



Universidade Federal do Sul da Bahia - UFSB
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA
Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais - PPGCTA

Priscila Félix Almeida

**VULNERABILIDADE AMBIENTAL À EROSÃO DO MUNICÍPIO DE
TEIXEIRA DE FREITAS - BA**

Orientador: Prof. Dr. João Batista Lopes da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Frederico Monteiro Neves

PORTO SEGURO - BA

FEVEREIRO – 2020

Priscila Félix Almeida

**VULNERABILIDADE AMBIENTAL À EROSÃO DO MUNICÍPIO
DE TEIXEIRA DE FREITAS - BA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Sul da Bahia e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais para obtenção do Título de Mestre em Ciências e Tecnologias Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. João Batista Lopes da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Frederico Monteiro Neves

PORTO SEGURO - BA

FEVEREIRO – 2020

Dados internacionais de catalogação na publicação (CIP)
Universidade Federal do Sul da Bahia - Sistema de Bibliotecas

A447v Almeida, Priscila Félix
Vulnerabilidade ambiental à erosão do município de Teixeira
de Freitas - BA. / Priscila Félix Almeida. – Porto Seguro, 2020.
72 f.

Orientador: João Batista Lopes da Silva
Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Sul da
Bahia. Campus Sosígenes Costa. Programa de Pós-graduação
em Ciências e Tecnologias Ambientais.

1. Cartografia. 2. Geoprocessamento. 3. Planejamento
Ambiental. I. Silva, João Batista Lopes da. II. Título.

CDD: 551.302

**VULNERABILIDADE AMBIENTAL À EROSÃO DO MUNICÍPIO
DE TEIXEIRA DE FREITAS - BA**

Comissão Julgadora

Prof.^a Dr.^a Joanna Maria da Cunha de Oliveira Santos Neves
Universidade Federal do Sul da Bahia

Prof. Dr. Allison Gonçalves Silva
Instituto Federal da Bahia

Prof. Dr. Danilo Paulucio da Silva
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Aprovada em: 04/02/2020

Local da Defesa: Teixeira de Freitas - BA

*Para Raissinha, que é a maior homenagem
à pessoa a quem dedicaria inicialmente
este trabalho, sua tia.*

Amo vocês.

AGRADECIMENTOS

Mamãe, Papai e Raíssa, nenhum dos meus sonhos seria realidade sem vocês, obrigada por ajudar a construir cada um deles. Sem vocês eu não teria conseguido chegar até aqui e, ainda que chegasse por um caminho sem dúvida mais longo e mais difícil, não teria o mesmo prazer. Vocês são a razão de tudo. Obrigada meu cunhado, Dr. João, você também faz parte desses sonhos.

Meu amor, Lobão, obrigada por todos os cafés e lanches, pelos fins de semana em casa me assistindo digitar e ler, você também tornou o percurso mais fácil, obrigada por me dar apoio e carinho tão necessários nos piores dias, os meus sonhos também são seus.

Minhas amigas Sarah e Nereide, anjos que apoiaram esta jornada, quantas vezes precisamos dizer umas às outras, “vai dar tudo certo”! E dará, para cada uma de nós. Vocês são um presente que a vida deu, dos encontros mais especiais dos últimos anos, Adriano também, não poderia jamais ser esquecido. Obrigada pelo carinho e pela generosidade de vocês.

Meu orientador, João, agradecer 1 milhão de vezes a paciência e a contribuição, ainda não seriam suficientes. Obrigada por cada conselho, pela orientação para realização desta pesquisa e pela incansável gentileza e humildade, você é uma pessoa muito especial.

Obrigada, Elissandro, Kariny e Pedro! Quantas viagens loucas e divertidas a bordo do “mestrdomóvel” tornaram tudo mais colorido e leve, dá vontade de fazer tudo de novo. Que a vida coloque mais interseções em nossos caminhos.

Ao professor Frederico, pelo aconselhamento e sugestões de leitura, que contribuíram imensamente para o amadurecimento do meu trabalho, muito obrigada.

Por fim, aos demais professores da Universidade e do Programa, aos colegas de classe pelos inúmeros divertidos encontros, aos amigos e familiares não citados. Em cada sonho que se realiza há uma lista de nomes muito extensa, e quanto mais preenchemos a jornada desses nomes que lembramos com carinho, mais valeu a pena. Aos muitos outros da minha lista, sintam-se prestigiados também, muito, muito obrigada!

“(…) Não adianta parar o meu sonho, porque quando eu parar de sonhar, eu sonharei pela cabeça de vocês e pelos sonhos de vocês. (...) Eles têm de saber que a morte de um combatente não para a revolução.”

Luís Inácio LULA da Silva

Sumário

RESUMO	8
ABSTRACT	9
LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE FIGURAS	11
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1. A paisagem e a abordagem sistêmica	17
2.2. Contribuições dos estudos geoambientais para o Planejamento Ambiental.....	19
2.3. Sistemas de informações geográficas e estudos geoambientais	23
2.4. Vulnerabilidade à erosão	25
3. OBJETIVOS	29
3.1. Objetivo Geral	29
3.2. Objetivos Específicos	29
4. MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1. Área de estudo	30
4.2. Indicadores de Vulnerabilidade Ambiental.....	33
4.3. Cartas Base	36
4.4. Carta Síntese (Mapa de Vulnerabilidade).....	39
4.5. Refinamento do mapa final e análise de agrupamento para ordenamento territorial	39
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1. Mapa Geológico	41
5.2. Mapa Pedológico	43
5.3. Mapa de Declividade	46
5.4. Mapa de Uso e Ocupação do Solo.....	48
5.5. Mapa de Vulnerabilidade Ambiental	52
5.6. Refinamento do mapa de vulnerabilidade e análise de agrupamento territorial .	56
6. CONCLUSÕES	65
7. REFERÊNCIAS	66

Vulnerabilidade Ambiental à Erosão do Município de Teixeira de Freitas - BA

RESUMO

As dimensões do conceito de Vulnerabilidade Ambiental são tipologias de informação cruciais para o planejamento da gestão de dado território. O estado de vulnerabilidade do ambiente deveria ser considerado decisivo na elaboração de instrumentos de planejamento ambiental. Este trabalho tem como objetivo indicar o estado de vulnerabilidade ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas-BA cujo território sofreu intenso desmatamento, seguido da exploração pecuária e altíssimo incremento populacional, especialmente nos últimos setenta anos. As cartas temáticas e demais produtos utilizaram dados disponíveis de diversas fontes, como IBGE, CPRM, Fórum Florestal do Extremo Sul da Bahia e imagens do satélite Alos Palsar. O processamento digital foi realizado nos softwares ArcGIS versão 10.7 e QGIS versão 2.18. Os sistemas de referência e coordenadas adotado foi o SIRGAS 2000 UTM 24S. As variáveis selecionadas, geradoras das cartas base foram: Geologia, Solos, Declividade e Uso e Ocupação do Solo. Para as várias classes dessas variáveis estabeleceram-se valores de vulnerabilidade que variaram de 1 (menor vulnerabilidade) a 5 (maior vulnerabilidade), com base em proposta metodológica elaborada e já replicada por outros autores em regiões próximas ao território em análise. O Mapa de Vulnerabilidade Ambiental à erosão foi produto da sobreposição das cartas base, com a soma dos valores atribuídos às suas respectivas classes, resultando numa escada de vulnerabilidade dividida em cinco intervalos: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta vulnerabilidade. As classes geológicas e pedológicas presentes no município apresentaram valores de baixa a média vulnerabilidade na maior parte de sua extensão, já que a cobertura geológica é antiga, formada por tipos litológicos estáveis e os solos são também antigos e bem desenvolvidos. Os fatores mais determinantes para os trechos de alta vulnerabilidade do mapa final foram as regiões de declividades elevadas e as formas mais vulneráveis de uso e ocupação do solo. A cobertura florestal remanescente é muito pequena e encontra-se em estágio inicial ou médio de restauração, com a maior parte do território do município ocupada por pastagens. Após a geração do mapa de vulnerabilidade final, foi realizado o refinamento e agrupamento de áreas isoladas com até 40, 100, 200, 500, 1.000 e 2.000 pixels, com o objetivo de tornar o mapa mais operacional do ponto de vista do gerenciamento do território. Entretanto, a adoção de um ou outro tratamento depende em muito da finalidade do uso. Recomenda-se para a elaboração de políticas públicas ao nível municipal a adoção do tratamento com agrupamento de áreas de até 200 pixels, o que corresponde a remoção de feições isoladas com extensão de até 3,13 ha, visto que nos demais tratamentos ocorre séria e progressiva diminuição das áreas de alta vulnerabilidade, prioritárias para os investimentos públicos. Espera-se que este trabalho possa contribuir para o planejamento ambiental no município, podendo também servir de base para a elaboração de zoneamentos.

Palavras-chave: Cartografia, Geoprocessamento, Planejamento Ambiental.

Environmental Vulnerability to erosion of the Municipality of Teixeira de Freitas - BA

ABSTRACT

The dimensions of the concept of Environmental Vulnerability are types of information that are crucial for planning the management of a given territory. The state of vulnerability of the environment should be considered decisive in the development of environmental planning instruments. This work aims to indicate the state of environmental vulnerability to erosion in the municipality of Teixeira de Freitas-BA, whose territory suffered intense deforestation, followed by cattle ranching and a very high population increase, especially in the last seventy years. Thematic letters and other products used data available from several sources, such as IBGE, CPRM, Forest Forum of the Extreme South of Bahia and images from the Alos Palsar satellite. Digital processing was performed using ArcGIS software version 10.7 and QGIS version 2.18. The reference and coordinate systems adopted was the SIRGAS 2000 UTM 24S. The selected variables, generating the base maps were: Geology, Soils, Declivity and Land Use and Occupation. Vulnerability values were established for the various classes of these variables, which ranged from 1 (lowest vulnerability) to 5 (highest vulnerability), based on a methodological proposal developed and already replicated by other authors in regions close to the territory under analysis. The Environmental Vulnerability to erosion Map was the product of the overlapping of the base cards, with the sum of the values assigned to their respective classes, resulting in a vulnerability ladder divided into five intervals: very low, low, medium, high and very high vulnerability. The geological and pedological classes present in the municipality showed values of low to medium vulnerability in most of its extension, since the geological cover is old, formed by stable lithological types and the soils are also old and well developed. The most determining factors for the highly vulnerable sections of the final map were the regions with high slopes and the most vulnerable forms of land use and occupation. The remaining forest cover is very small and is in the initial or medium stage of restoration, with most of the municipality's territory occupied by pastures. After the generation of the final vulnerability map, refinement and grouping of isolated areas with up to 40, 100, 200, 500, 1,000 and 2,000 pixels was carried out, in order to make the map more operational from the point of view of territory management . However, the adoption of one or the other treatment depends a lot on the purpose of the use. It is recommended for the elaboration of public policies at the municipal level the adoption of the treatment with grouping of areas of up to 200 pixels, which corresponds to the removal of isolated features with an extension of up to 3.13 ha, since in the other treatments there is serious and progressive decrease in areas of high vulnerability, which are priorities for public investments. It is hoped that this work can contribute to environmental planning in the municipality, and can also serve as a basis for the preparation of zoning.

Keywords: Cartography, Geoprocessing, Environmental Planning.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Variáveis utilizadas na determinação da Vulnerabilidade Ambiental.	34
Tabela 2: Valores de Vulnerabilidade Ambiental atribuídos às classes de litologia de Teixeira de Freitas-BA.....	36
Tabela 3: Valores de Vulnerabilidade Ambiental atribuídos às classes de solos.	37
Tabela 4: Valores de Vulnerabilidade Ambiental atribuídos aos intervalos de declividade.....	38
Tabela 5: Valores de Vulnerabilidade Ambiental para as categorias de uso do solo de Teixeira de Freitas-BA.....	38
Tabela 6: Intervalos das classes de Vulnerabilidade Ambiental.	39
Tabela 7: Vulnerabilidade das Unidades Geológicas.....	42
Tabela 8: Associações de Solos presentes no município de Teixeira de Freitas-BA.....	43
Tabela 9: Vulnerabilidade das associações de Solos.	45
Tabela 10: Vulnerabilidade associada à Declividade.....	47
Tabela 11: Áreas de uso e ocupação do solo no município de Teixeira de Freitas-BA em 2018.	49
Tabela 12: Vulnerabilidade associada ao Uso e Ocupação do Solo.	51
Tabela 13: Estado de Vulnerabilidade Ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas-BA.	53
Tabela 14: Estado de Vulnerabilidade Ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas-BA, após refinamento e agrupamento de áreas menores que 40 pixels.	58
Tabela 15: Estado de Vulnerabilidade Ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas-BA, após refinamento e agrupamento de áreas menores que 100 pixels.	59
Tabela 16: Estado de Vulnerabilidade Ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas-BA, após refinamento e agrupamento de áreas menores que 200 pixels.	60
Tabela 17: Estado de Vulnerabilidade Ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas-BA, após refinamento e agrupamento de áreas menores que 500 pixels.	61
Tabela 18: Estado de Vulnerabilidade Ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas-BA, após refinamento e agrupamento de áreas menores que 1.000 pixels.	62
Tabela 19: Estado de Vulnerabilidade Ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas-BA, após refinamento e agrupamento de áreas menores que 2.000 pixels.	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do município de Teixeira de Freitas no Território de Identidade do Extremo Sul da Bahia.	31
Figura 2: Fluxograma com as etapas metodológicas da pesquisa.	33
Figura 3: Fluxograma do tratamento e elaboração das cartas-base e síntese.	35
Figura 4: Feições litológicas predominantes no município de Teixeira de Freitas-BA.	41
Figura 5: Vulnerabilidade das Unidades Geológicas no município de Teixeira de Freitas-BA.	42
Figura 6: Solos predominantes no município de Teixeira de Freitas-BA.	44
Figura 7: Vulnerabilidade das associações de Solos no município de Teixeira de Freitas-BA.	45
Figura 8: Espacialização da vulnerabilidade associada à Declividade no município de Teixeira de Freitas-BA.	46
Figura 9: Mapa de Uso e Ocupação do Solo no município de Teixeira de Freitas-BA em 2018.	48
Figura 10: Vulnerabilidade dos diferentes usos e ocupação do solo para o município de Teixeira de Freitas-BA.	51
Figura 11: Mapa de Vulnerabilidade Ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas - BA.	52
Figura 12: Trecho do mapa de vulnerabilidade sem tratamento (A) e com refinamento e agrupamento de áreas menores que 40 pixels (B), 100 pixels (C), 200 pixels (D), 500 pixels (E), 1.000 pixels (F) e 2.000 pixels (G).	57
Figura 13: Mapa de Vulnerabilidade Ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas - BA após refinamento e agrupamento de áreas menores que 40 pixels.	58
Figura 14: Mapa de Vulnerabilidade Ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas - BA após refinamento e agrupamento de áreas menores que 100 pixels.	59
Figura 15: Mapa de Vulnerabilidade Ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas - BA após refinamento e agrupamento de áreas menores que 200 pixels.	60
Figura 16: Mapa de Vulnerabilidade Ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas - BA após refinamento e agrupamento de áreas menores que 500 pixels.	61
Figura 17: Mapa de Vulnerabilidade Ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas - BA após refinamento e agrupamento de áreas menores que 1.000 pixels.	62

Figura 18: Mapa de Vulnerabilidade Ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas - BA após refinamento e agrupamento de áreas menores que 2.000 pixels. 63

1. INTRODUÇÃO

O século XXI tem sido marcado por forte apelo em relação à utilização sustentável dos recursos naturais, que contrasta com intensa busca pelo desenvolvimento econômico pautado no consumismo e constante crescimento demográfico. O consumo, nos moldes atuais, em tempos de acelerada obsolescência planejada – material e simbólica – tem levado à exploração de cada vez mais recursos para produção de mais produtos, para um número cada vez maior de consumidores (MEDINA et al., 2007).

Ocorre ainda que as múltiplas formas de apropriação dos territórios nas mais variadas regiões da Terra, frequentemente se dão sem reflexão prévia acerca das potencialidades e limitações naturais dos espaços geográficos e, ainda, sem planejamento ou prospecção das consequências da exploração humana, trazendo a perda de serviços ecossistêmicos. Desses serviços, benefícios diretos e indiretos obtidos pelo ser humano a partir dos ecossistemas, as atividades econômicas, a coesão das sociedades e o bem-estar humano são profunda e irremediavelmente dependentes (MEA, 2005; ANDRADE e ROMEIRO, 2009).

Portanto, conhecer a capacidade de suporte dos sistemas ambientais às atividades das sociedades humanas, frente os diferentes tipos de uso do solo, passando pelo levantamento e análise dos atributos da paisagem é imprescindível para o planejamento da utilização e gestão da mesma. Foi justamente diante da necessidade de incorporação das atividades humanas e do tratamento multidisciplinar da questão ambiental, que a abordagem sistêmica dentro da geografia física surgiu na década de 1950 por influência de ideias neopositivistas, sendo uma das que mais ganharam adeptos. Atualmente, ainda que estudos com enfoques sistêmicos careçam de conteúdo político, têm se esforçado na aplicação de modelos integrados que tentam abarcar a complexidade da realidade (SOUTO, 2016).

