manual, na qual foram definidas 5 classes de uso do solo e a partir dessa definição passou-se a vetorizar as classes pré-determinadas tendo como base parâmetros de cor, textura, forma e contexto das variáveis espaciais.

Quadro 4 - Classes de uso do solo

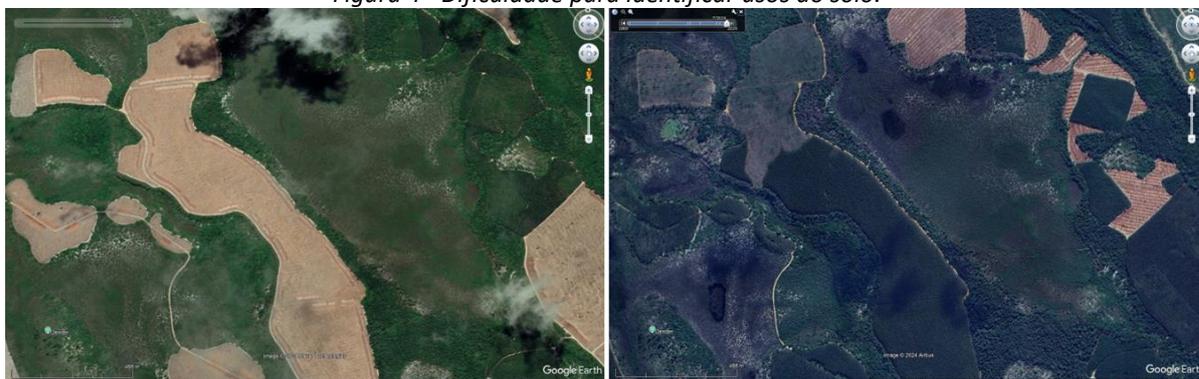
Classe de uso do solo	Cobertura vegetal	Massa d'água	Pastagem	Silvicultura	Solo exposto
Imageamento					

Fonte: o Autor

Além da vetorização das classes de uso do solo, foi realizada a verificação topológica para não ter polígonos sobrepostos e vazios dentro do shapefile de uso do solo. Vale ressaltar a importância da utilização das imagens provenientes da plataforma do Google, através da sua ferramenta Google Earth Pro para auxiliar na diferenciação das áreas de silvicultura e pastagem,

como por exemplo na qual necessário usar as imagens temporais do Google para definir melhor qual classe seria definida.

*Figura 4 - Dificuldade para identificar usos do solo.*



*Fonte: Google Earth (2024)*

A partir dos dados geológicos, pedológicos, declividade e uso do solo foi possível utilizar a metodologia proposta por Nascimento e Domingues (2009). Os autores definem a vulnerabilidade ambiental como o grau de susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provado pelo homem a partir das suas características naturais e humanas. Para elaboração desse mapa será utilizado a proposta apresentada por Nascimento e Domingues (2009), bem como adaptações propostas por Souza (2017), Spanghero (2018) e Nunes (2022).

Seguindo a proposta metodológica de Nascimento e Domingues (2009), na determinação das classes de vulnerabilidade foram atribuídos valores de 1 a 5, considerando o grau de sensibilidade de cada unidade para o atributo selecionado. A proposta metodológica dos autores supracitados é apresentada a seguir.

As classes de vulnerabilidade resultantes desta análise representam condições ambientais que apontam para diferentes fragilidades ou potencialidades naturais. As classes de mais baixa vulnerabilidade ambiental apresentam menores riscos aos efeitos da ocupação, tendo sido identificadas duas situações distintas: áreas intensamente ocupadas e áreas com estágios mais conservados pela cobertura da vegetação natural. As classes de alta e muita alta vulnerabilidade ambiental apresentam altos riscos a danos ambientais, algumas já comprometidas devido aos efeitos antropogênicos decorrentes principalmente de desmatamentos e ocupações desordenadas (Nascimento e Domingues, 2009).

*Quadro 5 - Variáveis e critérios adotados.*

<b>Variáveis e critérios adotados</b>	
<b>Mapa</b>	<b>Crítérios</b>
Geologia	Tempo geológico
Solo	Maturidade pedogenética
Declividade	Variação de declividade
Uso do solo	Proteção da paisagem e biodiversidade

*Fonte: o Autor*

Na classificação de vulnerabilidade a respeito da geologia foi considerada a idade geológica, portanto, quanto mais antiga a idade da rocha menor valor atribuído à vulnerabilidade que variou de 1 a 5, conforme apresentado no quadro 6. Considerando o acentuado grau de instabilidade da linha de costa, reflexo dos vários processos costeiros atuantes - marítimos, continentais e atmosféricos. Desta forma foram atribuídos pesos da seguinte forma para as classes geológicas da área (Nascimento e Domingues, 2009).

*Quadro 6 - Valores de Vulnerabilidade Ambiental para unidades litológicas*

<b>Classe</b>	<b>Valor de vulnerabilidade</b>
Depósitos Holocênio	5
Depósitos Terciário	3
Depósitos Fluvio-marinho	4,9
Formação Barreiras	3
Rochas metamórficas	1

*Fonte: Nascimento e Domingues (2009)*

Para a classe pedológica, os valores de vulnerabilidade variando de 1 a 5 foram atribuídos às diferentes classes de solo, considerando-se o grau de maturidade do solo, conforme apresentado no quadro 7. Observa-se que aos solos mais desenvolvidos foram atribuídos os menores valores. Assim os solos mais profundos e desenvolvidos receberam valores menores, e em contrapartida os solos menos evoluídos constituídos por materiais recentes e inconsolidados adotou-se os maiores valores 5 e 4 (Nascimento e Domingues, 2009).

*Quadro 7 - Valores de Vulnerabilidade Ambiental para unidades pedológicas*

<b>Classe</b>	<b>Valor de vulnerabilidade</b>
Latossolo Amarelo	1
Argissolo	2
Espodossolo	3
Neossolo Quartzarênico	4
Solos Indiscriminados de Mangue	5

*Fonte: Nascimento e Domingues (2009)*

As áreas de maior ou menor vulnerabilidade a respeito das classes de declividade está relacionado a questões hídricas, para tal iremos utilizar as classes determinadas pela EMBRAPA e atribuir pesos de forma adaptada a realidade da área de estudo, seguindo as classes definida pela EMBRAPA (1979) sobre influência da declividade sobre as questões hídricas (Nascimento e Domingues, 2009):.

*Quadro 8 - Valores de Vulnerabilidade Ambiental para a declividade*

<b>Classe</b>	<b>Valor de vulnerabilidade</b>
0 – 3 % (Plano)	1
3 – 8 % (Suave Ondulado)	2
8 – 20 % (Ondulado)	3
20 – 45 % (Forte Ondulado)	4
45 – 75 % (Montanhoso)	5

*Fonte: Nascimento e Domingues (2009)*

De acordo com Nascimento e Domingues (2009) os valores de vulnerabilidade para os diferentes tipos de uso do solo foram determinados a partir da consideração do papel da vegetação como importante fator de estabilização dos processos erosivos e pela capacidade de frear o desencadeamento de processos mecânicos da morfogênese, além de impedir a ocupação humana em determinado local. Por outro lado, a falta de cobertura florestal densa contribui para a instabilidade ambiental, com o desenvolvimento de atividades erosivas atuante. Para Christofolletti (1974) as características da cobertura vegetal vão influenciar na variedade das modalidades e intensidades dos processos, contribuindo para a acumulação ou subtração de matéria. De acordo com Ross (1991) a remoção da cobertura vegetal, parcial ou total, tornando o terreno exposto, facilita o escoamento pluvial concentrado e diminuindo a infiltração de água no solo (NASCIMENTO E RODRIGUES, 2009).

Desta maneira foram adotados os valores mais baixos, entre 1 para os terrenos protegidos que apresentam maior densidade da cobertura vegetal, enquanto os terrenos com coberturas herbáceas ou gramíneas, com culturas de ciclos curtos ou expostos receberam valores elevados entre 4 e 5, considerando a baixa densidade de cobertura e as atividades de silvicultura com valores de 1,5 (NASCIMENTO E RODRIGUES, 2009).

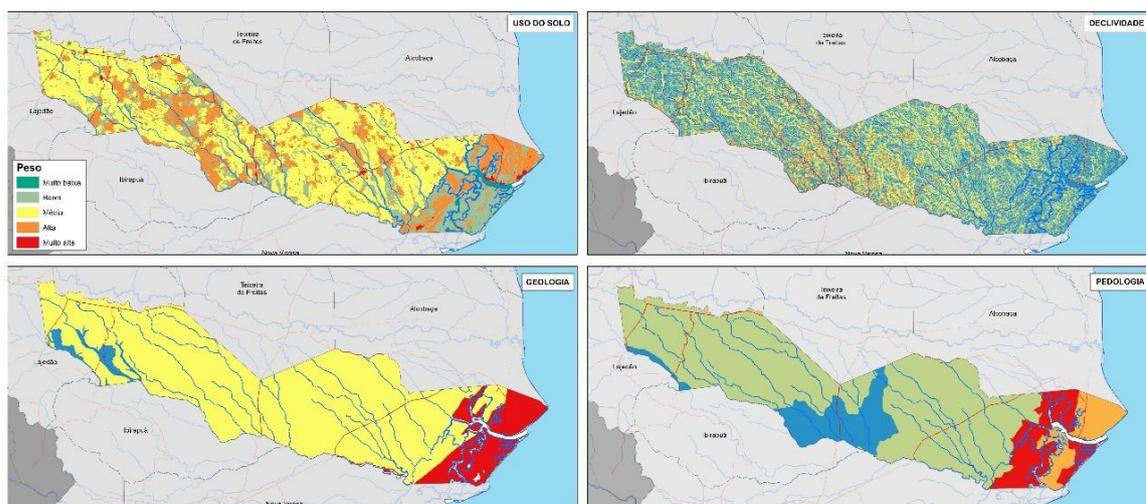
Quadro 9 - Valores de Vulnerabilidade Ambiental para usos do solo

Classe	Valor de vulnerabilidade
Cobertura vegetal	1
Silvicultura	1,5
Pastagem	4
Solo exposto	5

Fonte: Nascimento e Domingues (2009)

E por fim, a partir das correções e operações geométricas entre as classes de geologia, pedologia, declividade e uso do solo foi possível determinar as classes de vulnerabilidade ambiental do município de Caravelas.

Figura 5 – Determinação do índice das classes de vulnerabilidade



Fonte: o Autor

Os valores obtidos pela relação espacial entre as classes são apresentados a seguir:

Quadro 10 - Valores em Relação espacial entre as classes

Classe	Vulnerabilidade
5 - 8	Muito baixa
8 - 10	Baixa
10 - 12	Média
12 - 15	Alta
15 - 19	Muito alta

Fonte: o Autor

Esses valores foram adaptados com base nos trabalhos de Souza (2017), Spanghero (2018, 2023) e Nunes (2022), além de seguir a proposta metodológica de Nascimento e Domingues (2009). Por fim, com os dados de vulnerabilidade ambiental do município de Caravelas, elaboramos sugestões sobre como esses dados podem orientar a tomada de decisão pelo poder público.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A vulnerabilidade ambiental para os autores Nascimento e Rodrigues (2009) é entendida pela relação entre a forma que o homem ocupa a natureza e os dados naturais. A forma que o ser humano ocupa a natureza diz respeito das classes de uso do solo, e os dados naturais, como a geologia, pedologia e a declividade, fatores que estão relacionados ao tempo e a dinâmica hídrica.

Dessa forma, serão discutidos os mapas temáticos elaborados, analisando-os isoladamente para, ao final, chegar ao mapa-síntese de vulnerabilidade ambiental, que representa a relação espacial entre os dados naturais e antrópicos.

### 6.1 USO DO SOLO

A partir da elaboração do mapa de uso do solo é possível quantificar as principais classes de uso e ocupação da terra para o ano de 2024, como observado no quadro a seguir.

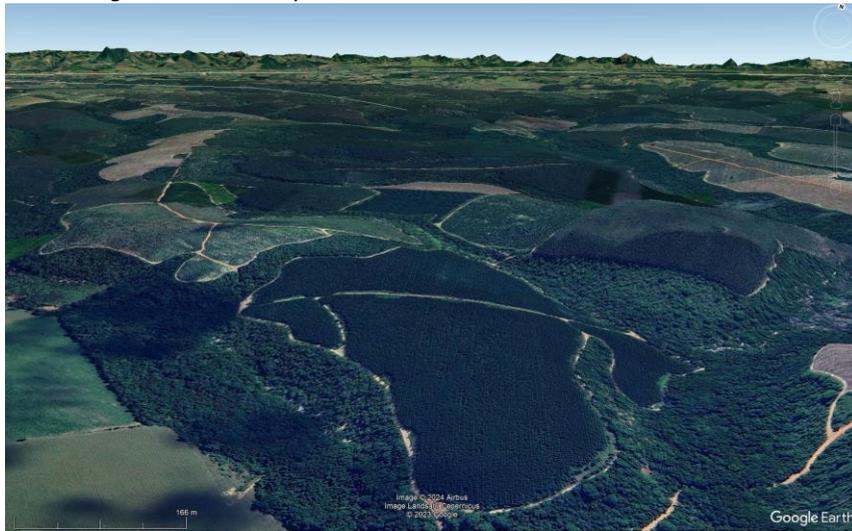
*Quadro 11 - Quantificação das classes de uso do solo*

Classe	Área	
	Km <sup>2</sup>	%
Cobertura vegetal	570,4	21,7
Massa d'água	52,3	2
Pastagem	597,2	22,7
Silvicultura	1393,3	52,9
Solo exposto	20	0,8

*Fonte: o Autor*

Na classificação realizada para o ano de 2024, a classe de silvicultura configura o tipo de uso do solo mais expressivo representando 52,9% do total da área de estudo. Essa classe de uso é utilizada principalmente para a monocultura de eucalipto, sendo uma das principais atividades econômicas do extremo sul da Bahia, como destacado nos trabalhos de Souza (2017), Spanghero (2018, 2023) e Nunes (2022).

*Figura 6 - Grande quantidade de silvicultura na área de estudo.*



*Fonte: Google Earth (2024)*

A classe massa d'água corresponde a 2% do total da área de estudo e caracteriza-se pelo grande corpo hídrico presente da foz do Rio Caravelas e por lagos e reservatórios ao longo do interior do município.