Neste cenário, estudos geoambientais, utilizando-se da cartografia, de Sistemas de Informação Geográfica – SIG, e de bancos de dados, têm como um de seus principais objetivos o fornecimento a administradores, planejadores e outros profissionais que atuam na área do ordenamento e desenvolvimento territorial, de informações integradas sobre as principais características do meio físico e seu comportamento frente às várias formas de uso e ocupação (MEDINA et al., 2007).

A investigação dos fatores de pressão ambiental relacionados à ocupação humana e a susceptibilidade de um território sofrer danos em decorrência desses fatores indica seu

estado de Vulnerabilidade Ambiental. Assim, o conhecimento desta dinâmica auxilia na priorização de investimentos públicos, normalmente escassos, em diferentes regiões do país (FIGUEIREDO et al., 2007), como também de investimentos privados. Para tanto, deve-se levar em conta estudos relacionados à sensibilidade dos ambientes a mudanças, que abordem aspectos da vulnerabilidade, considerados importantes para sustentabilidade e promoção da melhoria da qualidade ambiental (RIBEIRO et al., 2016).

Investigações sobre Vulnerabilidade Ambiental tornam-se importantes instrumentos de estudo do espaço geográfico, além de contribuir para o planejamento por meio de uma análise integrada entre aspectos sociais e naturais (NUNES e AQUINO, 2018). Muitas dessas investigações têm utilizado a abordagem sistêmica para compreender as vulnerabilidades de diferentes sistemas a distintos riscos como, por exemplo, risco climático (VALVERDE, 2017); risco à erosão (FUSHIMI, 2013), risco a inundações (PRATES e AMORIM, 2017), entre outros.

A cidade de Teixeira de Freitas foi elevada à categoria de município, pela Lei Estadual n.º 4.452, de 09/05/1985 (BAHIA, 1985), completando 35 anos de existência em 2020. Assim como muitas das cidades brasileiras, cresceu sem planejamento ambiental, sendo que áreas urbanas e rurais foram organizadas e estabeleceram-se segundo critérios arbitrários do ponto de vista da proteção ambiental e do uso sustentável da terra.

Tendo sido desmembrada dos municípios de Alcobaça e Caravelas, de acordo com Rocha (2015), o espaço onde se localiza a área urbana do município hoje, não passava de uma área coberta pela floresta atlântica, matas e brejos, só possível de se alcançar através de trilhas por dentre as matas ou pelos trechos navegáveis do rio Itanhém até meados de 1950 quando se inicia a exploração de madeira.

Cerca de 46 anos mais tarde, o município de Teixeira de Freitas já contava com uma população residente de 96.512 habitantes, em 1996, (IBGE, 1996). No Censo de 2010, esse contingente passou para 138.341 pessoas e atualmente possui estimativa de 160.487 pessoas (IBGE, 2019a). O incremento populacional, que foi de 66,29% em relação ao ano de 1996, trouxe consigo a intensificação dos processos de urbanização e aumento da exploração dos recursos naturais, ainda que estes também sejam influenciados por outros fatores como a dinâmica comercial externa, a exemplo da demanda por matéria prima e produtos.

O acelerado processo de desmatamento da Mata Atlântica deu lugar às pastagens, que foi ao longo dos anos a forma predominante de uso do solo na região, com destaque

também para outras atividades econômicas como a agricultura e, mais recentemente, a silvicultura de Eucalipto (ALMEIDA, 2009).

O contexto em que o município de Teixeira de Freitas se desenvolveu, a perspectiva de crescimento populacional, e a distribuição das atividades agrossilvipastoris, que não levam em conta as vulnerabilidades ambientais, justificam a necessidade do estudo de caracterização e análise do território, tendo em vista a relação sociedade e natureza e o fato de que investigações desse tipo ainda não foram realizadas no território em questão.

O Plano Diretor de Teixeira de Freitas foi sancionado por meio da Lei nº 310/2003 (TEIXEIRA DE FREITAS, 2003a), entretanto, não houve a realização de estudos ou mesmo a análise bibliográfica dos temas aqui abordados que servissem de embasamento, fosse com o intuito de avaliar o estado de vulnerabilidade do território, ou sequer de descrever as características físicas, biológicas e sociais do município. Não constam nas referências desta Lei quaisquer documentos dessa natureza. O mesmo ocorre em relação à Lei nº 311/2003 (TEIXEIRA DE FREITAS, 2003b), que dispõe sobre loteamento e parcelamento do solo, e à Lei nº 312/2003 (TEIXEIRA DE FREITAS, 2003c), que discorre sobre zoneamento, uso e ocupação do solo.

O reconhecimento da paisagem como valor intrínseco da natureza humana, e objeto de tutela por meio de normatização legal, é elemento importante para o ordenamento e construção do bem comum. A sociedade brasileira tem confiado na legislação urbanística, em especial o Plano Diretor Municipal, para reconhecimento e valorização da paisagem local e que além deste, outros objetivos da política urbana são atribuições do mesmo instrumento legal, conforme a Constituição Federal, para todos os municípios com mais de 20 mil habitantes (CAETANO e ROSANELI, 2019).

De acordo com Souza (2013), ao entender Vulnerabilidade Ambiental como a maior ou menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado pela ação antrópica, a avaliação da capacidade de suporte da paisagem é necessária para se evitar o comprometimento dos recursos naturais e a potencialização de processos morfogênicos negativos.

Assim sendo, o objetivo deste trabalho é aferir o estado de Vulnerabilidade Ambiental do município. As dimensões físicas, biológicas, geológicas e antrópicas adotadas para compreensão do território permitem a análise da vulnerabilidade sob um enfoque sistêmico, uma vez que estão impregnadas das relações humanas, historicamente estabelecidas, que alteram a dinâmica natural.

Para uma avaliação crítica e (re)orientadora da gestão ambiental é necessário o conhecimento do estado de Vulnerabilidade Ambiental do território, contribuindo para a melhoria e/ou implementação de instrumentos de planejamento urbano e rural coerentes com a realidade do município de Teixeira de Freitas. Espera-se que os dados gerados possam contribuir para melhor gestão do território além de fornecer informações relevantes para estudos correlatos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. A paisagem e a abordagem sistêmica

Cabe destacar que categorias como espaço geográfico, território e paisagem possuem acepções distintas com definições que se interceptam, e apresentam diferenças ou similitudes essenciais entre si, uma vez que são historicamente definidas, passíveis de flexibilização e mudança. Para Santos (2001), o espaço engloba a categoria da paisagem enquanto funcionalização da estrutura técnico-produtiva e a sociedade total, formação social que o anima, ao mesmo tempo em que sua atualidade compreende o passado ora cristalizado como objetos geográficos atuais.

O espaço reproduz a totalidade através das transformações determinadas pela sociedade, sendo organizado pelo homem vivendo em sociedade, enquanto que o território pode ser entendido como uma área determinada por relações de poder (SANTOS, 1979), perspectivas adotadas neste trabalho.

O conceito de paisagem natural, no qual se assenta a abordagem sistêmica, é entendido por sua vez como uma realidade onde elementos estão dispostos de tal forma que subsistem ao todo, e o todo subsiste aos elementos, não como objetos caoticamente misturados, mas com conexões harmônicas de estrutura e função. A paisagem é, portanto, um espaço físico, mas também um sistema de recursos naturais nos quais se integra a sociedade em um binômio inseparável entre a sociedade e a natureza (RODRIGUEZ et al., 1995).

Perturbações - de origem antrópica ou mesmo natural - capazes de provocar degradação no sistema natural interferem na harmonia dessas conexões, ou seja, a degradação acarreta a perda de atributos e propriedades sistêmicas que garantem o cumprimento das funções geológicas e a atividade desses mecanismos de autorregulação da paisagem, e podem ocorrer naturalmente ou em decorrência da ação antrópica. O enfoque antropogênico na análise das paisagens diz respeito ao estudo dos problemas relacionados a sua modificação e transformação, considerando a interferência antrópica sobre elas (RODRIGUEZ et al., 2017).

Sobre isto, Ross (2006) afirma:

[...] As inserções humanas, por mais estruturadas que possam ser, não criam natureza, não modificam as leis da natureza, apenas interferem nos fluxos de energia e matéria alterando suas intensidades, forçando a

natureza a encontrar novos pontos de equilíbrio funcional (ROSS, 2006, p. 56).

A importância da abordagem sistêmica na Geografia deve-se ao fato de que ela se insere na própria necessidade de reflexão sobre a apreensão analítica do complexo ambiental, através da evolução e interação de seus componentes, sendo nesse contexto que surgem as propostas de cunho sistêmico e sua fundamentação integrada da abordagem do objeto de estudo, e do entendimento do todo (sistema) e de sua inerente complexidade (VICENTE e PEREZ FILHO, 2003).

Segundo Rodriguez et al. (2017), a partir da visão sistêmica, concebe-se a paisagem como um sistema integrado, no qual cada componente isolado não possui propriedades integradoras, as quais somente desenvolvem-se quando estuda-se a paisagem como um sistema total. A abordagem geossistêmica assenta-se na compreensão da paisagem como geossistema, ou seja, uma formação complexa, um conjunto inter-relacionado de formações naturais e antropogênicas.

Com base nos preceitos teóricos anexos ao conceito de geossistema e em harmonia com o crescimento da problemática ambiental, a Geografia passa à era da análise ambiental, expressa na realização dos diagnósticos, zoneamentos, avaliações de impactos e cartas de vulnerabilidade. A perspectiva geossistêmica possibilitou o surgimento de planejamentos físico-territoriais que abrangem não apenas o panorama econômico-social, mas também o ambiental (SOUZA, 2013).

O enfoque sistêmico destaca as relações de interdependência entre os componentes do meio físico, considerando a paisagem como resultante da combinação dinâmica dos seus elementos físicos, biológicos e antrópicos, os quais reagem dialeticamente uns sobre os outros (LOSSARDO, 2010). Desta forma, a abordagem sistêmica propõe-se a analisar a totalidade do espaço, lançando mão de variáveis definidas pelas características físicas, biológicas e humanas, capazes de revelar as alterações no comportamento do sistema.

Segundo Lima (2015) foi a necessidade de um entendimento mais detalhado da interação entre a sociedade e a natureza que contribuiu para o surgimento de uma nova abordagem que fosse capaz de substituir a tradicional concepção de pensamento mecânico, na qual a realidade representa um universo estático e harmônico de perfeito funcionamento dos eventos naturais dentro das leis físicas.

Toda paisagem possui uma configuração espacial e temporal em função do arranjo e das inter-relações entre todos os seus componentes, os quais, quando modificados

alteram também a estrutura da paisagem (SANTOS, 2007). Sobre isto a autora afirma ainda que:

As noções de qualidade ambiental compreendem uma ideia de harmonia entre o homem e o meio e de bom funcionamento. O arranjo na paisagem resultante do uso da terra indica um conjunto de funções vividas pela população de um município, por exemplo, que pode sobrepujar as funções ecológicas. Uma melhor qualidade ambiental só será obtida quando o processo de ocupação e de interferências dos usos humanos for considerado harmônico com os arranjos e funções imprescindíveis das dinâmicas naturais. Para entender os principais aspectos dessa complexidade é necessário reconhecê-los, sendo os exercícios de interpretação da paisagem um caminho produtivo para orientar as futuras intervenções (SANTOS, 2007, p. 24).

Compreender a totalidade dessa conformação é tarefa complexa. Conforme observa Mendonça (2001) o tratamento dos aspectos sociais e naturais dentro da geografia constitui-se em um dos grandes problemas desde a sua origem. Haja vista a dificuldade da análise ou do trabalho conjunto destes dois elementos, quando se poderia imaginar que tal divisão seria superada, ela se tornou mais evidente e se configura atualmente com um dos mais fortes problemas para a unicidade desta ciência.

Por isso mesmo a aplicação e compreensão da abordagem sistêmica em seu enredamento, assim como seu peso paradigmático para a ciência em geral e para a Geografia e demais ciências que tratam do território, nos colocam questões vitais sobre seu desenvolvimento e aprimoramento através de sua aplicação e reavaliação constantes (VICENTE e PEREZ FILHO, 2003).

Num enfoque sistêmico a análise da paisagem diz respeito ao conjunto de métodos e procedimentos técnico-analíticos que permitem conhecer e explicar a estrutura da paisagem, assim como estudar suas propriedades, índices e parâmetros sobre a dinâmica, a história do desenvolvimento, os estados, os processos de formação e transformação e a pesquisa das paisagens naturais como sistemas manejáveis e administráveis (RODRIGUEZ et al., 2017).

2.2. Contribuições dos estudos geoambientais para o Planejamento Ambiental

De acordo com Ross (1998), o Planejamento Ambiental pode ser definido como:

[...] um enfoque aprimorado dos anteriormente definidos como planejamentos regionais, municipais e urbanos, que se caracterizam, sobretudo, com ênfase no desenvolvimento econômico e a seu reboque, as melhorias das condições sociais nem sempre alcançadas. A diferença

qualitativa entre o planejamento ambiental, que ora se inicia no Brasil, é basicamente dada pela aplicação do conceito de desenvolvimento sustentado (ROSS, 1998, p. 384)

Para o autor, diferentemente do conceito de planejamento para o desenvolvimento como crescimento econômico, o planejamento ambiental engloba o desenvolvimento econômico e social, e considera as potencialidades e fragilidades naturais visando o estabelecimento de relações harmônicas entre natureza e sociedade.

Os esforços em torno deste último são resultado da competição por terras, água, recursos energéticos e biológicos. Competição esta que gerou a necessidade de organizar o uso da terra e compatibilizar esse uso com a proteção de ambientes ameaçados e melhoraria da qualidade de vida das populações. Entretanto, não existe ainda uma definição precisa para o planejamento ambiental, muito menos um consenso sobre a divisão e denominação das fases do planejamento (SANTOS, 2004).

Franco (2008) ressalta que o planejamento das ações humanas (da antropização) no território deve levar em conta a capacidade de sustentação dos ecossistemas aos níveis local e regional, sem perder de vista as questões de equilíbrio das escalas maiores, tais como a continental e a planetária – que cada vez mais definem os processos locais e regionais -, visando à melhora da qualidade de vida humana dentro de uma ética ecológica. O planejamento ambiental é, portanto, também um planejamento territorial estratégico, econômico-ecológico, sociocultural, agrícola e paisagístico.

É essencial que a preocupação com o planejar leve em conta os interesses sociais e interesses ambientais, pois o ser humano é um elemento social e, também, um ser animal que não sobrevive sem os componentes da natureza necessários ao seu suporte. A questão ambiental é também social, pois é nesse ambiente natural que o homem, como ser ativo, organiza-se socialmente. Desse modo, tratar da questão ambiental, esquecendo-se do ser humano como ser social e agente modificador dos ambientes naturais ou, tratar o social, desmerecendo o ambiental é negar a própria essência humana – sua inteligência. (ROSS, 2003).

Para Santos (2004), o planejamento ambiental consiste no ajustamento de ações à potencialidade, vocação local e à sua capacidade de suporte, buscando o desenvolvimento harmônico da região e a manutenção da qualidade do ambiente físico, biológico e social. Este trabalha, enfaticamente, sob a lógica da potencialidade e fragilidade do meio, definindo e espacializando ocupações, ações e atividades, de acordo com essas características. A autora assevera ainda que as demandas sociais devem ter prioridade

sobre as econômicas, e as restrições do meio devem ter prioridade sobre estas duas. Isto é, o capital natural não deve sofrer declínio, as fontes naturais devem ser mantidas acima de um nível considerado crítico, já que a manutenção da capacidade humana de gerar bem estar depende delas, segundo uma versão forte da sustentabilidade (SILVA, 2018).

Marino e Lehueur (2007) destacam ainda que estas potencialidades dizem respeito às riquezas naturais presentes no espaço geográfico, ou seja, recursos hídricos, potencialidades edáficas, características geomorfológicas e fitogeográficas, condições climáticas e patrimônio paisagístico, dentre outras. Enquanto, que as limitações estão relacionadas às restrições e fragilidades das unidades e subunidades quanto à capacidade de suporte (uso e ocupação) do solo, características pluviométricas, balanço hídrico, susceptibilidade à erosão e estado de conservação.

Nesse sentido, Tricart (1977) afirma que a gestão de recursos ecológicos deve ter por objetivo a avaliação do impacto da inserção da tecnologia humana no ecossistema. Deve-se determinar a taxa aceitável de extração de recursos, sem degradação do ecossistema, ou determinar quais as medidas devem ser tomadas para permitir uma extração mais elevada sem degradação.

Logo, o reconhecimento, compreensão e o mapeamento das múltiplas variáveis que compõem o meio físico-natural são essenciais para alicerçar ações de planejamento ambiental e territorial (SILVEIRA et al., 2014). Conforme Rodriguez et al. (2017):

As propriedades sistêmicas da paisagem (estrutura, funcionamento, dinâmica e evolução) representam em si os mecanismos e as vias mediante as quais se forma, origina e se sustenta a eficiência ecológica do sistema. Não é possível calcular os valores, benefícios e custos ambientais, se não se conhecem as características e funções das paisagens (geossistemas), vistas como sistemas ambientais que constituem a base geocológica espaço-temporal dos sistemas políticos, econômicos e sociais nos quais se pretende incorporar a sustentabilidade ambiental (RODRIGUEZ et al., 2017, p. 206).

É preciso conhecer a capacidade de suporte da paisagem ou, entender as restrições impostas pelo meio. Para prover o conhecimento do meio físico, dada sua complexidade, no que tange ao seu uso e ocupação, faz-se necessária ainda uma abordagem interdisciplinar integrada, que pode ser aplicada e detectar possíveis problemas ambientais em vários municípios brasileiros (PONTE e FURTADO, 2014).

Rodriguez e Silva (2002) asseveram que nas atuais condições de crise ambiental e da civilização, quando há uma perda da capacidade produtiva dos sistemas econômicos, tem-se urgência em repensar os modelos e estilos de desenvolvimento. A sustentabilidade

é vista como um paradigma no sentido de rever as interações da sociedade com a natureza, e converte-se na bússola para a implementação dos processos de planejamento e gestão ambiental e territorial. O que exige a aplicabilidade de sólidas fundamentações teóricas e metodológicas, sustentadas em visões holísticas, integradoras e sistêmicas das unidades ambientais, naturais e sociais.

De acordo com Rodriguez et al. (2017), a geoecologia da paisagem propicia, fundamentos sólidos na elaboração das bases teóricas e metodológicas do planejamento e gestão ambiental e na construção de modelos teóricos para incorporar a sustentabilidade ao processo de desenvolvimento. A análise dos mecanismos de auto regulação dos geossistemas tem um inestimável valor prático, nos trabalhos de planejamento ambiental e em particular na avaliação de impactos ambientais e outros tipos de avaliações ambientais.

Para Silva e Dantas (2010) a geologia ambiental interage com a geografia, a biologia, a geomorfologia, a agronomia, a química, a medicina e outras ciências para estabelecer e definir os relacionamentos entre os diversos meios que integram os sistemas da paisagem e sua importância está diretamente relacionada à capacidade de apoio à gestão ambiental e ao planejamento e ordenamento territorial.

Por exemplo, Diniz et al. (1999) mostram que a natureza variada dos terrenos (categoria geológica-geotécnica descrita pelas formas de relevo, características de solo e rocha) é determinada pela composição de fatores envolvidos nos processos da dinâmica superficial e subsuperficial sendo que a atuação de forças da gravidade e de agentes como a água modifica a paisagem que está em constante transformação, mas a ação humana acelera e intensifica estes processos.

Por isso mesmo, a consideração exclusiva de condicionantes naturais não permitirá encontrar respostas efetivas nem uma previsibilidade quanto ao comportamento dos terrenos. Se considerarmos o desempenho dos terrenos em função dos processos deflagrados pela intervenção humana, teremos melhores condições de atender a solução dos problemas ambientais, sejam urbanos ou regionais.

Neste sentido, os estudos geoambientais, embora recentes, cada vez mais ganham espaço nas discussões acerca da Geografia, pois apresentam como característica marcante a integração entre os aspectos que compõem o meio natural, diante da presença da ocupação e atividades humanas, agregando ainda reflexões acerca das fragilidades advindas desta interação, como também sugerindo alternativas a respeito de um melhor aproveitamento destes espaços, na condição de potencialidades (MENEZES et al., 2011).

Vedovello (2004) assevera que a cartografia geoambiental difere da cartografia geotécnica tradicional justamente porque compreende, além dos aspectos já citados, os perigos, riscos, impactos e conflitos decorrentes da interação entre as ações humanas e o ambiente fisiográfico, sendo capaz de se debruçar sobre essas questões mais subjetivas e não menos importantes.

2.3. Sistemas de informações geográficas e estudos geoambientais

Conforme Silva (2003), os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são usualmente aceitos como sendo tecnologia que possui ferramental necessário para realizar análises com dados espaciais e, portanto, oferece, ao ser implementado, alternativas para entendimento da ocupação e utilização do meio físico, compondo o chamado universo das Geotecnologias, ao lado do Processamento Digital de Imagens e da Geoestatística.

De acordo com Rodriguez et al. (2017), o objetivo fundamental dos SIG é a manifestação territorial, espacial e regional da informação, a qual é alcançada graças à utilização dos materiais cartográficos como fonte de informação e objeto de formalização dos trabalhos. Sendo que uma exigência básica na elaboração dos informativos dos SIG é a conjunção (unificação) territorial dos dados e informações, utilizando-se como fundamento metodológico geral o enfoque sistêmico, tanto para a obtenção da informação, como para a interpretação de seu conteúdo.

Os autores asseveram ainda que os aplicativos sobre a paisagem em um SIG devem incluir a estrutura vertical dos componentes e as partes morfológicas da paisagem (unidades inferiores); o estado da paisagem; as modificações e transformações antropogênicas da paisagem; o transporte hídrico, aéreo, gravitacional e biótico da paisagem. Informações são introduzidas nos SIG por meio da redução de legendas dos mapas, e a estruturação de parâmetros quantitativos que refletem as propriedades da paisagem.

Os SIG permitem realizar análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados, tornando possível ainda automatizar a produção de documentos cartográficos. Pode-se apontar pelo menos quatro grandes dimensões dos problemas ligados aos Estudos Ambientais onde é grande o impacto do uso da tecnologia de Sistemas de Informação Geográfica: Mapeamento Temático, Diagnóstico Ambiental, Avaliação de Impacto Ambiental, Ordenamento Territorial e os

Prognósticos Ambientais (OLIVEIRA, 2018; CÂMARA e MEDEIROS, 2001; MEDEIROS e CÂMARA, 2001).

Entretanto, em relação ao zoneamento geoambiental, por exemplo, Oliveira (2018) assevera que há, em termos metodológicos, a problemática da inexistência de conceitos e de uma metodologia própria estabelecida, de modo que os pesquisadores escolhem os atributos naturais que são de interesse de sua pesquisa e utilizam o termo geoambiental para determiná-lo. O mapeamento geoambiental é entendido como uma metodologia empregada para determinar classes do terreno que possuem características geológicas e geomorfológicas distintas e conseqüentemente distintos padrões de fragilidade e potencialidade. Mas ainda não existe uma metodologia específica que determine quais parâmetros e metodologias são necessários para se obter um mapeamento desta natureza.

Oliveira (2018) afirma ainda que como a avaliação geoambiental pressupõe a consideração de diversos fatores, o cruzamento dessas variáveis, como prevê a combinação de mapas, constitui-se um problema complexo, já que cada fator condiciona uma influência distinta. Destacam-se entre as ferramentas de apoio à decisão, incorporadas dentro dos SIG, os métodos de avaliação por múltiplos critérios, podendo ser utilizadas diversas metodologias à exemplo da *booleana*, onde os fatores condicionantes são convertidos para a forma binária e das abordagens não *booleanas* como a WLC (*Weighted Linear Combination* – combinação linear ponderada) e a OWA (*Ordered Weighted Average* – média ponderada ordenada). A seleção dos fatores a serem incorporados na análise também é difícil no caso da avaliação por múltiplos critérios, pois a utilização de poucas variáveis pode levar à desconsideração de aspectos importantes e, por outro lado, um número grande de fatores pode aumentar desnecessariamente o tempo de processamento, bem como o esforço na análise e interpretação de resultados.

A análise cuidadosa a partir da sobreposição de mapas temáticos, pode auxiliar grandemente na compreensão das repostas dadas pelo meio diante de uma intervenção (SANTOS, 2007). Atualmente, dentro da abordagem sistêmica e da análise multicritério é possível elencar uma gama de seleção de fatores, escolha de cartas básicas e cartas síntese, e metodologias de análise e apresentação de resultados distintas. Quando adotam-se os mesmo referenciais, ainda assim encontramos diferenças substanciais de um trabalho para o outro, uma vez que cada pesquisa altera os padrões de investigação ao realizar suas próprias adaptações, a depender do objetivo, escala adotada e dados disponíveis.

Ao analisar o problema dos conceitos e parâmetros usados para produzir análises, mapeamentos e zoneamentos geoambientais, Oliveira (2018) elenca os fatores condicionantes mais utilizados na literatura analisada, que afetam significativamente as características que indicam potencialidades e suscetibilidades ambientais, chegando aos seguintes parâmetros: Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação, Hidroclimatologia, Ação antrópica, Clima, Hidrologia/ Drenagem.

2.4. Vulnerabilidade à erosão

O conceito de vulnerabilidade ainda hoje tem despertado o interesse em diversas áreas do conhecimento. Quanto à área ambiental persiste a ausência de um consenso e a confusão entre risco e vulnerabilidade, dificultando o pleno entendimento do uso dos termos nos casos que se aplicam (AQUINO et al., 2017).

Figueiredo et al. (2010) e Souza (2013) concordam que o não consenso sobre o significado da vulnerabilidade, a polissemia do conceito, dificultam o seu entendimento e aprofundamento, bem como a comparação de trabalhos semelhantes. Ainda assim, a vulnerabilidade tem se tornado base para políticas de redução de riscos, uma vez que, atualmente a avaliação da capacidade de suporte da paisagem faz-se necessária para que se evite o comprometimento dos recursos naturais e a potencialização ou o desencadeamento de processos morfogênicos.

O estado de Vulnerabilidade Ambiental de um território deveria ser melhor considerado nos processos de planejamento e gestão, uma vez que as diversas dimensões do conceito da Vulnerabilidade Ambiental – como as sensibilidades do sistema ambiental alvo de uma dada intervenção – são tipologias de informação cruciais para as fases de diagnóstico e de elaboração de alternativas em processos de planejamento e gestão (JORDÃO e MORETTO, 2015).

Cabral e Cândido (2019) afirmam que a vulnerabilidade tem sido tratada como um termo multidimensional por diversos pesquisadores ainda que não haja um consenso na sua conceituação. Contudo, para os autores, em um dos vieses de análise, ela pode ser entendida enquanto uma maneira de indicar a capacidade de manter a estrutura, isto é, a estabilidade do sistema contra perturbações, mesmo que a sua capacidade de resistência seja superada.

Entretanto, segundo Souza (2013), o fato de que categorias como risco, perigo, resiliência, e susceptibilidade também englobem o conceito de vulnerabilidade em seus escopos teóricos, expressa a dificuldade em dissociar a representação dos eventos e fenômenos naturais e/ou antropicamente induzidos das causas socioeconômicas e perigos que representam para a sociedade.

Segundo Veyret (2007), a vulnerabilidade se mede pela estimativa dos danos potenciais que podem afetar um alvo, por exemplo: patrimônio construído ou população. Um acontecimento possível e sua probabilidade de realização (álea), seja de ordem natural, tecnológica, social ou econômica tem consequências que podem afetar mais ou menos fortemente o funcionamento das sociedades humanas. Para avaliação desse risco potencial é necessário selecionar os alvos ou sistemas que estão sob ameaça de áleas de natureza variada.

Na tentativa de elucidar a questão Aquino et al. (2017), retomando a diferença entre risco e vulnerabilidade, afirmam que o risco ambiental está ligado a probabilidade de um evento de determinada magnitude, previsto ou não, ocorrer num sistema, perturbando seu estado imediatamente anterior. Enquanto que a vulnerabilidade é o grau em que um sistema natural é susceptível ou incapaz de lidar com efeitos das interações externas. O que decorre de características ambientais naturais ou da pressão exercida por atividade antrópica, ou ainda de sistemas de baixa resiliência – capacidade concreta do meio ambiente de retornar ao estado natural de excelência após a superação de um evento crítico.

Em outras palavras, de acordo com Santos (2007), quando provocamos uma perturbação, a resposta do meio pode ser bastante diferente em função das características locais naturais e humanas. Cada fração de território tem uma condição intrínseca que, em interação com o tipo e magnitude do evento natural ou induzido pela ação humana resulta numa grandeza de efeitos adversos, condição que chamamos de vulnerabilidade. Se conseguirmos observar e medir as relações entre características de um meio, eventos induzidos e efeitos adversos, estaremos medindo sua vulnerabilidade. E acrescenta que:

Para entender vulnerabilidade devemos considerar duas outras questões: a persistência, que é a medida do quanto um sistema, quando perturbado, se afasta do seu equilíbrio ou estabilidade sem mudar essencialmente seu estado e a resiliência, ou seja, a capacidade de um sistema retornar a seu estado de equilíbrio, após sofrer um distúrbio. Em um território de baixa persistência e baixa resiliência provavelmente a vulnerabilidade é alta e, neste caso, quase sempre provocamos danos irreparáveis (SANTOS, 2007, p. 18).

Numa abordagem sistêmica a vulnerabilidade constitui o grau de exposição do ambiente a agentes que afetam a estabilidade da paisagem. Esse grau de exposição decorre das condições intrínsecas da paisagem que podem ser afetadas por diversos fatores que acarretam danos ambientais como, por exemplo, riscos decorrentes das atividades socioeconômicas.

Atualmente, a avaliação da vulnerabilidade dentro da Geografia combina abordagens quantitativas e qualitativas, baseadas em posturas analíticas ou sistêmicas. Na primeira, decompõe-se o sistema em análise e estima-se seu potencial de sofrer danos, na segunda avalia-se a fragilidade de um sistema em seu conjunto (SOUZA, 2013). Perspectiva aqui adotada.

Enquanto análise multicritério, as aferições de vulnerabilidade frequentemente têm se utilizado da álgebra de mapas, na qual se atribuem valores a cada classe de uma determinada variável, gerando uma reclassificação dos mapas no formato *raster*, os quais são submetidos a operações algébricas para geração do mapa final. A atribuição desses valores frequentemente é feita com base em escalas e critérios diferentes, e mais de um critério pode ser relevante para a mesma área de estudo (CALDERANO FILHO et al., 2018; SOKOLOSKI et al., 2019; TERUYA JUNIOR et al., 2018).

Teruya Júnior et al. (2018) utilizaram dois enfoques que condicionaram a atribuição de diferentes valores às classes das variáveis numa escala de valores que variou de 1 a 3, sendo um denominado como conservacionista e o outro como erosivo. Por exemplo, em relação ao uso e ocupação do solo no primeiro enfoque, mata e cerrado receberam valores de vulnerabilidade mais altos (3) pois são prioritários para a conservação, enquanto a área urbana recebeu valor mais baixo (1). No segundo enfoque, mata e cerrado receberam valores mais baixos (1), enquanto à área urbana foi atribuído valor mais alto (3,) pois a falta de cobertura vegetal favorece o arraste de partículas do solo. Por isso os autores asseveram que como o termo vulnerabilidade não esclarece todos os aspectos do método aplicado, é importante interpretar os resultados em função do método, de modo a evitar distorções, sendo no que no caso do estudo em questão ambos os enfoques podem contribuir como ferramenta de suporte à tomada de decisão.

Nascimento e Dominguez (2009) adotaram valores de baixa vulnerabilidade para as classes de Floresta Ombrófila Densa, Mata de Restinga e Restinga Arbustiva (entre 1 e 2 numa escala de 1 a 5), enquanto a área urbana recebeu valor 5, indicando a tendência a considerar o potencial erosivo, como fator condicionante para manutenção da estabilidade da paisagem. O mesmo enfoque foi adotado nos trabalhos de Souza (2013),

Spanghero (2018) e Sokoloski et al. (2019). Em todos estes trabalhos, como também no de Calderano Filho et al. (2018) a variável antrópica na análise da vulnerabilidade foi o uso e ocupação do solo. De modo geral a escolha das variáveis atendeu àquelas que vem sendo mais utilizadas nos estudos geoambientais na atualidade, a saber: geomorfologia, geologia, solos e uso e ocupação/ vegetação (OLIVEIRA, 2018).

Segundo Crepani et al (1996) a cobertura vegetal representa a defesa da paisagem contra a erosão, que quando predomina sobre os processos de formação do solo, torna essa paisagem instável. A geologia exerce papel importante na matriz de vulnerabilidade à erosão por incluir de maneira mais evidente o grau de coesão das rochas e sua resistência aos processos erosivos relacionados, sobretudo, à precipitação (BASTOS JÚNIOR, 2016). As atividades antrópicas, quando realizadas em áreas equivocadas para sua aptidão ou de maneiras prejudiciais também promovem instabilidade, por isso a análise da vulnerabilidade à erosão baseia-se no nível de cobertura do solo, nas associações naturais do meio físico e os tipos de atividades antrópicas presentes na área (LOPES e SALDANHA, 2016).

A formação do relevo continuamente é desencadeada pela erosão, que engloba a remoção, o transporte e a deposição de materiais. Entretanto, os usos que as sociedades humanas tem feito do ambiente, via-de-regra promovem a intensificação desse processo natural, provocando a degradação das terras e o comprometimento da qualidade ambiental. A erosão e os deslizamentos de terra estão entre os desastres naturais mais comuns no Brasil, responsáveis por um número elevado de perdas humanas e materiais todos os anos. A compreensão dos fenômenos e das etapas que compõem a erosão pode conduzir a interpretação e medidas das interferências humanas sobre eles, tornando mais eficiente as decisões que devemos tomar sobre nosso território. (SANTOS, 2007).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Identificar o estado de Vulnerabilidade Ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas-BA, a partir de uma abordagem sistêmica, de modo a delimitar áreas com diferentes graus de capacidade de manutenção da estabilidade da paisagem e seus principais fatores condicionantes.

3.2. Objetivos Específicos

- Selecionar indicadores geomorfológicos, biofísicos e antrópicos para realizar análise da vulnerabilidade no município de Teixeira de Freitas;
- Classificar o município em áreas com distintas vulnerabilidades ambientais;
- Realizar a espacialização da vulnerabilidade ambiental por meio de técnicas de cartografia.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área de estudo

O território de identidade é entendido como um espaço geograficamente definido, cuja coesão é condicionada por critérios multidimensionais (como ambiente, economia, sociedade, cultura, política e instituições, população) e onde se pode distinguir um ou mais elementos que indicam identidade, coesão social, cultural e territorial (BAHIA, 2016).