A classe correspondente a pastagem representa 22,7% do município, sendo a segunda classe de uso com maior extensão no município de Caravelas, essa classe é composta por extensas áreas de gramíneas destinadas a atividade pecuária extensiva.

*Figura 7 - Uso do solo do tipo pastagem e presença de massa d'água no rio*



*Fonte: Google Earth (2024).*

Considerando a classe de uso menos expressiva na área de estudo, o solo exposto corresponde a 20km<sup>2</sup>, pouco menos de 1% da área total do município, essa classe apresentou-se com baixos valores devidos principalmente a escala escolhida para análise.

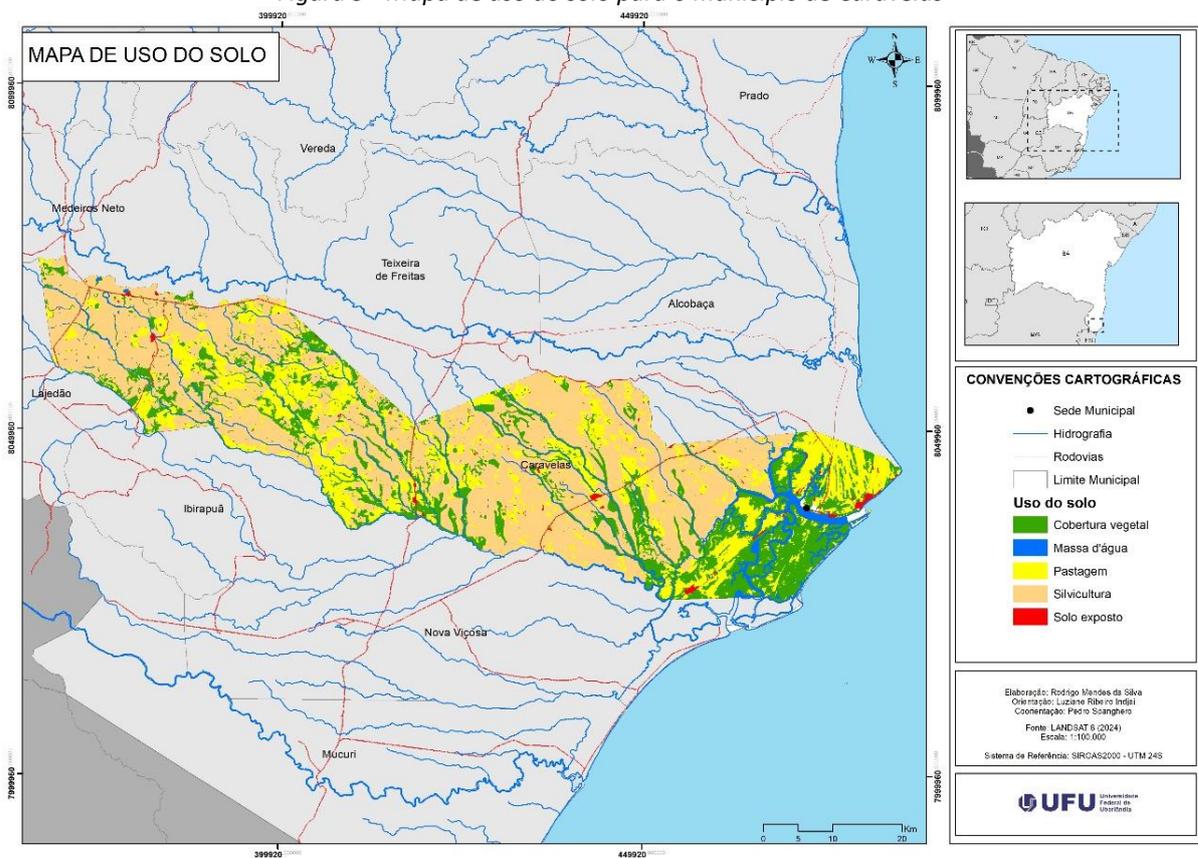
Figura 8 - Classe de solo exposto.



Fonte: Google Earth (2024).

O mapa com a espacialização das classes de uso do solo do município de Caravelas para o ano de 2024 é apresentando a seguir.

Figura 9 - Mapa de uso do solo para o município de Caravelas



Fonte: o Autor

## 6.2 HIPSOMETRIA

O município de Caravelas apresenta valores altimétricos que variam de 0 metros no nível do mar até 302 metros de altitude na região mais a oeste do município, tendo desta forma uma amplitude altimétrica de 302 metros.

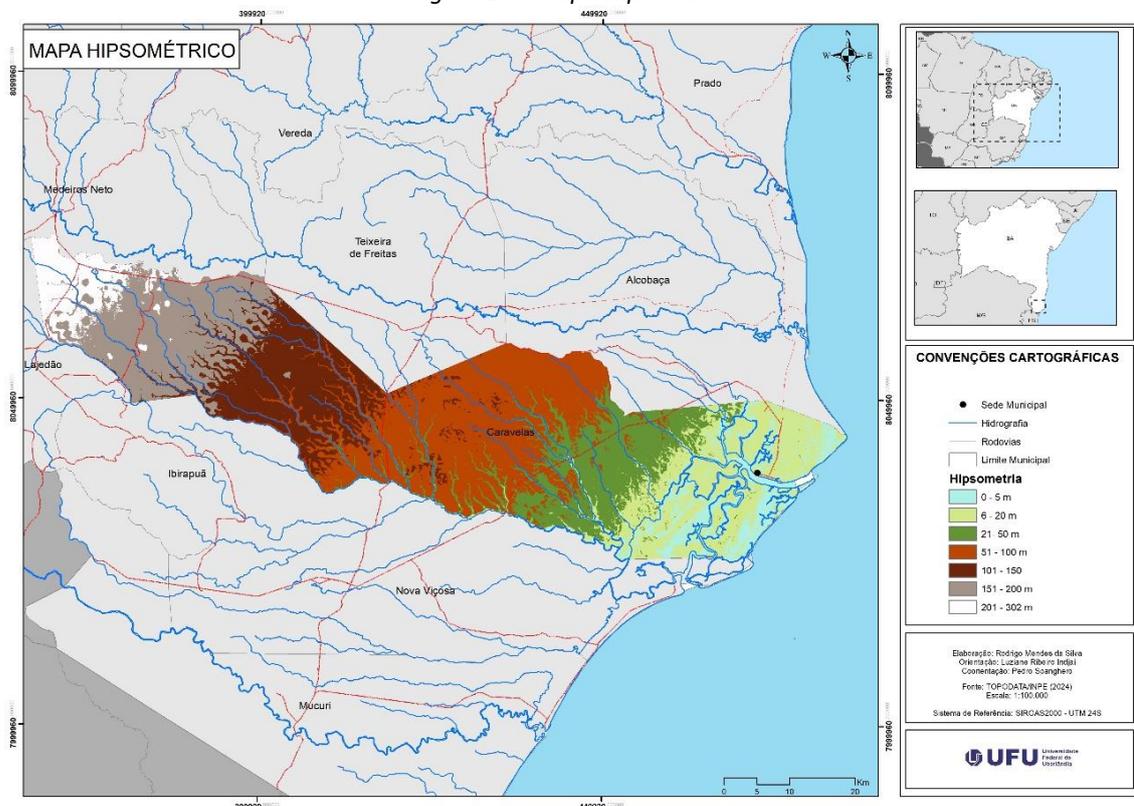
A partir do quadro 12 e do mapa encontrado na figura 10, pode ser analisada a quantificação e a distribuição espacial da variação altimétrica no município de Caravelas.