O Governo da Bahia reconhece a existência de 27 territórios de identidade no Estado, sendo o Território de Identidade Extremo Sul composto pelas cidades de Alcobaça, Caravelas, Ibirapôã, Itamaraju, Itanhém, Jucuruçu, Lajedão, Medeiros Neto, Mucuri, Nova Viçosa, Prado, Teixeira de Freitas (onde será realizada a presente pesquisa) e Vereda.

Segundo Amorim e Oliveira (2007) o Extremo Sul da Bahia¹ é uma das áreas de ocupação e povoamento mais antigas da Bahia e do Brasil, já que os primeiros núcleos de ocupação estabelecidos pelo governo português surgiram em Porto Seguro e Caravelas, com a finalidade de extração de recursos naturais, principalmente o Pau-brasil. Embora antigo, o desenvolvimento econômico e a expansão demográfica só assumiram patamares expressivos no século XX, com a inserção do território na dinâmica econômica do Estado e, tendo como consequência, acetuado crescimento demográfico, proveniente principalmente de fluxos migratórios.

Posteriormente, na primeira década do século XXI, o cultivo do Eucalipto, impulsionado pela implantação de acessos rodoviários e concessão de incentivos fiscais nas décadas de 70 e 80 se constituiu na atividade mais dinâmica do Extremo Sul baiano, sendo responsável por importantes mudanças socioprodutivas, muito embora atividades tradicionais como a pecuária, agricultura de subsistência e a pesca continuassem tendo grande importância na estrutura produtiva da economia regional (ALMEIDA et al., 2008).

Ainda segundo estes autores, o processo de devastação da Mata Atlântica, capitaneado inicialmente pela exploração madeireira e agropecuária, foi continuado pela silvicultura, a qual teve efeitos quase sempre positivos sob o ponto de vista do

¹ Por ocasião da publicação do artigo o Extremo Sul da Bahia, território a que o autor se refere no texto, incluía os municípios de Belmonte, Eunápolis, Guaratinga, Itabela, Itagimirim, Itapebi, Porto Seguro e Santa Cruz Cabralia.

crescimento e da inserção da economia regional e estadual aos fluxos econômicos e do comércio nacional e internacional. Ainda que, enquanto indutor de um processo sustentado de desenvolvimento regional, não tenha se mostrado tão relevante para as comunidades locais, particularmente no que se refere às expectativas criadas em torno da geração de empregos (PEDREIRA, 2004).

O Extremo Sul da Bahia apresenta naturalmente grande fragilidade ambiental, com fatores que tornam a área susceptível a processos erosivos, tendo a intensa ocupação a partir da década de 40 alterado os aspectos morfogenéticos e acentuado a fragilidade ambiental da região. O que gerou intensificação da ação das enchentes, abreviação dos processos erosivos e os movimentos de massa, aceleração do desmatamento (diminuindo a biodiversidade) e alterações na dinâmica climática. (AMORIM e OLIVEIRA, 2007).

Some-se a isso o fato de que, no contexto do Território de Identidade Extremo Sul, o município de Teixeira de Freitas assume grande importância, bem como sofre grandes pressões ambientais, uma vez que caracteriza-se como um polo regional, localizado centralmente no território (FIGURA 1), sob as coordenadas latitude: 17° 32' 06" S e longitude: 39° 44' 31" W (GEOGRAFOS, 2018), com área de 1.165,622 km².

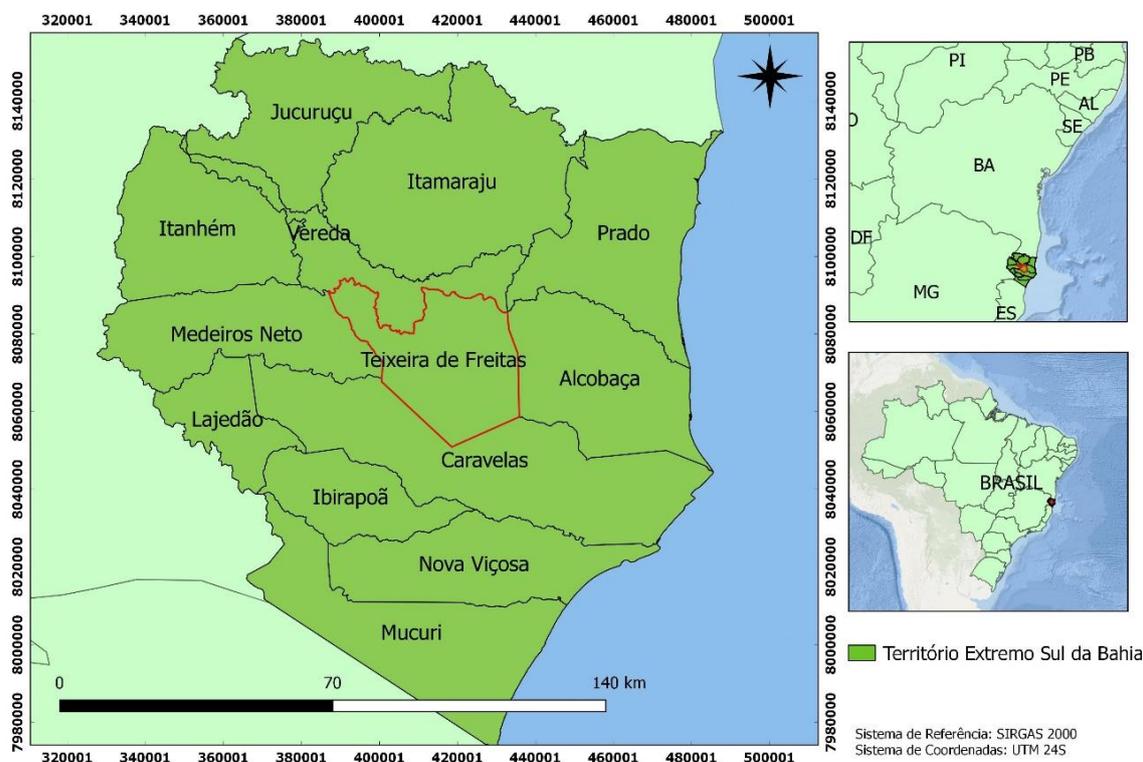


Figura 1: Localização do município de Teixeira de Freitas no Território de Identidade do Extremo Sul da Bahia.

Fonte: Elaboração própria com base em dados do IBGE (2018).

O município, que já era um dos maiores centros urbanos do território desde a década de 70, foi criado a partir do desmembramento das terras pertencentes a Caravelas e Alcobaça, em 9 de maio de 1985, quando contava com aproximadamente 60.000 habitantes. O grande fluxo migratório de comerciantes, pecuaristas, agricultores e um enorme contingente de trabalhadores produziu uma ocupação desordenada do espaço urbano e um forte incremento populacional nos anos subsequentes. Ainda na década de 1980, Teixeira de Freitas recebeu destaque nacional pela produção de mamão, abóbora e melancia, culturas que ocuparam em grande parte áreas anteriormente devastadas pela extração de madeira (CORDEIRO, 2007; AMORIM e OLIVEIRA, 2007). Atualmente Teixeira de Freitas é o município mais populoso do território e o 9º mais populoso do Estado da Bahia (IBGE, 2019a).

Segundo o mapa climático do Brasil (IBGE, 2002), o município de Teixeira de Freitas faz parte da Zona de Clima Tropical Brasil Central, e é caracterizado como úmido a super úmido, com chuvas significativas na maior parte do ano e no máximo três meses secos. O clima é quente com temperatura média maior que 18° C para todos os meses do ano. A temperatura média anual é de 24,3 °C², com pluviosidade média anual de 1148,20 mm³.

O território, assentado sobre compartimento de Tabuleiro, pertence ao domínio do Bioma Mata Atlântica com caracterização fitoecológica de Floresta Ombrófila Densa. A característica ecológica principal deste tipo florestal está ligada justamente aos ambientes com fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25°C) e de alta precipitação bem distribuída durante o ano (de 0 a 60 dias secos), fatores que condicionam uma situação bioecológica praticamente sem período biologicamente seco. A formação florestal apresenta indivíduos de grande porte, além de lianas e epífitas em abundância (IBGE, 2019b).

O altíssimo valor econômico dos recursos florestais, as condições de relevo, representado por feições de topos tabulares ou suavemente ondulados, e as condições climáticas tornaram a região propícia à exploração madeireira e, mais tarde, à exploração agrossilvipastoril.

² Fonte: Climate-Data <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/bahia/teixeira-de-freitas-31961/>> Consulta em 21 de dezembro de 2019.

³ Pluviometria média anual estimada em trabalho desenvolvido paralelamente, porém ainda não publicado.

4.2. Indicadores de Vulnerabilidade Ambiental

A identificação da Vulnerabilidade Ambiental foi realizada a partir da abordagem sistêmica, que melhor se adequa a representação da área em estudo. Inicialmente procedeu-se a revisão bibliográfica acerca da abordagem sistêmica, planejamento e estudos ambientais, e do conceito de vulnerabilidade para construção do arcabouço teórico necessário ao delineamento da pesquisa. O sistema de referência e coordenadas adotado é o oficial, SIRGAS 2000 UTM 24S. A Figura 2 demonstra as etapas metodológicas da pesquisa em linhas gerais.

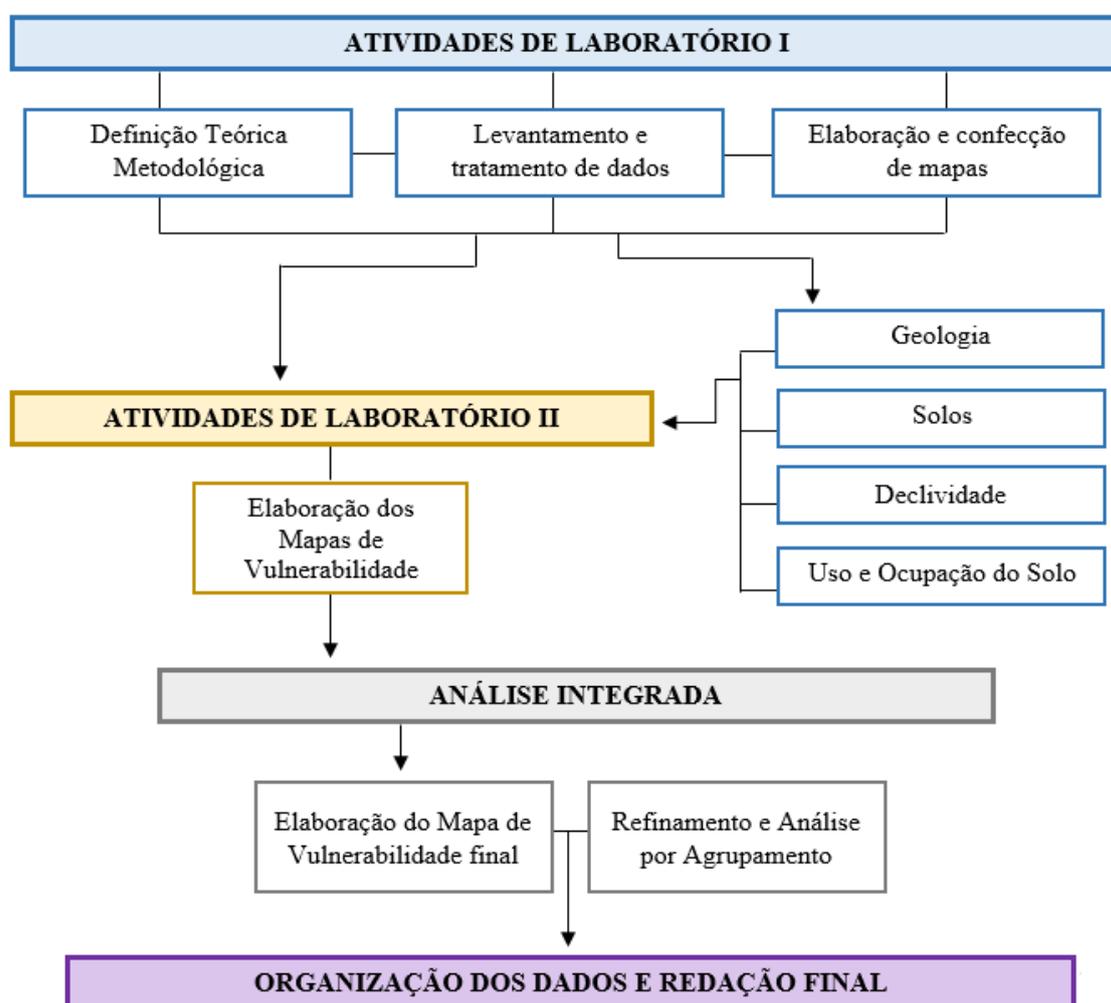


Figura 2: Fluxograma com as etapas metodológicas da pesquisa. Baseado em Souza (2013).

A partir da revisão optou-se pela utilização com adaptações das variáveis e critérios adotados por Nascimento e Dominguez (2009), que avaliaram a Vulnerabilidade

Ambiental nos municípios de Belmonte e Canavieiras na Bahia, conforme explicitado na Tabela 1. Essa metodologia também foi utilizada para caracterização da Vulnerabilidade Ambiental da planície costeira de Caravelas-BA por Souza (2013) e baseia parte do trabalho de zoneamento geoambiental do município de Alcobaça, realizado por Spanghero (2018).

A despeito da proximidade geográfica dos municípios estudados, embora tenham sido realizados em municípios costeiros, as variáveis, critérios e valores (apresentados adiante) foram adaptados por Nascimento e Dominguez (2009) do trabalho de Crepani et al. (1996), direcionado ao Zoneamento Econômico Ecológico da Amazônia. Métodos semelhantes têm sido usados em municípios não costeiros.

Tabela 1: Variáveis utilizadas na determinação da Vulnerabilidade Ambiental.

Variável	Critério
Geologia	Tempo geológico e fragilidade
Solos	Maturidade pedogenética
Declividade	Variação de declividade
Vegetação/ Uso do solo	Proteção da paisagem e biodiversidade da biota

Fonte: Adaptado de Nascimento e Dominguez (2009).

O processamento dos dados foi feito nos softwares ArcGIS 10.7, disponibilizado e licenciado para o Campus Paulo Freire da UFSB, e QGIS 2.18, por ser de licença livre e possibilitar a análise dos resultados em outros locais, principalmente para impressão dos mapas. Como as fontes dos dados não são as mesmas e nem todas classes encontradas em cada variável são iguais às analisadas por Nascimento e Dominguez (2009), foram utilizados valores de vulnerabilidade o mais próximo possível aos adotados por esses autores, com revisita ao estabelecido por Crepani et al. (1996).

Adaptações também foram realizadas considerando a realidade local e a natureza das informações, a exemplo da estratificação das formações florestais onde as Florestas em Estágio Inicial e Médio receberam valores de vulnerabilidade diferentes, conforme apresentado adiante. A Figura 3 esquematiza as etapas para elaboração do mapa de vulnerabilidade final.

Primeiramente, cada uma das variáveis analisadas (Geologia, Solos, Declividade, Vegetação/ Uso do solo) teve seus critérios (classes) valoradas numa escala de 1 a 5, a atribuição de valores foi realizada na estrutura dos dados iniciais no formato *shapefile*. Os mapas de vulnerabilidade foram então produzidos a partir da reclassificação desses

dados e geração de um mapa *raster*, ou matricial, com pixels com resolução espacial de 12,5 m. Nessa escala, os valores mais próximos de 1 indicam menor vulnerabilidade, ou maior grau de estabilidade, e quanto mais próximo de 5, maior vulnerabilidade, ou menor grau de estabilidade para cada unidade ambiental analisada.

Finalmente os 4 mapas de vulnerabilidade (cartas base) foram sobrepostos por meio de um *overlay* (soma) e os valores de suas classes foram somados, dando origem ao mapa de vulnerabilidade final (carta síntese) que delinea as áreas com maior e menor grau de estabilidade, indicando fortemente a susceptibilidade à perda de solo por erosão e à perda de biodiversidade. Para esta etapa foi utilizado o comando *rastercalculator* do ArcGIS 10.7.