Quadro 12 - Variação altimétrica do município de Caravelas

Classe	Área	
	Km <sup>2</sup>	%
0 - 5 m	168,57	6,5
6 - 20 m	392,06	15,2
21 - 50 m	376,08	14,6
51 -100 m	710,82	27,5
101 - 150 m	381	14,7
151 - 200 m	415,31	16,1
201 - 302 m	140,27	5,4

Fonte: o Autor

Figura 10 - Mapa Hipsométrico



Fonte: o Autor

### 6.3 DECLIVIDADE

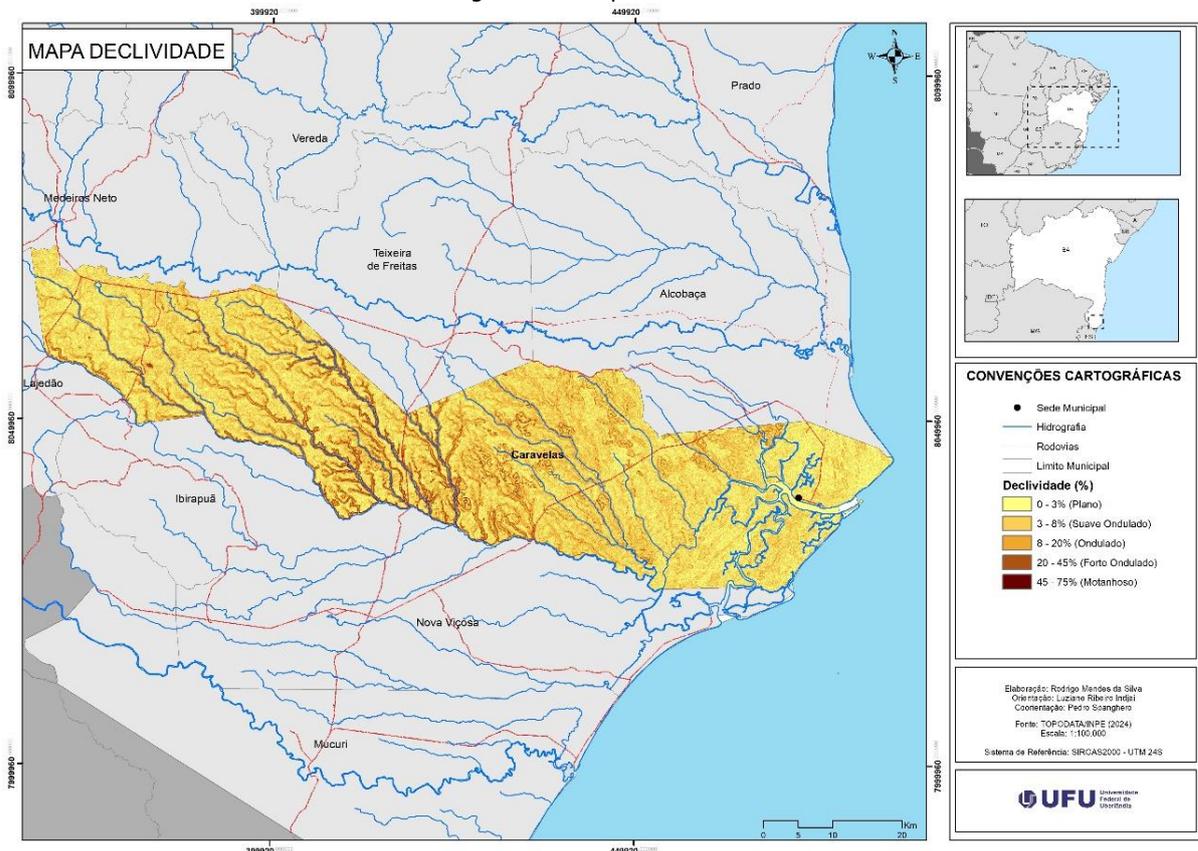
As classes de declividade do município de Caravelas podem ser observadas no quadro e mapa a seguir, onde são apresentados os quantitativos de cada classe.

Quadro 13 - Classes de declividade quantificadas

Classe	Área	
	Km <sup>2</sup>	%
0 - 3% (Plano)	696,49	29,43
3 - 8% (Suave Ondulado)	1028,73	43,47
8 - 20% (Ondulado)	482,49	20,39
20 - 45% (Forte Ondulado)	151,04	6,38
45 - 75% (Montanhoso)	7,78	0,33

Fonte: o Autor

Figura 11 - Mapa declividade



Fonte: o Autor

As classes definidas como planas variam de 0 – 3%, representando 29,43% da área de estudo, sendo a segunda maior classe em extensão no município. Essa classe se distribuiu ao longo de todo município, estando localizada principalmente nas áreas de planície e

nos topos dos tabuleiros costeiros, tendo a principal atividade de uso do solo como eucalipto e pastagens.

As classes definidas como plano, suave ondulado e ondulado que representam 29,43%, 43,47% e 20,39%, respectivamente. Juntas essas três classes representam mais de 92% de todo município de Caravelas, sendo associado principalmente as áreas de deposições da planície costeira, tabuleiros costeiros e fundo de vale dos rios, possuindo áreas de cobertura vegetal e algumas áreas de pastagem.

*Figura 12 - Áreas suaves onduladas e onduladas de deposição marinha e fluvial*



*Fonte: Google Earth (2024).*

*Figura 13 - Áreas planas de deposição marinha e fluvial*

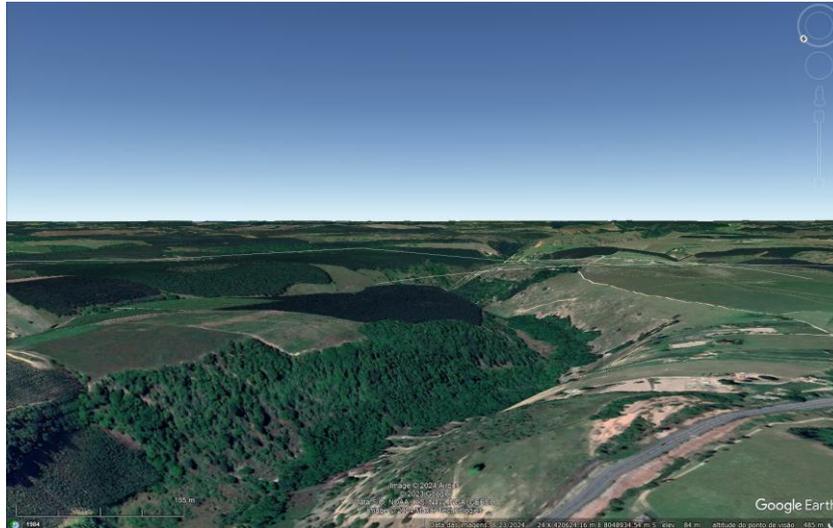


*Fonte: Google Earth (2024).*

A classe de declividade definida como forte ondulado que varia de 20 – 45% e classe montanhosa que varia de 45 – 75% representam 6,38% e 0,33% respectivamente. Essas

duas classes encontram-se distribuídas nas áreas de borda dos tabuleiros costeiros e nas poucas áreas de alta declividade presente no município de Caravelas e corresponde a áreas de alta declividade, logo com limitação ao uso do solo e possui a cobertura vegetal como principal uso.