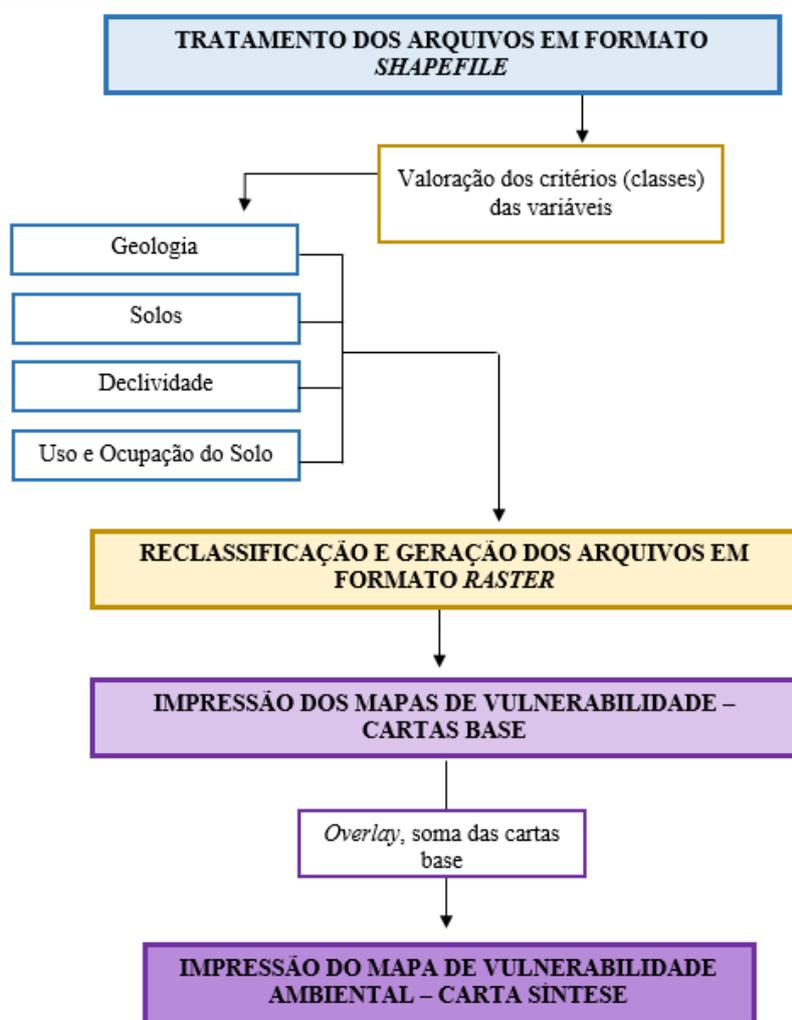


Figura 3: Fluxograma do tratamento e elaboração das cartas-base e síntese.

4.3. Cartas Base

4.3.1 Mapa Geológico

Para elaboração do mapa geológico, foram utilizados os dados em formato *shapefile* disponíveis no site do Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais (CPRM, 2003), elaborados em escala 1:1.000.000. Às classes encontradas foram atribuídos os valores de vulnerabilidade demonstrados na Tabela 2 para elaboração do *raster*, estabelecidos com base na idade das formações (tempo geológico) e fragilidade (tipo litológico e classe rochosa).

Formações mais antigas, tipos graníticos e gnáissicos com rochas ígneas e metamórficas receberam valores de vulnerabilidade mais baixos, entendendo que possuem maior resistência aos processos erosivos e movimentos de massa.

Tabela 2: Valores de Vulnerabilidade Ambiental atribuídos às classes de litologia de Teixeira de Freitas-BA.

Tempo geológico	Geologia		Valor de Vulnerabilidade
	Tipo litológico	Classe rochosa	
Proterozoico – Neoproterozoico – Criogeniano	Gnaisse, Kinzigito	Metamórfica	1,5
Proterozoico – Neoproterozoico – Ediacarano	Monzogranito, sienomonzogranito	Ígnea	1,5
Fanerozoico – Paleozoico – Cambriano – Furongiano	Monzogranito, sienomonzogranito	Ígnea	1,5
Fanerozoico – Cenozoico – Neogeno – Plioceno	Argilito arenoso, arenito conglomerático	Rocha sedimentar ou sedimentos	3,0
Fanerozoico – Cenozoico – Neogeno – Holoceno	Depósitos de argila, depósitos de areia, depósitos de silte	Rocha sedimentar ou sedimentos	4,6

Fonte: Adaptado de Nascimento e Dominguez (2009). Dados: CPRM (2003).

4.3.2 Mapa Pedológico

O mapa de solos foi gerado com base nos dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2001) em formato *shapefile*, na escala de 1:5.000.000. Foram consideradas apenas as classes de solo predominantes para reclassificação no formato matricial segundo os valores mostrados na Tabela 3, uma vez

que a subclasses citadas nos dados não foram vetorizadas, nem tiveram área ou percentual contabilizado.

Os valores foram estabelecidos com base na maturidade dos solos, isto é, solos jovens, poucos desenvolvidos, onde prevalecem processos erosivos de morfogênese recebem valores mais altos de vulnerabilidade; já os solos mais antigos, lixiviados e bem desenvolvidos, onde as condições de estabilidade permitem o predomínio dos processos de pedogênese, recebem valores mais baixos (CREPANI et al., 1996).

Os Latossolos e Argissolos são, de modo geral, solos profundos e altamente intemperizados. Os Latossolos são altamente desenvolvidos e intemperizados, com textura que normalmente varia de média a muito argilosa, típicos de antigas superfícies de erosão, sedimentos e terraços fluviais antigos, são os mais representativos do país, ocupando 39% da área total. Os argissolos, menos antigos, ocupam a segunda posição em termos de extensão geográfica, com cobertura de aproximadamente 24% da superfície do país (EMBRAPA, 2019).

Tabela 3: Valores de Vulnerabilidade Ambiental atribuídos às classes de solos.

Classe Predominante de Solo	Valor de Vulnerabilidade
Latossolo	1,0
Argissolo	2,0

Fonte: Adaptado de Nascimento e Dominguez (2009).

4.3.3 Mapa de Declividade

O mapa de declividade foi gerado a partir do MDE (Modelo Digital de Elevação). Para a geração do MDE seguiu-se os seguintes passos: i) aquisição das imagens de altimetria no formato *raster* do satélite Alos Palsar (2011) com resolução espacial de 12,5 m (tamanho do pixel); ii) a partir de cenas fez-se a construção do mosaico para o município de Teixeira de Freitas; iii) com o mosaico estabeleceu-se um *buffer*, ou área de influência de 10 km das bordas do limite municipal; iv) fez-se então a conversão do MDE oriundo do mosaico para cota altimétrica no formato ponto (vetor); v) a partir do arquivo das cotas e limites com *buffer* de Teixeira de Freitas, fez-se a reinterpolação, pelo comando *toporaster* do ArcGIS 10.7, para criação de um novo MDE, com correção das áreas com *nodata*; vi) com o novo MDE interpolado fez-se a remoção das depressões espúrias a partir do comando *fill* do ArcGIS 10.7; vii) na última etapa fez-se o recorte

somente para área municipal sem a área de influência; e viii) com o MDE obteve-se a declividade pelo comando *slope* do ArcGIS 10.7.

As classes de relevo foram estabelecidas conforme a metodologia utilizada, e estão demonstradas na Tabela 4, considerando os relevos mais ondulados como mais susceptíveis a erosão, estes receberam valores de vulnerabilidade mais elevados.

Tabela 4: Valores de Vulnerabilidade Ambiental atribuídos aos intervalos de declividade.

Classe de relevo	Declividade %	Valor de Vulnerabilidade
Plano	0 – 10	1,0
Suave ondulado	10 – 20	2,0
Ondulado	20 – 30	3,0
Muito ondulado	30 – 45	4,0
Forte Ondulado	45 – 110	5,0

Fonte: Adaptado de Nascimento e Dominguez (2009).

4.3.4 Mapa de Uso e Ocupação do Solo

Para elaboração do mapa de uso e ocupação do solo foram utilizados os dados obtidos junto ao Fórum Florestal do Extremo Sul da Bahia, o qual possui o mapa de uso e cobertura do solo para o ano de 2018, na escala de 1:25.000. As classes temáticas definidas estão descritas na Tabela 5. Os valores de vulnerabilidade consideraram o papel da vegetação como manto protetor da paisagem. A falta de vegetação ao mesmo tempo em que favorece a erosão, lixiviação e compactação, implica na perda da biodiversidade. Represas, lagos e rios também receberam altos valores de vulnerabilidade devido à possibilidade de deflagração de processos erosivos.

Tabela 5: Valores de Vulnerabilidade Ambiental para as categorias de uso do solo de Teixeira de Freitas-BA.

Uso e ocupação do solo	Valor de Vulnerabilidade	Uso e ocupação do solo	Valor de Vulnerabilidade
Afloramento Rochoso	1,0	Área Degradada	5,0
Floresta Estágio Médio	1,5	Área Úmida/ Várzea	5,0
Eucalipto	1,5	Área Urbana	5,0
Seringal	1,5	Desmatamento recente	5,0
Floresta Estágio Inicial	2,0	Instalações Rurais	5,0
Mussununga/ Campinarana	2,0	Mineração	5,0
Agricultura	3,0	Represa, Lagos e Rios	5,0
Pasto	4,0	Sistema Viário	5,0

Fonte: Adaptado de Nascimento e Dominguez (2009). Dados: Fórum Florestal do Extremo Sul da Bahia (2018).

4.4. Carta Síntese (Mapa de Vulnerabilidade)

O mapa de vulnerabilidade é o resultado da sobreposição das cartas base em formato *raster* com a soma dos valores de vulnerabilidade estabelecidos para cada classe. O índice de vulnerabilidade resultou da distribuição desses valores de acordo com os intervalos demonstrados na Tabela 6.

Tabela 6: Intervalos das classes de Vulnerabilidade Ambiental.

Classificação	Intervalos
Muito Baixa	4 – 8
Baixa	8 – 10
Média	10 – 12
Alta	12 – 15
Muito Alta	15 – 20

Fonte: Adaptado de Nascimento e Dominguez (2009).

4.5. Refinamento do mapa final e análise de agrupamento para ordenamento territorial

O refinamento do mapa final consistiu numa melhora visual e remoção de ruídos. Após a confecção do mapa final, fez-se uma análise de remoção de ruídos, pixels isolados em meio a outras feições, por meio do comando *Focal Statistics*. Com os ruídos removidos fez-se a limpeza de bordas para melhor delineamento das áreas, utilizando-se o comando *Boundary Clean*, estes procedimentos foram realizados na extensão *Spatial Analyst* do ArcGIS 10.

Posteriormente, seguiu-se à análise de agrupamento para melhor ordenamento do território, com vistas a otimizar o planejamento e facilitar a tomada de decisão em caso de possível utilização dos dados por parte do município ou mesmo outros agentes. A análise por agrupamento consistiu na incorporação de pequenas áreas em áreas maiores adjacentes à elas. Esta análise foi realizada com diferentes critérios, o agrupamento de incorporação de áreas foi realizado com:

- i) Até 40 pixels, correspondendo a 6.250,00 m², ou 0,63 ha;
- ii) Até 100 pixels, correspondendo a 15.625,00 m², ou 1,56 ha;
- iii) Até 200 pixels, correspondendo a 31.250,00 m², ou 3,13 ha;

- iv) Até 500 pixels, correspondendo a 78.125,00 m², ou 7,81 ha;
- v) Até 1000 pixels, correspondendo a 156.250,00 m², ou 15,63 ha;
- vi) Até 2000 pixels, correspondendo a 312.500,00 m², ou 31,25 ha.

Foram utilizados os comandos: *Region Group*, para identificação de grupos de pixels; *Set Null* para a identificação e determinação das áreas a serem suprimidas em função da quantidade de pixels; e *Nibble* para a incorporação das áreas identificadas na função anterior. Todas estas análises foram realizadas na extensão *Spatial Analyst* do ArcGIS 10.7.

O refinamento e análise de agrupamento permitem a remoção de áreas muito pequenas, que dificilmente poderão ser consideradas na implementação de instrumentos de planejamento ambiental e territorial por questões logísticas e orçamentárias. Mesmo na escala municipal seria difícil e oneroso implementar ações específicas para diversas pequenas áreas com dimensão de apenas 1,5 ha, quiçá em escalas maiores, como a estadual ou regional. O objetivo desta última análise foi gerar mapas que possam contribuir para a operacionalização de ações concretas de ordenamento territorial, embora seja importante ressaltar que a simplificação excessiva pode comprometer a qualidade dos resultados, como será avaliado adiante.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Mapa Geológico

O mapa geológico apresentado à seguir foi elaborado considerando os tipos litológicos presentes na região. A feição correspondente aos Depósitos de Argila, Depósitos de Areia e Depósitos de Silte (Figura 4), de cobertura Holocênica, é a mais recente da área analisada e de comportamento mais instável, com maior susceptibilidade à erosão.

As demais feições constituídas por gnaíse, kinzigito, monzogranito e sienogranito, argilito arenoso e arenito conglomerático, ocupam quase que a totalidade do território. Com idade geológica mais antiga e classe rochosa ígnea e metamórfica, conferem à paisagem maior grau de estabilidade do ponto de vista erosivo e dos movimentos de massa porque essas rochas têm maior resistência aos processos de intemperismo devido à maior coesão dos minerais que as constituem (CREPANI et al., 2001). Entretanto, devem ser salvaguardadas pelas políticas públicas, já que podem estar sujeitas à exploração mineral.

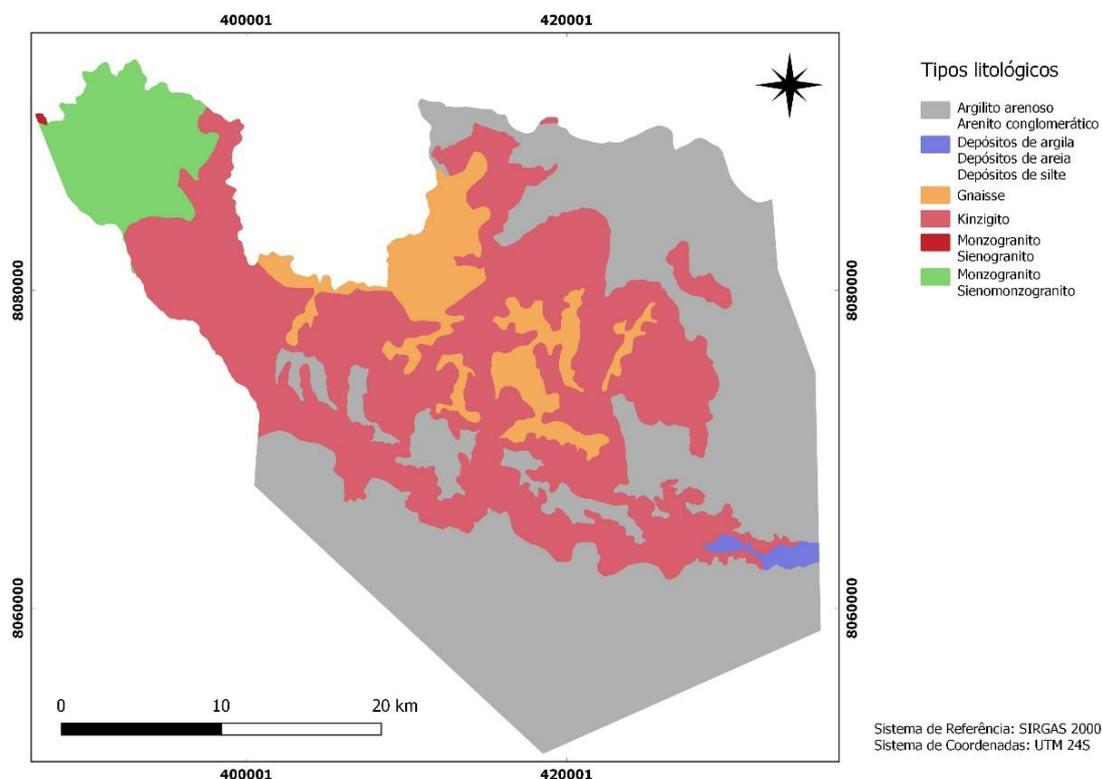


Figura 4: Feições litológicas predominantes no município de Teixeira de Freitas-BA.
Fonte: Elaboração própria com base em dados do CPRM (2003).

O mapa da vulnerabilidade atribuída às unidades geológicas (Figura 5), resultou em valores predominantemente de baixa à média vulnerabilidade.

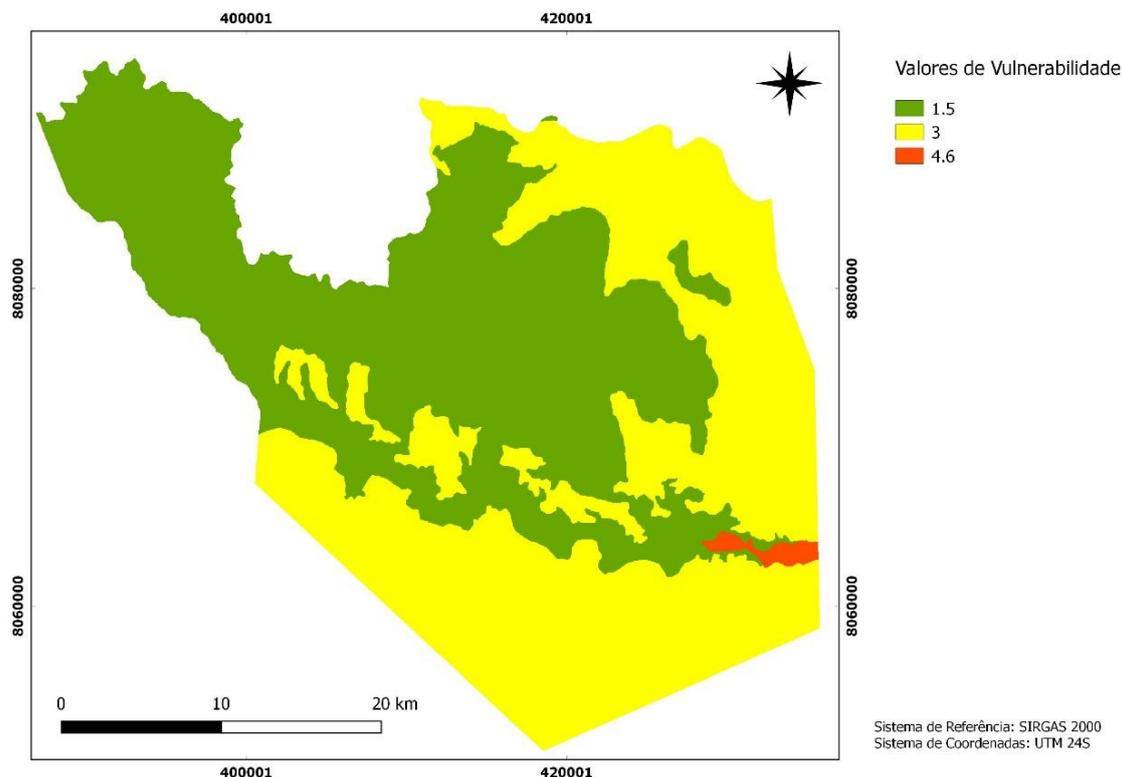


Figura 5: Vulnerabilidade das Unidades Geológicas no município de Teixeira de Freitas-BA.