*Figura 14 - Áreas bordas de tabuleiro com declividade maior de 45%, definidas como APP pelo código florestal*



Fonte: Google Earth (2024).

As áreas de maior declividade do município são encontradas mais na porção central a oeste da área de estudo. Uma importante relação observada pelos dados cartográficos é que grande parte das áreas de alta declividade estão com as áreas de APP preservadas quando relacionadas ao uso do solo de silvicultura, enquanto as áreas de outros usos como por exemplo áreas de pastagem as APPs não se encontram tão preservadas quanto as áreas de eucalipto, como podemos observar na imagem.

*Figura 15 - Comparação de áreas de APP e eucaliptos*



Fonte: Google Earth (2024).

#### 6.4 PEDOLOGIA

O município de Caravelas apresenta 5 tipos de solo que podem ser visualizados no quadro a seguir:

*Quadro 14 - Classes de tipos de solo quantificados*

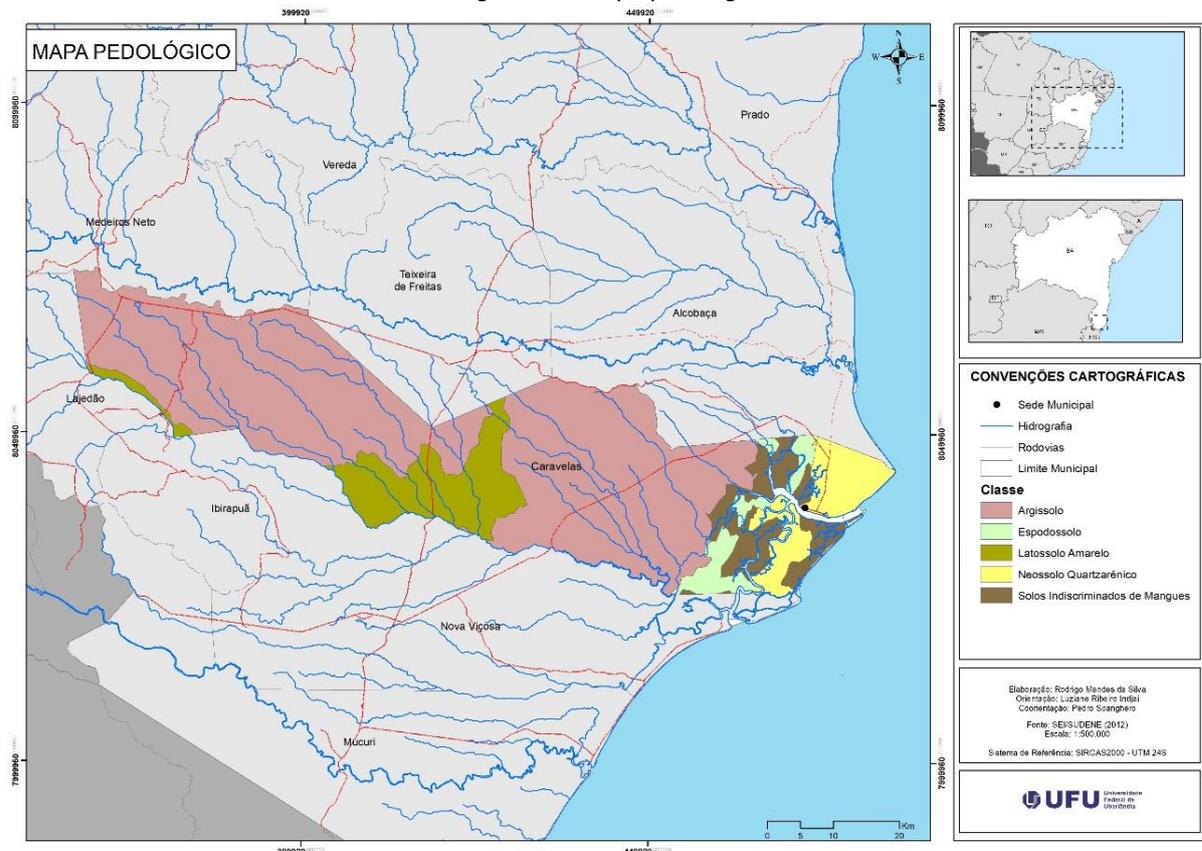
Classe	Área	
	Km <sup>2</sup>	%
Argissolo	1664,17	71,01
Espodossolo Hidromórfico	87,36	3,73
Latossolo Amarelo	280,15	11,95
Neossolo Quartzarênico	158,61	6,77
Solos Indiscriminados de Mangues (SIM)	153,43	6,55

*Fonte: o Autor*

A classe de solo do tipo argissolo representa 71,01% do município de Caravelas, esses solos possuem sua maior distribuição na porção central e oeste do município, tendo a classe de uso do solo predominante a silvicultura e a pastagem. Essas classes de uso do solo também avançam sobre o latossolo amarelo, na qual corresponde a 3,73% do município de Caravelas. Essas duas classes ocorrem quase toda em sua totalidade sobre as áreas geológicas da formação Barreiras.

Os solos do tipo Espodossolo Hidromórfico e Neossolo Quartzarênico e Solos Indiscriminados de Mangue representam menos de 16% do município, sendo essas classes de solos relacionados aos depósitos marinhos e fluviais e a classe de uso do solo predominante nesses tipos e solo são atividades pecuárias nas áreas de espodossolo e áreas de cobertura vegetal do tipo manguezal nas áreas de SIM.

Figura 16 - Mapa pedológico



Fonte: o Autor

## 6.5 GEOLOGIA

A litologia do município de Caravelas pode ser classificada em 5 diferentes classes geológicas, tendo quase 98% de todo o município composto por rochas de origem sedimentar e apenas 2,59% composto por rocha de origem metamórfica, essa última localizada na porção oeste do município.

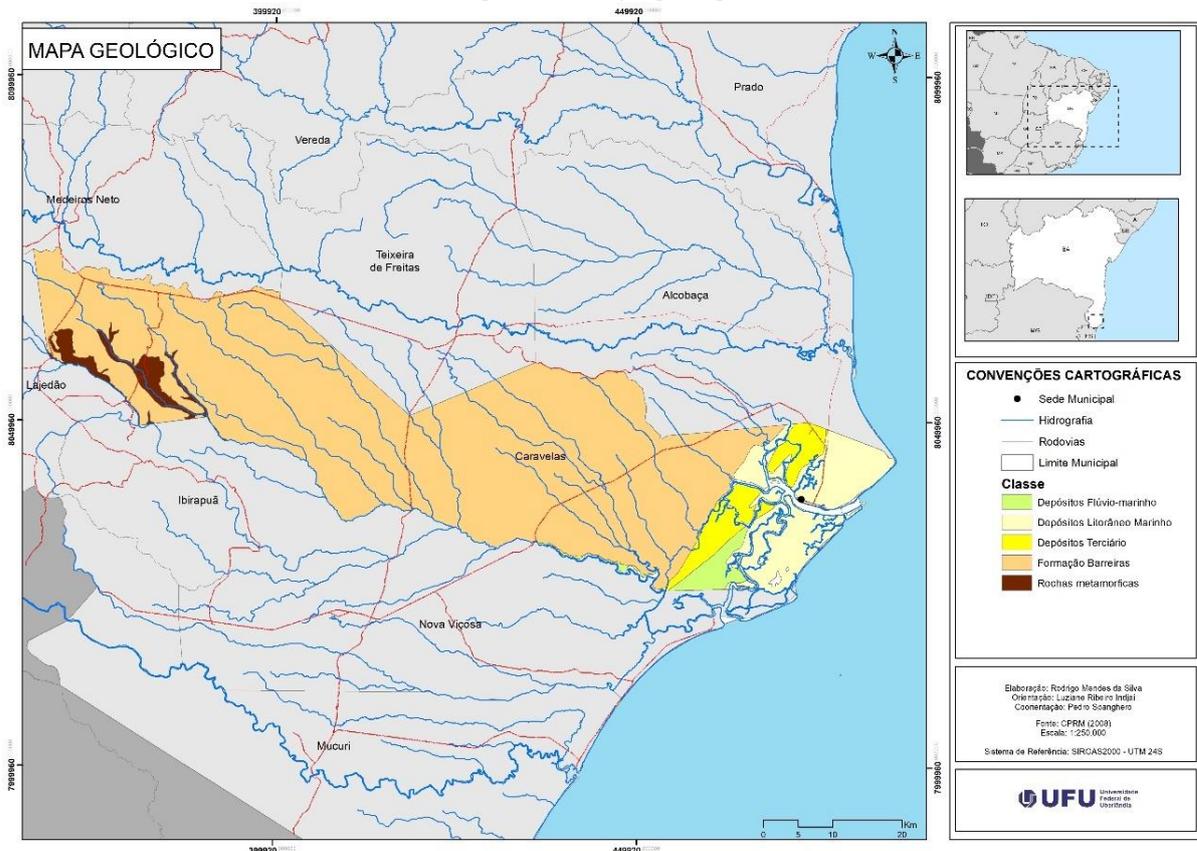
Os depósitos Litorâneo Marinho e depósitos fluviomarinhos ocupam grande parte da planície marinha a leste do município de Caravelas, essas duas classes representam 12,26% da área de estudo. O Depósitos Terciário ocupa a região de transição entre os depósitos marítimos mais recentes para as áreas da Formação Barreiras, esta última com mais de 80% de todo o município.

Quadro 15 - Classes de litologia quantificados

Classe	Área	
	Km <sup>2</sup>	%
Depósitos Fluviomarinho	47,33	1,86
Depósitos Litorâneo Marinho	264,14	10,40
Depósitos Terciário	109,17	4,30
Formação Barreiras	2053,09	80,85
Rochas Metamórficas	65,7	2,59

Fonte: o Autor

Figura 17 - Mapa geológico



Fonte: o Autor

## 6.6 VULNERABILIDADE AMBIENTAL

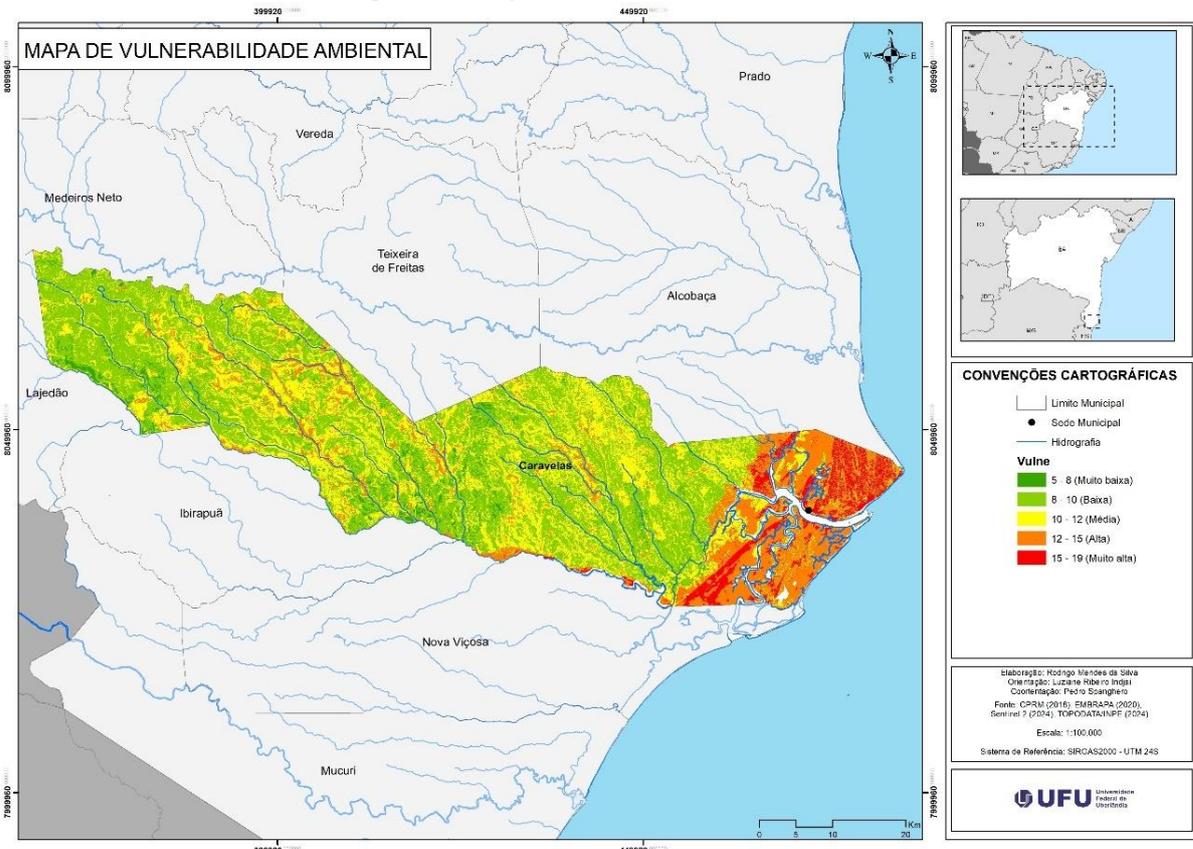
A partir dos mapas temáticos elaborados e do mapa síntese da vulnerabilidade ambiental elaborado para o município de Caravelas, foi definido 5 classes, designadas em: muito baixa, baixa a média, média, alta e muito alta detalhadas no quadro 16.

Quadro 16 - Classes de vulnerabilidade ambiental

Classe	Área	
	Km <sup>2</sup>	%
5 - 8 (Muito baixa)	100,06	3,98
8 - 10 (Baixa)	1137,20	45,24
10 - 12 (Média)	782,7	31,14
12 - 15 (Alta)	403,60	16,06
15 - 19 (Muito alta)	89,93	3,58

Fonte: o Autor

Figura 18 - Mapa de vulnerabilidade ambiental



Fonte: o Autor

A classe definida como muito alta abrange uma área de aproximadamente 3,57% do município, na qual inclui as áreas da planície fluvio-marinha com ausência de cobertura vegetal decorrente dos processos de ocupação humana, como podemos observar na imagem a seguir.