Fonte: Elaboração própria com base em dados do CPRM (2003).

A classe de mais alta vulnerabilidade correspondente a menos de 1% do território estudado (Tabela 7) está localizada no leito maior do rio Itanhém/Alcobaça. O alto valor de vulnerabilidade (4,6) justifica-se por ser uma área de depósitos (depósitos de areia, silte e argila), solos pouco coesos, sendo muito vulneráveis e susceptíveis à erosão.

O percentual remanescente (99,36%) do município se enquadra na vulnerabilidade baixa à média, com valores variando em 1,5 ou 3. A primeira (baixa vulnerabilidade) apresentando menor grau de intemperismo, e a segunda (média vulnerabilidade) maior grau de intemperismo.

Tabela 7: Vulnerabilidade das Unidades Geológicas.

Classe	Área em Km ²	Área em %
1,5	578,77	49,68
3	578,75	49,68
4,6	7,46	0,64

5.2. Mapa Pedológico

São poucos os tipos de solo apresentados no mapa pedológico a seguir, o que ocorre em parte devido à escala de trabalho do mapeamento original. Embora o levantamento do IBGE (2001) classifique tipos de solo de secundários para cada uma das classes predominantes (Figura 6) os dados não apontam qual o percentual ou extensão ocupado por cada tipo (Tabela 8). Como não é possível mensurar o grau de influência desses destes, foram consideradas na geração do mapa e na análise da vulnerabilidade apenas as classes predominantes.

Tabela 8: Associações de Solos presentes no município de Teixeira de Freitas-BA.

Solos predominantes	Tipo de importância secundária	Tipo de importância terciária
Argissolos Amarelos Distrocoesos	Espodossolos Ferrilúvicos Hidromórficos	-
Argissolos Amarelos Distrocoesos	Latosolos Amarelos Distrocoesos	-
Argissolos Vermelhos Eutróficos	Argissolos Vermelho- Amarelos Distróficos	-
Latosolos Vermelho- Amarelos Distróficos	Latosolos Amarelos Distróficos	Argissolos Vermelhos Eutróficos

Embora a escala do levantamento influencie o conhecimento mais profundo e representação mais fidedigna da distribuição dos solos presentes no município, no que diz respeito à atribuição de valores de vulnerabilidade normalmente ocorre agrupamento, isto é, todos os Latossolos recebem valor 1,0 e Argissolos, valor 2,0 (CREPANI et al., 2001; SOUZA, 2013; SPANGHERO, 2018). O mesmo ocorre em relação a outros tipos de solo, variações de um mesmo tipo recebem valores iguais.

Os Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos são bem desenvolvidos, possuem elevada profundidade e textura argilosa com boas propriedades físicas e pouca diferença textural entre os perfis. Os argissolos podem apresentar maior tendência à erosão, causada pela diferença textural superficial e subsuperficial e declividade, mas também apresentam boas condições físicas de retenção de umidade e permeabilidade (EMBRAPA, 2019).

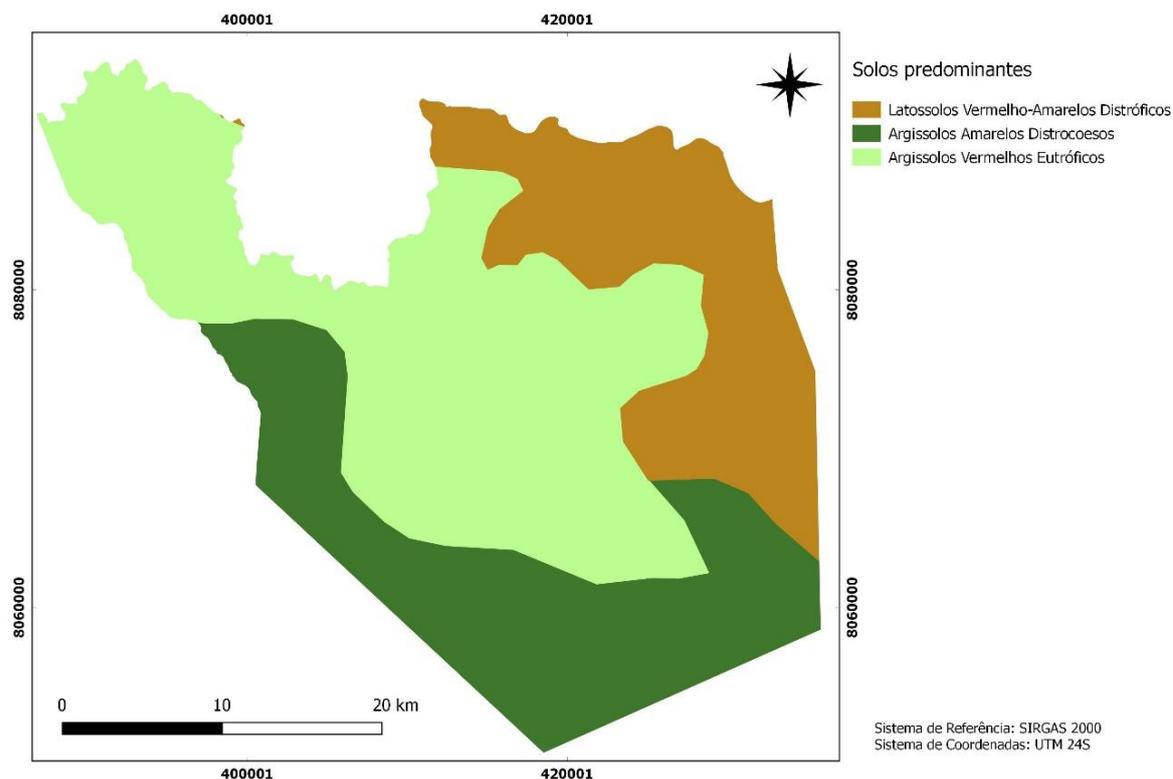


Figura 6: Solos predominantes no município de Teixeira de Freitas-BA.

Fonte: Elaboração própria com base em dados do IBGE (2001).

O município de Alcobaça, que faz fronteira com Teixeira de Freitas, tem 44% de sua área total coberta por Argissolos Amarelos Distróficos, solo este associado aos Tabuleiros Costeiros. Enquanto os Latossolos Amarelos Distróficos ocupam outros 36% da área de Alcobaça. Juntos estes dois tipos de solo ocupam 80% da área do município, seguidos em extensão territorial pelos Espodossolos Hidromórficos e Espodossolos, segundo Spanghero (2018).

Nascimento e Dominguez (2009) estabeleceram valores de vulnerabilidade distintos as associações de solos encontradas nos municípios de Belmonte e Canavieiras, mas trabalharam com 18 variações, sendo que 11 delas apresentavam pelo menos 3 tipos de solos.

Neste trabalho optou-se pela simplificação da escala de valores, como nos trabalhos supracitados. Assim, a predominância de Latossolos e dos Argissolos, resultou, no município de Teixeira de Freitas, na determinação de apenas duas classes de vulnerabilidade, conforme explicitado a seguir, na Figura 7. A classe de menor vulnerabilidade corresponde aos Latossolos enquanto a de maior vulnerabilidade

corresponde aos Argissolos, que ocupam a maior parte da área e também os trechos de maior declividade no município.

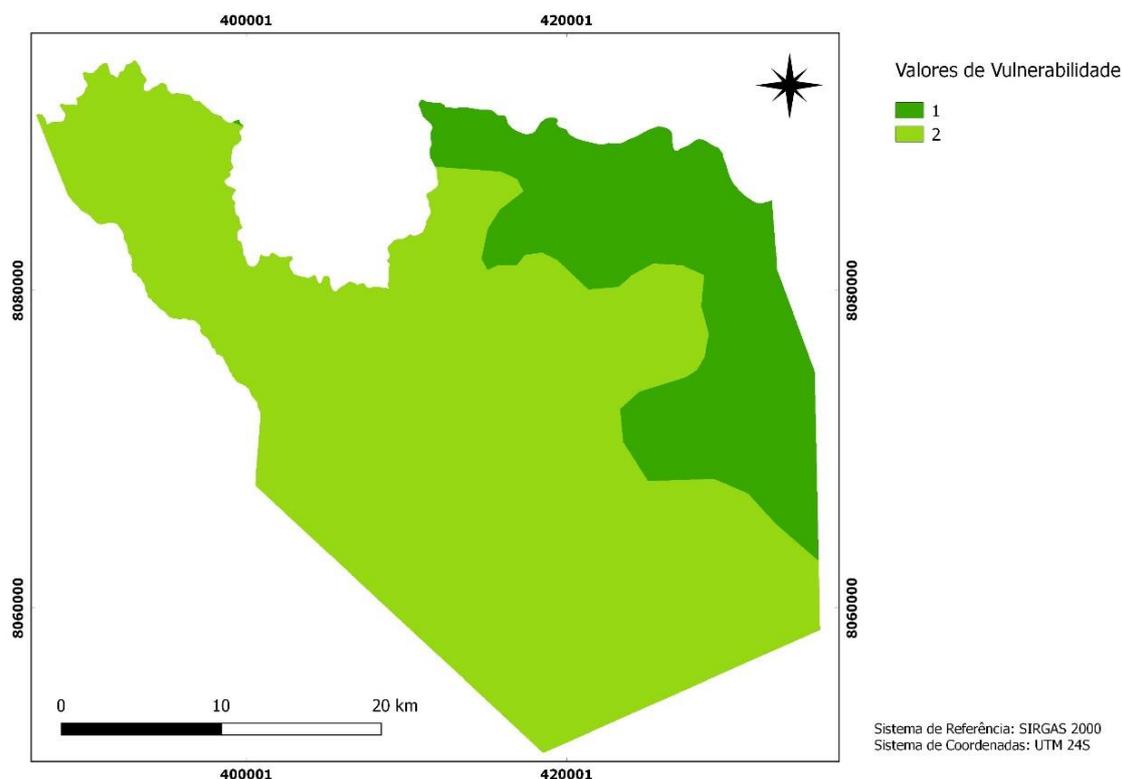


Figura 7: Vulnerabilidade das associações de Solos no município de Teixeira de Freitas-BA.

Fonte: Elaboração própria com base em dados do IBGE (2001).

Com relação aos percentuais ocupados por cada classe de vulnerabilidade, os valores são apresentados na Tabela 9, com maior área para a classe com valor 2, 76,05%, enquanto para o valor 1, somente 23,95%. No município de Alcobaça 36% da área foi classificada com valor 1 e 44% com valor 2 em função dos tipos de solo predominantes no território (SPANGHERO, 2018). Em ambos os locais de estudo os tipos de solos contribuíram para os baixos valores na carta de vulnerabilidade por serem mais intemperizados e bem desenvolvidos.

Tabela 9: Vulnerabilidade das associações de Solos.

Classe	Área em Km ²	Área em %
1	278,95	23,95
2	886,01	76,05

5.3. Mapa de Declividade

O relevo do município de Teixeira de Freitas, apresenta-se na maior parte dentro de baixas amplitudes de declividade, entre 0 a 20% (Figura 8), o que corresponde a baixos valores de vulnerabilidade. A susceptibilidade a deslizamentos é baixa nessas áreas aplainadas ou de relevo suave, que em geral apresentam pouquíssimas restrições para escavações e cortes, sendo bastante favoráveis para a realização de fundações e obras de engenharia (SANTOS, 2007).

De acordo com Calderano Filho et al. (2018) a declividade é um dos principais fatores na análise de riscos a deslizamento de terra já que é responsável pela maior ou menor infiltração das águas das chuvas, bem como pela velocidade de escoamento.

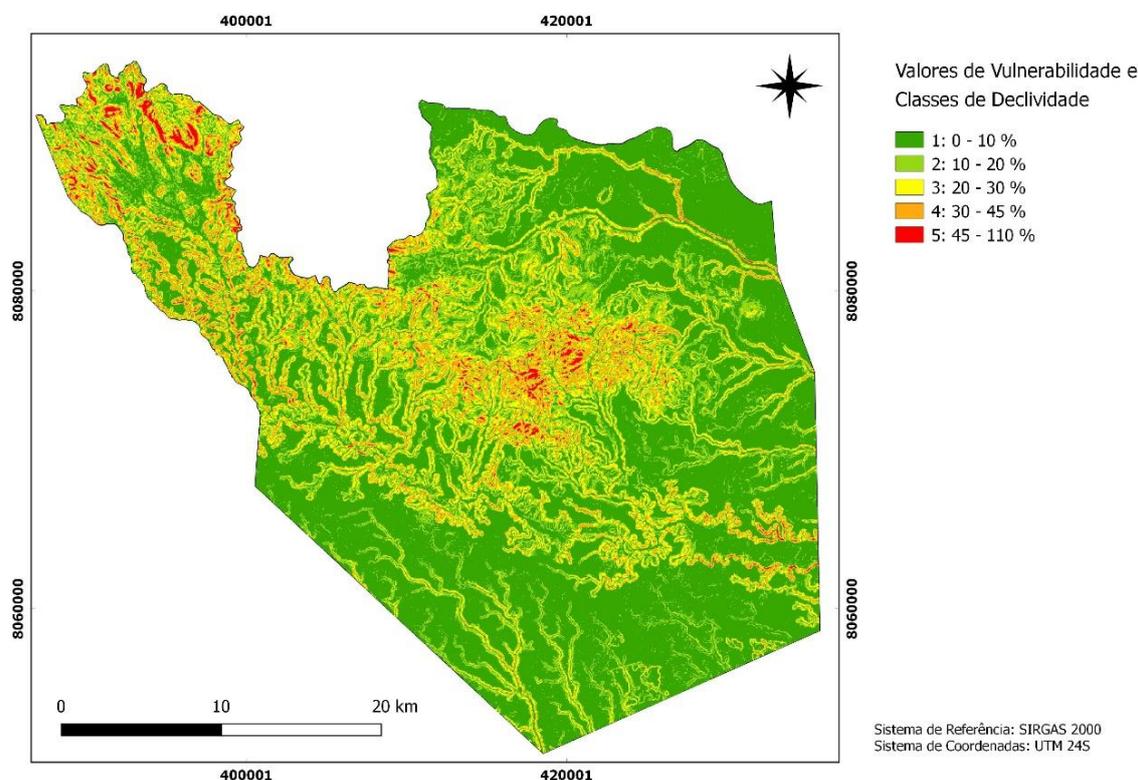


Figura 8: Espacialização da vulnerabilidade associada à Declividade no município de Teixeira de Freitas-BA.

Fonte: Elaboração própria com base em imagens Alos Palsar (2011), resolução espacial de 12,5 m.

O município situa-se no compartimento de relevo Tabuleiros, feição caracterizada por topos tabulares ou suavemente ondulados, em geral limitada por ressaltos (IBGE, 2019b). Em virtude dessa condição os Tabuleiros apresentam um potencial muito grande

para a ocupação humana, o que justifica a necessidade de planejamento ambiental (SPANGHERO, 2018).

Quase 90% do município apresenta vulnerabilidade de baixa à média, com no máximo 30% de declividade (Tabela 10), percentual limite para o parcelamento do solo⁴ segundo a Lei nº 6.766 de 1979 (BRASIL, 1979) que Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano. Acima de 30% o parcelamento do solo é desaconselhado, salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes.

Entretanto, nas áreas com declividades iguais ou superiores a 30% observa-se no município a presença de atividades agrícolas, silvícolas e, sobretudo a vasta ocorrência de pastagens.

Tabela 10: Vulnerabilidade associada à Declividade.

Classe	Área em Km ²	Área em %
1	625,84	53,82
2	256,33	22,04
3	163,10	14,03
4	103,21	8,88
5	14,42	1,24

À medida que a declividade aumenta, a vulnerabilidade também, em razão do maior potencial de geração de escoamento superficial e, conseqüentemente, maior susceptibilidade à erosão e movimentos de massa. De acordo com Nascimento e Dominguez (2009), a declividade é o principal índice morfométrico utilizado na avaliação da vulnerabilidade.

O aumento da declividade também exige maior responsabilidade em relação ao uso do solo, uma vez que, apesar da boa estrutura física, os solos presentes no município são antigos, altamente intemperizados e nutricionalmente pobres. O manejo incorreto desses trechos pode conduzir ao rápido empobrecimento dos solos, ao passo que, práticas de correção e adubação excessivas e/ou incorretas podem acarretar a contaminação e eutrofização dos cursos de água.

⁴ O parcelamento de solo definido pela Lei nº 6.766/79 tem foco no loteamento e desmembramento destinado para ocupações humanas e toda a infraestrutura necessária.

5.4. Mapa de Uso e Ocupação do Solo

Quanto ao Uso e Ocupação do Solo, restou muito pouco das formações florestais naturais no município de Teixeira de Freitas (Figura 9), cerca de 10,88% da área do município. Os remanescentes florestais encontram-se em estágio inicial ou médio de recomposição, consequência da intensa exploração madeireira e do desflorestamento que marca a história da região.

Historicamente, a segunda atividade econômica de grande impacto ambiental, a se desenvolver concomitantemente com a agricultura foi a pecuária, que atualmente representa a maior feição da área estudada, com o vasto estabelecimento de pastagens (ALMEIDA, 2009). Além da agricultura, outras porções do território são ocupadas pela silvicultura (maior parte de Eucalipto e secundariamente de Seringueira).

O processo de desmatamento continua em curso, o que pode ser observado pelas áreas de desmatamento recente presentes no território.

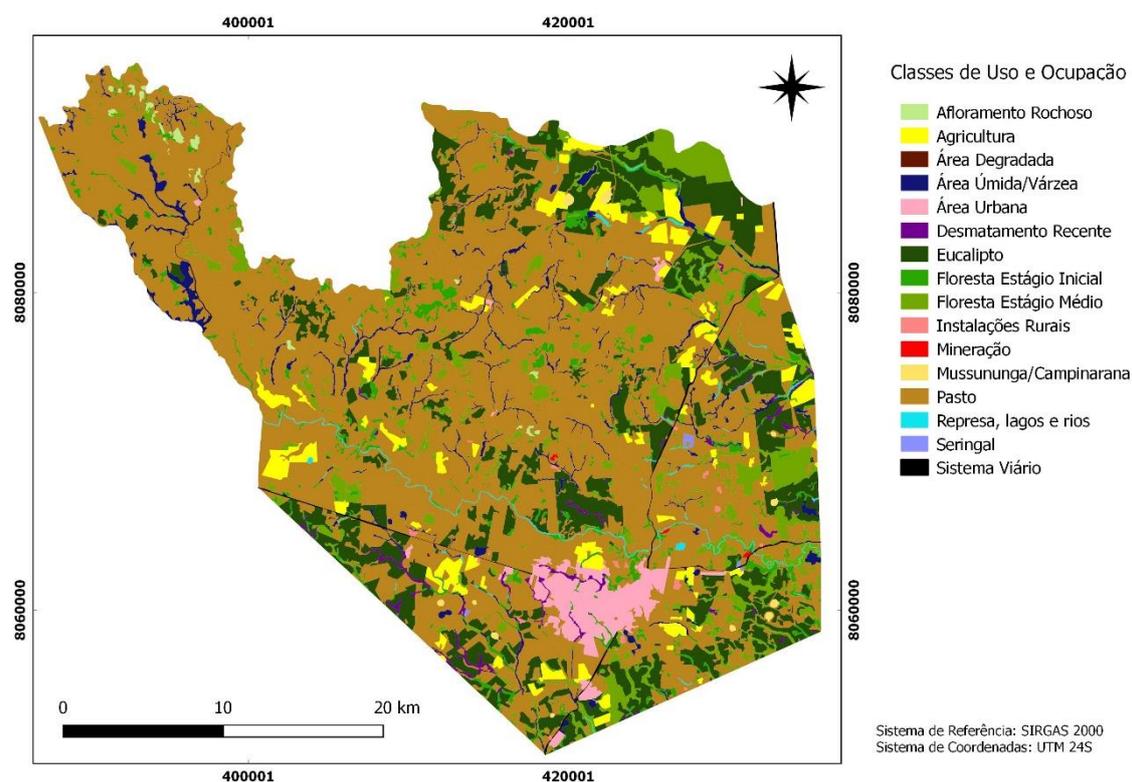


Figura 9: Mapa de Uso e Ocupação do Solo no município de Teixeira de Freitas-BA em 2018.

Fonte: Elaboração própria com base em dados do Fórum Florestal do Extremo Sul da Bahia (2018).

A ocupação indiscriminada por pastagens dos trechos de mais alta declividade, inclusive os superiores a 30%, somado às características dos solos, altamente intemperizados e pouco férteis, favorece em muito os processos erosivos. Cerca de 62,12% do território municipal é ocupado por pastagens (Tabela 11), que na maioria dos casos encontram-se degradadas devido à falta de conservação e manejo adequados.

Situação semelhante é observada no município de Alcobaça por Spanghero (2018), o qual assevera que estas áreas podem vir a se tornar solo exposto ou mesmo acarretar o aumento do desmatamento devido à necessidade de novas áreas de pasto sendo necessária a proibição da instalação de pastagens nas áreas de relevo íngreme e recuperação da cobertura vegetal.

Tabela 11: Áreas de uso e ocupação do solo no município de Teixeira de Freitas-BA em 2018.

Classe	km ²	%	Classe	km ²	%
Afloramento Rochoso	3,06	0,26	Floresta Estágio Médio	86,4	7,42
Agricultura	46,33	3,98	Instalações Rurais	1,73	0,15
Área Degradada	0,11	0,01	Mineração	0,35	0,03
Área Úmida / Várzea	31,23	2,68	Mussununga/Campinarana	2,29	0,2
Área Urbana	29,94	2,57	Pasto	723,03	62,12
Desmatamento Recente	8,77	0,75	Represa, lagos e rios	5,61	0,48
Eucalipto	181,75	15,62	Seringal	0,72	0,06
Floresta Estágio Inicial	40,22	3,46	Sistema Viário	2,29	0,2

Fonte: Elaboração própria com base em dados do Fórum Florestal do Extremo Sul da Bahia (2018).

O plantio de Eucalipto é a segunda forma de uso e ocupação em termos de extensão territorial, depois das pastagens. Embora as áreas com silvicultura condicionem baixos valores de vulnerabilidade (1,5) uma vez que, enquanto formação florestal contribuem para a manutenção da estabilidade da paisagem em face de outras formas de uso e ocupação, são responsáveis por importantes mudanças na dinâmica produtiva e populacional na região.

Almeida (2009) observa perdas consideráveis no plantio de Cana-de-Açúcar em Teixeira de Freitas entre os anos de 1990 e 2006 com o crescimento do polo de celulose. No ano de 2000, é registrada uma taxa de urbanização maior que 90% no município, com crescimento da população urbana entre os anos de 1991 e 2000, o que decorre também da mudança na estrutura da distribuição da mão-de-obra no campo em virtude da expansão da atividade florestal e agricultura intensiva. O crescimento populacional acelerado

trouxe como consequência a favelização, degradação do espaço urbano e concentração de renda, criando espaços de exclusão, além dos problemas relacionados à degradação ambiental.

Ainda segundo a autora, a retirada da madeira abriu espaço para a expansão da pecuária sendo clara a diminuição da cobertura florestal natural entre os anos de 1945 e 1990 mas, por volta da publicação do seu estudo em 2009, a preocupação era dada em função do avanço das florestas de Eucalipto. De fato, conforme Oliveira et al. (2017), o plantio de Eucalipto chega a ocupar 19,34% da área de Teixeira de Freitas no ano de 2006, e 17,21% no ano de 2013. As florestas (em estágio inicial, médio e avançado) que somam 21,05% no ano de 1990, representam apenas 5,18% da área estudada no ano de 2013.

Atualmente pode ser observado um decréscimo da área de Eucalipto para 15,62% com um discreto aumento das florestas naturais para 10,88% do território – entretanto, sem formação florestal em estágio avançado de recomposição. A perda desta vegetação natural implica na perda de importantes serviços ecossistêmicos (ANDRADE e ROMEIRO, 2009).

Nesse contexto, Crepani et al. (2001) ressaltam a importância da ação da cobertura vegetal na proteção da paisagem, uma vez que evita o impacto direto da chuva no solo e conseqüentemente a desagregação de partículas; impede a compactação deste, o que diminui a capacidade de absorção de água; aumenta a capacidade de infiltração pela difusão do fluxo de água da chuva e; suporta a vida silvestre, que pela presença de estruturas biológicas como raízes de plantas, perfurações de vermes e buracos de animais aumenta a porosidade e permeabilidade do solo.

Desta forma, a perda da vegetação natural do município de Teixeira de Freitas e a substituição da cobertura vegetal por pastagens que não cumprem nada, ou extremamente pouco, qualquer uma dessas funções e podem deteriorar a estrutura e fertilidade do solo, indica a urgência da implementação de medidas de ordenamento territorial.

Diferente dos demais mapas de vulnerabilidade, que acentuam a maior vulnerabilidade a risco erosivo e, conseqüentemente, perda de solo e suporte à biodiversidade (flora e fauna), o mapa de vulnerabilidade de uso e ocupação do solo (Figura 10), apresenta as mais altas vulnerabilidades em áreas onde há alto risco, não apenas de erosão mas onde a perda de biodiversidade já é evidente, como centros e aglomerados urbanos (valor 5) e áreas com predomínio de pastagens (valor 4).

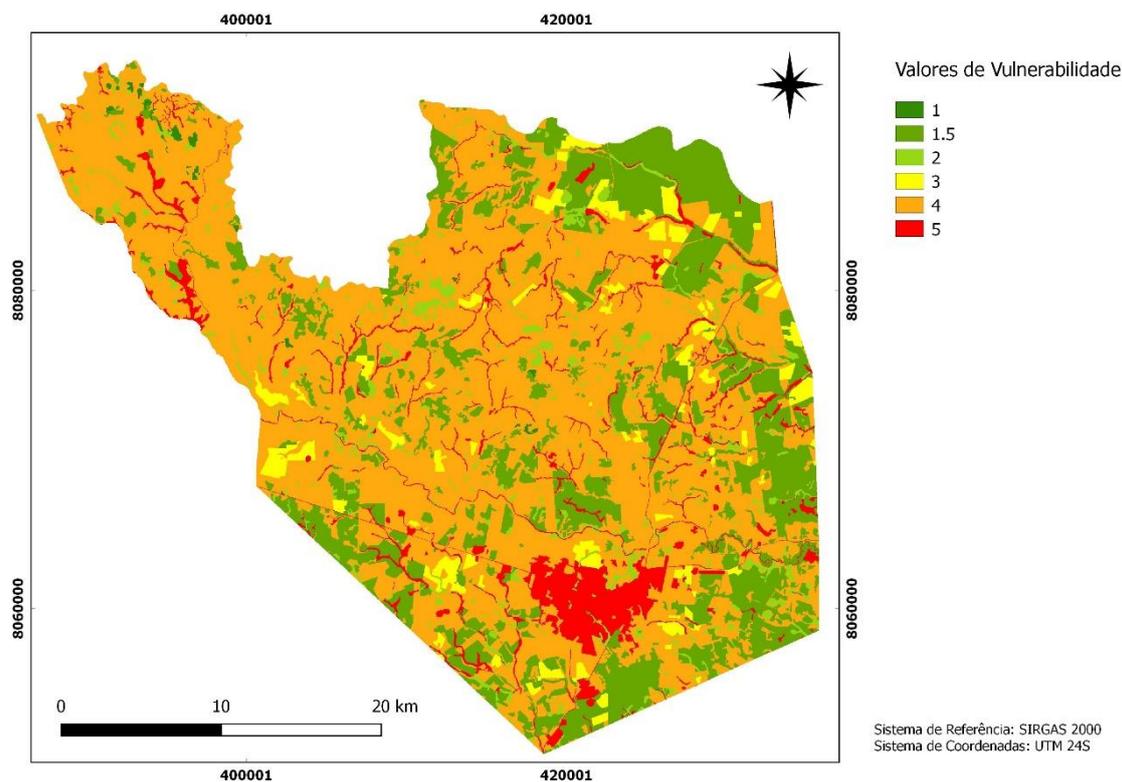


Figura 10: Vulnerabilidade dos diferentes usos e ocupação do solo para o município de Teixeira de Freitas-BA.

Fonte: Elaboração própria com base em dados do Fórum Florestal do Extremo Sul da Bahia (2018).

As condições de uso e ocupação do solo revelam o estado de alta vulnerabilidade de mais de 60% do município em questão (Tabela 12). Essas condições também foram determinantes para o estabelecimento das classes de alta vulnerabilidade no mapeamento final, apresentando as mais extensas classes com valor 5,0 dentre todas as cartas base, com valor correspondente apenas no Mapa de Declividade.

Tabela 12: Vulnerabilidade associada ao Uso e Ocupação do Solo.

Classe	Área em Km ²	Área em %
1	3,06	0,26
1,5	268,87	23,10
2	42,51	3,65
3	46,33	3,98
4	723,03	62,13
5	80,03	6,88

5.5. Mapa de Vulnerabilidade Ambiental

O mapa de vulnerabilidade final resultou numa classificação de muito baixa à baixa vulnerabilidade para a maior parte do município de Teixeira de Freitas, cerca de 74,24% da área (Figura 11), o que deve-se à baixa vulnerabilidade apresentada pelos mapas de geologia e solos (em parte por limitação da escala utilizada) e, pelas baixas declividades da maior parte do território. Entretanto, cabe destacar que extensos trechos dessa área são ocupados por pastagens degradadas, cuja manutenção das condições atuais pode ser, ainda assim, muito danosa para o ambiente em médio ou longo prazo.

O comportamento dos trechos de mais alta vulnerabilidade foi nitidamente determinado pelo aumento da declividade associado às formas mais vulneráveis de Uso e Ocupação do Solo, neste caso, principalmente as pastagens. Pouco mais de um quarto do território (25,76%) foi classificado com vulnerabilidade de média a muito alta, correspondendo a percentual muito importante do território que carece de medidas conservacionistas e de reordenamento (Tabela 13).

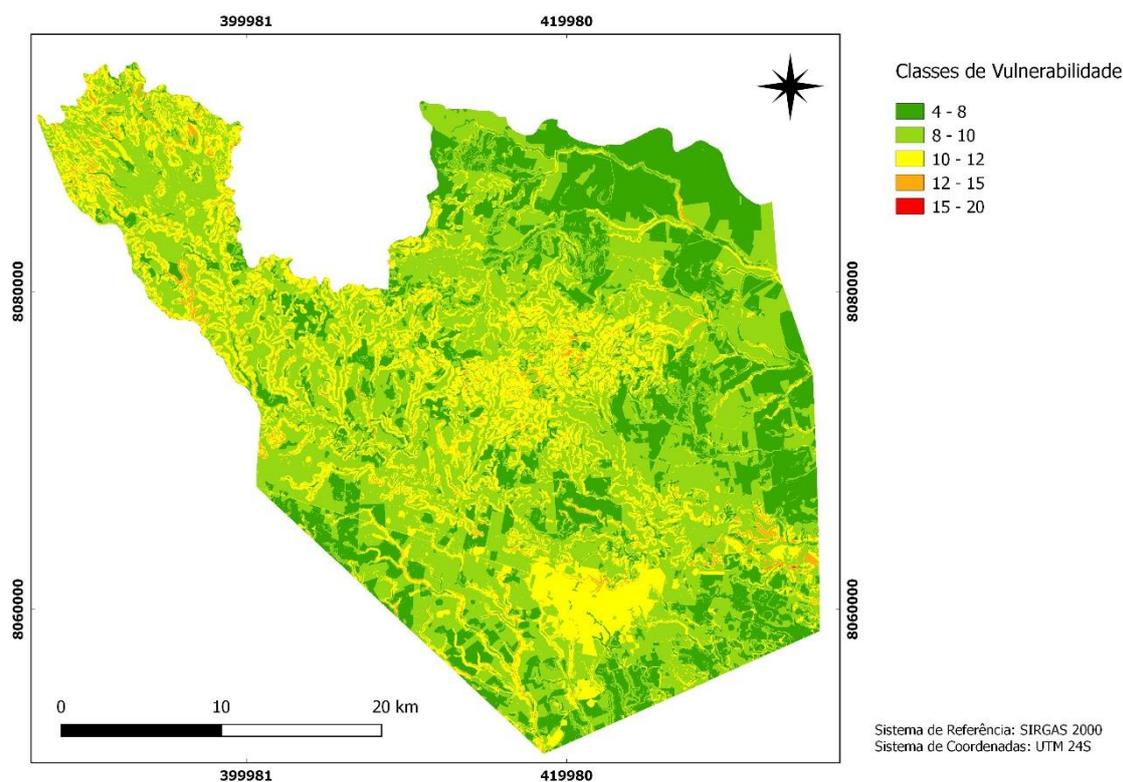


Figura 11: Mapa de Vulnerabilidade Ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas - BA.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 13: Estado de Vulnerabilidade Ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas-BA.

Classe	Área em Km ²	Área em %
Muito Baixa	284,57	24,51
Baixa	577,46	49,73
Média	279,50	24,07
Alta	19,64	1,69
Muito Alta	0,02	0,002

O aumento da vulnerabilidade pode ser observado nas regiões de entorno da Bacia Hidrográfica do PIJ⁵, indicando a necessidade de implementação de políticas de proteção ambiental, sobretudo nas áreas de cabeceira.