Figura 19 - Comportamento de regiões de classe definida como: Muito Alta



Fonte: Google Earth (2024)

A classe de alta vulnerabilidade ambiental corresponde a 16,06% do município e encontra-se presente em quase toda a planície marinha e fluviomarinha decorrente dos altos valores naturais de vulnerabilidade que as planícies costeiras apresentam devido a sua geologia e pedologia mais recente, mas também relacionado as atividades antrópicas com alteração na cobertura natural por atividades agropecuárias.

Em algumas áreas de declividade acentuada definidas pelo Código Florestal Brasileiro e definidas pelas análises como área de alta vulnerabilidade ambiental é observado que não há a presença da cobertura vegetal nas áreas, sendo um grande problema para as questões de assoreamento e erosão, afetando tanto o curso hídrico no local quanto as áreas a jusante como a Foz do Rio Caravelas.

Figura 20 - Comportamento de regiões de classe definida como: Alta



Fonte: Google Earth (2024)

A classe de vulnerabilidade ambiental de nível médio corresponde a 31,14%, a segunda maior classe da área total de estudo. Essa classe incluiu grande parte das áreas dos tabuleiros

costeiros, com baixas declividade, solo predominante o argissolo e geologia da formação barreiras e o uso do solo mais presente nessa área são as atividades de pastagem.

*Figura 21 - Comportamento de regiões de classe definida como: Média*



*Fonte: Google Earth (2024)*

A maior área de vulnerabilidade da área de estudo foi classificada como de baixa vulnerabilidade, correspondendo a 45% da área total do município de Caravelas. Essa classe está associada às áreas mais planas dos tabuleiros costeiros, com as declividades variando de plano à ondulado, com tipo de solo argissolo e geologia da formação barreiras. A classe de uso dessa região é predominantemente de silvicultura e pontos localizados de cobertura vegetal.

*Figura 22 - Comportamento de regiões de classe definida como: Baixa*



*Fonte: Google Earth (2024)*

As áreas definidas como de muito baixa vulnerabilidade representam apenas 3,98% da área de estudo, essa classe corresponde às áreas planas no topo das áreas dos tabuleiros

costeiros e com a vegetação preservada. Devido ser áreas planas, com solos argissolos possuem alta demanda para as atividades de pecuária, agricultura e silvicultura, sendo portanto, áreas de alto valor e portanto grande interesse para substituição da cobertura vegetal por uma atividade econômica.

Figura 23 - Comportamento de regiões de classe definida como: Muito baixa



Fonte: Google Earth (2024)

Com base na análise das classes de vulnerabilidade ambiental, o quadro 17 a seguir, apresenta propostas de orientação para o uso do solo em cada nível, destacando atividades adequadas que respeitam a estabilidade ambiental e promovem o uso sustentável dos recursos naturais.

Quadro 17 - Orientações para o Uso do Solo por Nível de Vulnerabilidade

Nível de Vulnerabilidade	Orientações de Uso do Solo	Exemplos de Aplicações
Muito Baixa	Áreas com alta estabilidade ambiental, indicadas para uso econômico sustentável e conservacionista.	Agricultura sustentável, ecoturismo, atividades de pesquisa científica.
Baixa	Áreas com potencial para atividades controladas e práticas agrícolas de baixo impacto.	Silvicultura planejada, pastagem rotativa, expansão urbana com planejamento ambiental.
Média	Áreas que requerem manejo cuidadoso para evitar degradação.	Projetos de reflorestamento, agricultura com manejo integrado, programas de conservação.
Alta	Áreas sensíveis que demandam proteção e atividades restritas.	Preservação de vegetação nativa, recuperação de áreas degradadas, monitoramento ambiental.
Muito Alta	Áreas críticas que exigem conservação integral e ações de recuperação prioritárias.	Criação de Unidades de Conservação, restrição ao uso humano, projetos de recuperação ambiental.

Fonte: o Autor

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo contribuiu para um entendimento detalhado dos fatores naturais e humanos que afetam a vulnerabilidade ambiental de Caravelas (BA). A metodologia de Nascimento e Domingues (2009) provou ser eficiente na identificação das áreas com diferentes graus de vulnerabilidade, ressaltando a relevância do planejamento territorial e da gestão sustentável dos recursos naturais.

Os resultados mostram que as áreas de maior vulnerabilidade se concentram nas planícies costeiras e fluviomarinhas, onde a pressão humana, como a expansão urbana, agricultura e turismo, é mais intensa. Em contraste, áreas com vegetação preservada exibem menor vulnerabilidade, evidenciando a importância da conservação ambiental para manter a estabilidade dos ecossistemas.

Um dos principais desafios identificados é a necessidade de equilibrar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental. Atividades como a monocultura de eucalipto e a pecuária extensiva, apesar de essenciais para a economia local, contribuem para a degradação do solo e dos recursos hídricos, tornando ainda mais relevante a implementação de políticas públicas eficazes. No entanto, embora a elaboração de mapas e análises técnicas seja relativamente simples, o verdadeiro desafio reside em traduzir esses resultados para uma linguagem compreensível e aplicável pelo poder público, garantindo que sejam utilizados de maneira eficaz na tomada de decisões.

Portanto, este estudo oferece subsídios valiosos para gestores públicos e tomadores de decisão. A elaboração de um mapa na escala 1:100.000 permitiu identificar áreas prioritárias para ações de mitigação de impactos ambientais e promoção de um desenvolvimento sustentável em Caravelas. Contudo, a escala utilizada apresenta limitações para distinguir categorias mais detalhadas, como diferentes tipos de uso agrícola.

Sugere-se que futuras pesquisas utilizem escalas mais detalhadas, como 1:50.000 e 1:25.000, para uma análise mais refinada, especialmente voltada para as comunidades locais e atividades específicas, como a agricultura. Essas escalas podem aprofundar o entendimento dos impactos antrópicos e integrar metodologias de monitoramento contínuo, fundamentais para uma gestão adaptativa e eficiente dos recursos naturais.

Em síntese, o trabalho contribuiu para o avanço do conhecimento sobre a vulnerabilidade ambiental em contextos costeiros, oferecendo uma ferramenta prática para a gestão ambiental

e territorial. A continuidade das ações propostas neste estudo será fundamental para garantir a preservação do patrimônio natural e a qualidade de vida da população local.

## REFERÊNCIAS

ADGER, W. N. Vulnerability. *Global Environmental Change*, v. 16, p. 268-281, 2006.

**AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO COSTEIRA NOS MUNICÍPIOS DE BELMONTE E CANAVIEIRAS, BAHIA.** Salvador: Revista Brasileira de Geociências, v. 39, 12 ago. 2009. Mensal.

BARRETO, F. M. S. **Contaminação da água subterrânea por pesticidas e nitrato no Município de Tianguá, Ceará.** 2006. 165 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Ceará. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. Fortaleza, 2006.

BRANDÃO, Bela. Caravelas: a cidade-base para conhecer Abrolhos. *Múltiplos Destinos*, 3 out. 2019. Disponível em: <https://multiplosdestinos.com.br/visite-caravelas-para-conhecer-abrolhos/>. Acesso em: 25 out. 2024.

DIAS, Daniéli Flores. **ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL APLICADO AO ESTUDO DAS POTENCIALIDADES E SUCESTIBILIDADES AMBIENTAIS E DE USO E OCUPAÇÃO DE ROSÁRIO DO SUL/RS.** 2017. 184 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Geografia, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rs, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/12158>. Acesso em: 18 out. 2024.

FIGUEIREDO, M. C. B. de; VIEIRA, V. de P. P. B.; MOTA, F. S. B.; ROSA, M. de F.; SOUSA, S. A. M. de. Análise da vulnerabilidade ambiental. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2010. 47 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 127). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/877885/1/DO10002.pdf>. Acesso em: 21 out. 2024.

GALLOPIN, G. C. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, v. 16, n.3, p. 293-303, 2006.

**INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE).** Caravelas. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba/caravelas.html>. Acesso em: 25 out. 2024.

JORDÃO, Rafael; MORETTO, Eduardo. A vulnerabilidade ambiental e o planejamento territorial: uma análise a partir da expansão da cana-de-açúcar no Brasil. *Revista Brasileira de*

Sociologia, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 81-98, jan./mar. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbso/a/b6zgXdNQmYjZknmrpKrHWxP/>. Acesso em: 25 out. 2024.

LI, A.; WANG, A.; LIANG, S.; ZHOU, W. Eco-environmental vulnerability evaluation in mountainous region using remote sensing and GIS – a case study in the upper reaches of Minjiang River, China. *Ecological Modeling*, v. 192, p. 175–187, 2006.

LIMA, L. C.; MORAIS, J. O.; SOUZA, M. J. N. *Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará*. Fortaleza: UNECE, 2000.

METZGER, Mark Joris et al. The vulnerability of ecosystem services to land use change. *Agriculture, ecosystems & environment*, v. 114, n. 1, p. 69-85, 2006.

NACHORNIK, Valdomiro Lourenço; BRISKI, Sandro José; PRATES, Venina. O mapeamento das vulnerabilidades ambientais em áreas urbanas da Região Metropolitana de Curitiba/PR como proposta para minimização de desastres. *Revista Geográfica de América Central*, [S.l.], n. especial EGAL, p. 1-15, 2011. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4517/451744820706.pdf>. Acesso em: 25 out. 2024.

**Nascimento, L. M., & Almeida, R. F. (2019).** Análise da vulnerabilidade ambiental em áreas costeiras: um estudo de caso no litoral baiano. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 12(3), 1025-1040.

NASCIMENTO, D. M. C.; DOMINGUEZ, J. M. L. Avaliação da vulnerabilidade ambiental como instrumento de gestão costeira nos municípios de Belmonte e Canavieiras, Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*. Salvador, v. 39, n. 3, 2009, p. 395-408. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/2648>.

NUNES, Benevaldo Guilherme. **ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DAS BACIAS DOS RIOS CAHY E CORUMBAU, BAHIA, BRASIL**. 2022. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Conservação da Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável, Instituto de Pesquisas Ecológicas, Escola Superior de Conservação Ambiental e Sustentabilidade, Porto Seguro, 2022. Disponível em: <http://www.escas.org.br/wp-content/uploads/2023/09/ANALISE-DA-VULNERABILIDADE-AMBIENTAL-DAS-BACIAS-DOS-RIOS-CAHY-E-CORUMBAU-BAHIA-BRASIL.pdf>. Acesso em: 22 out. 2024.

ONU (Organização das Nações Unidas). 2004. *Living With Risk: A Global Review of Disaster Reduction Initiatives*. Geneve, Inter-Agency Secretariat International Strategy for Disaster Reduction

**Ross, J. L. S. (1994).** Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*, (8), 63-74.

SANTOS, Daniel Carlos Alves. **VULNERABILIDADE AMBIENTAL EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO COSTEIRA (2010-2020)**. 2022. 86 f. Monografia (Doutorado) - Curso de Geografia, Departamento de Geografia (Dge), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/Rn, 2022. Disponível em: [https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/46056/1/VulnerabilidadeAmbiental\\_Santos\\_2022.pdf](https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/46056/1/VulnerabilidadeAmbiental_Santos_2022.pdf). Acesso em: 10 out. 2024.

**Schoter, R., Metzger, J. P., & Bustamante, M. M. C. (2004).** Vulnerabilidade de regiões às mudanças globais: uma abordagem de paisagem. *Revista Brasileira de Biologia*, 64(4), 673-684.

SILVA, Ester Gomes da; SILVA, Elenice Rachid da; ALMEIDA, Josimar Ribeiro de. Avaliação dos impactos ambientais nos estuários das regiões de Caravelas e Mucuri (BA-Brasil) com base no modelo Pressão Estado Impacto Resposta (PEIR). *Revista Internacional de Ciências*, v. 6, n. 1, jan./jun. 2016.

SILVA, José Nascimento da; ALMEIDA, Edson Ferreira de. Mapeamento das Áreas de Vulnerabilidade Ambiental e Natural do Município de Tibau-RN. *Aigeo*, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 80-88, 2019. DOI: [https://doi.org/10.11137/2018\\_1\\_80\\_88](https://doi.org/10.11137/2018_1_80_88). Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/27680>. Acesso em: 25 out. 2024.

SOUZA, Sírius Oliveira. **PROPOSTA DE ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL COMO SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO DO USO E DA OCUPAÇÃO DA REGIÃO COSTA DAS BALEIAS (BAHIA)**. 2017. 226 f. Tese (Doutorado) - Curso de Análise Ambiental e Dinâmica Territorial, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/1631026>. Acesso em: 16 out. 2024.

SOUZA, Sírius Oliveira. **Vulnerabilidade ambiental da planície costeira de Caravelas (Bahia): uma proposta geossistêmica**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Vitória, 2013.

SPANGHERO, Pedro Enrico Salamim Fonseca. **ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE PRADO (BA)**. 2023. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/37694>. Acesso em: 26 out. 2024.

SPANGHERO, Pedro Enrico Salamim Fonseca. **PROPOSTA DE ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE ALCobaça-BA**. 2018. 214 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Análise Ambiental e Dinâmica Territorial, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas - Sp, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2018.1023325>. Acesso em: 25 out. 2024.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA – SEI.2014. Disponível em: [http://www.sei.ba.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=98&Itemid=82](http://www.sei.ba.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=98&Itemid=82). Acesso em: 20 out 2024.

TIXIER, J.; DANDRIEUX, A.; DUSSERE, G.; BUBBICO, R.; MAZAROTTA, B.; SILVETTI, B.; HUBERT, E.; RODRIGUES, N.; SALVI, O. Environmental vulnerability assessment in the vicinity of an industrial site in the frame of ARAMIS European project. *Journal of Hazardous Materials*, v. 130, n. 3, p. 251-264, 2005.

VILLA, F.; McLEOD, H. Environmental vulnerability indicators for environmental planning and decision-making: guidelines and applications. *Environmental management*, v. 29, n. 3, p. 335-348, 2002.