A classe de muito baixa vulnerabilidade (24,51% da área estudada), representa em sua maior extensão os tipos litológicos de argilito arenoso e arenito conglomerático – rochas sedimentares de idade relativamente recente –, com presença de latossolo e relevo plano. As formas de uso e ocupação do solo mais frequentes são a silvicultura, florestas em estágio inicial e médio e ocorre também afloramento rochoso. Apesar de a geologia indicar média vulnerabilidade as demais variáveis (solo, declividade e uso e ocupação) determinaram os baixos valores da classe. Nos municípios de Belmonte e Canavieiras a baixa vulnerabilidade (correspondente à classificação de vulnerabilidade mais baixa do estudo) foi condicionada por condições semelhantes de solo e uso e ocupação, com a predominância de latossolos e argissolos, remanescentes florestais e silvicultura (NASCIMENTO e DOMINGUEZ, 2009). Recomenda-se para essa classe programas de monitoramento das condições ambientais.

A classe de baixa vulnerabilidade (49,73% da área estudada), também possui os tipos litológicos de argilito arenoso e arenito conglomerático – rochas sedimentares de idade relativamente recente –, representa a mesma formação geológica da vulnerabilidade muito baixa, mas com a presença mais marcante de argissolo, relevo suave ondulado e formas de uso e ocupação mais vulneráveis como agricultura e pastagens. Apesar da indicação de baixa vulnerabilidade recomenda-se para esta classe um monitoramento

⁵ O município encontra-se na Bacia Hidrográfica dos Rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu. Fonte: INEMA, Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos: <<http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/comites-de-bacias/comites/cbh-peruipe-itanhem-e-jucuruçu/diretoria-pij/>>.

mais consistente, com possível reorientação do uso do solo em função das formas de uso e ocupação para preservação do patrimônio ambiental existente.

A classe de média vulnerabilidade (24,07% da área estudada) distribui-se por toda a formação geológica do município com a presença mais marcante de argissolo. Entretanto, o relevo vai de ondulado a muito ondulado. Tem como formas de uso e ocupação mais frequentes as pastagens, área urbana, áreas úmidas e de várzea, e em menor extensão mineração, áreas degradadas e desmatamento. Estas duas últimas indicando, entretanto, alto risco de perda de solo e perda da biodiversidade e aumento da vulnerabilidade em curto e médio prazo caso as condições sejam mantidas. Recomenda-se a realização de projetos de monitoramento, restauração, conservação e o reordenamento do uso do solo.

As classes de alta e muito alta vulnerabilidade (cerca de 1,7% da área estudada) também distribuem-se por toda a formação geológica, sobretudo com argissolo, mas trechos importantes de muito alta vulnerabilidade ocorrem principalmente na formação sedimentar mais recente que são os depósitos de argila, areia e silte. Essas duas classes foram claramente determinadas pelo relevo muito ondulado a forte ondulado, somado à ocorrência de áreas úmidas e de várzea bem como pastagens. É possível observar que o relevo e o uso e ocupação foram as variáveis mais determinantes para o estado de vulnerabilidade do município. Essas são regiões de alta prioridade, devendo-se executar em caráter urgente atividades de restauração, além do reordenamento do uso do solo, uma vez que há alto risco de movimentos de massa importantes e assoreamento.

Nos trabalhos realizados na região (NASCIMENTO e DOMINGUEZ, 2009; SOUZA, 2013; SOUZA, 2017; SPANGHERO, 2018), todos em municípios costeiros, as maiores forçantes para o aumento da vulnerabilidade costumam ser o risco à inundações e erosão costeira. Enquanto no trabalho de Souza (2013), a classe de muito alta vulnerabilidade indica o risco a inundações pelas águas pluviais, pelo transbordamento de rios ou pelas marés, devido às características da planície costeira, no caso de Teixeira de Freitas a classe de muito alta vulnerabilidade indica o alto risco de erosão devido as altas declividades, formação sedimentar e ausência de cobertura vegetal que pudesse garantir maior estabilidade à paisagem.

Sobre isso, Fushimi et al. (2013) ressaltam que o uso intensivo da terra pela pastagem acelera as feições erosivas lineares, resultando, em seu estudo nas áreas rurais de Presidente Prudente-SP, num meio morfodinâmico que se apresenta como fortemente instável com paisagem degradada, com sulcos e ravinas em avançado estado de erosão

zoógena. Estas áreas de média a muito alta vulnerabilidade deveriam ter seu uso restringido/ reordenado e ser prioritárias para conservação no município de Teixeira de Freitas, sobretudo para as atividades pecuária e agrícola, de modo a corrigir e evitar processos como esses.

De modo geral, a perda da cobertura vegetal no entorno dos corpos de água, as vastas pastagens que ocupam estes espaços e também as áreas mais declivosas reiteram a urgência de planos de (re)ordenamento territorial para proteção da bacia hidrográfica, contenção de processos erosivos e perda da biodiversidade.

5.6. Refinamento do mapa de vulnerabilidade e análise de agrupamento territorial

O refinamento e agrupamento de áreas foi capaz de tornar o mapa de vulnerabilidade mais operacional do ponto de vista do gerenciamento do território e da elaboração de políticas públicas. Entretanto, à medida que o critério para o agrupamento de áreas aumenta, o mapa final sofre gradativa simplificação (Figura 12), com redução das áreas de alta e muito alta vulnerabilidade, as quais são prioritárias para o direcionamento de ações, mas apresentam feições de baixa extensão territorial.

Dessa forma, a escolha e o uso dos mapas deve atender à finalidade, se a intenção for direcionar ações para as áreas com alta vulnerabilidade, deve-se adotar o menor agrupamento possível, porém, se a finalidade for o ordenamento para o gerenciamento do município, quanto mais alto o critério, maior a facilidade de operacionalização das políticas públicas.

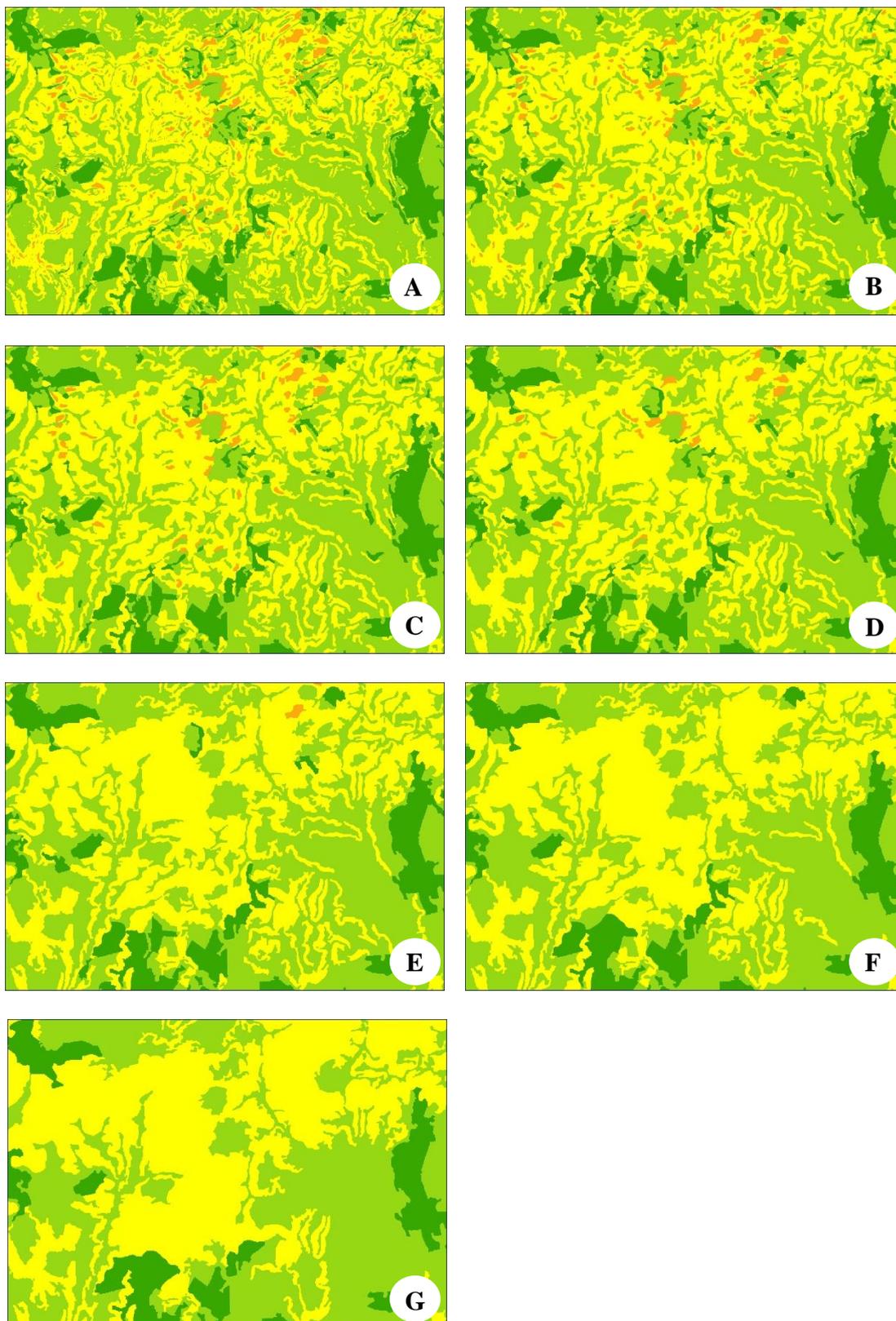


Figura 12: Trecho do mapa de vulnerabilidade sem tratamento (A) e com refinamento e agrupamento de áreas menores que 40 pixels (B), 100 pixels (C), 200 pixels (D), 500 pixels (E), 1.000 pixels (F) e 2.000 pixels (G).

5.6.1 Refinamento e agrupamento de áreas menores que 40 pixels

Com o agrupamento de áreas menores que 40 pixels não se observam mudanças significativas do mapa final. A remoção dessas áreas isoladas com até 0,63 ha não foi suficiente para melhora considerável do resultado (Figura 13).

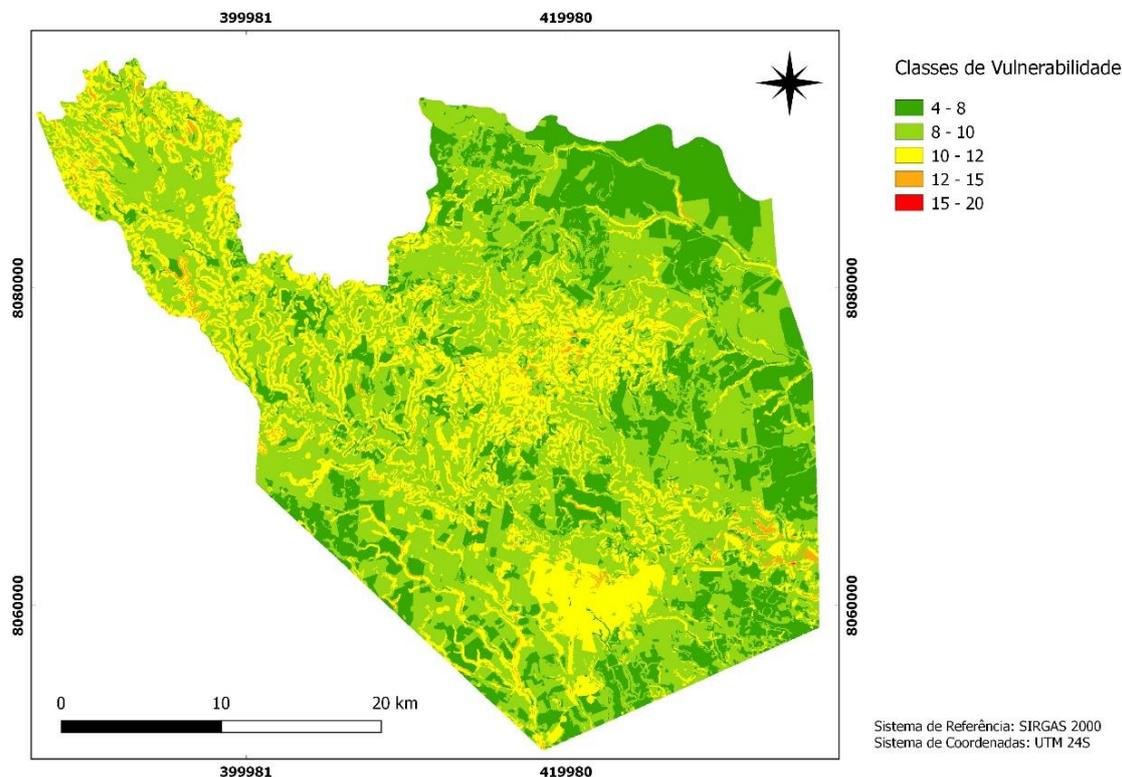


Figura 13: Mapa de Vulnerabilidade Ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas - BA após refinamento e agrupamento de áreas menores que 40 pixels.
Fonte: Elaboração própria.

A redistribuição dos valores das classes de vulnerabilidade não teve mudanças significativas, mas já se observa uma redução nas classes de alta e muito alta vulnerabilidade (Tabela 14).

Tabela 14: Estado de Vulnerabilidade Ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas-BA, após refinamento e agrupamento de áreas menores que 40 pixels.

Classe	Área em Km ²	Área em %
Muito Baixa	282,77	24,29
Baixa	584,83	50,24
Média	280,84	24,12
Alta	15,69	1,35
Muito Alta	0,01	0,001

5.6.2 Refinamento e agrupamento de áreas menores que 100 pixels

Com o agrupamento de 100 pixels começa a haver uma maior redução dos ruídos (Figura 14) com a redução de áreas isoladas de até 1,56 ha, entretanto, em termos da remoção de ruídos, este ainda difere muito pouco do mapa de vulnerabilidade original.

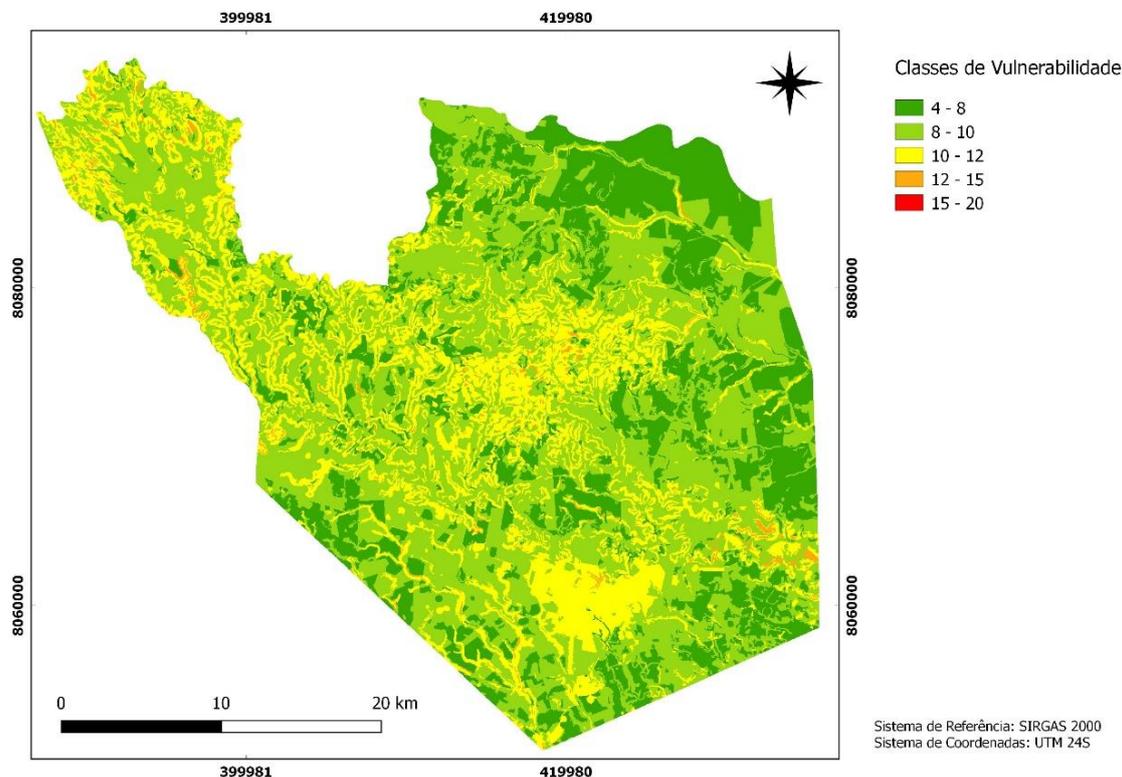


Figura 14: Mapa de Vulnerabilidade Ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas - BA após refinamento e agrupamento de áreas menores que 100 pixels.
Fonte: Elaboração própria.

Ainda assim, com a adoção deste critério já ocorre o desaparecimento da classe de muito alta vulnerabilidade e uma redução da classe de alta vulnerabilidade em 35,5% (Tabela 15).

Tabela 15: Estado de Vulnerabilidade Ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas-BA, após refinamento e agrupamento de áreas menores que 100 pixels.

Classe	Área em Km ²	Área em %
Muito Baixa	281,42	24,17
Baixa	588,33	50,54
Média	281,72	24,20
Alta	12,66	1,09
Muito Alta	0,00	0,00

5.6.3 Refinamento e agrupamento de áreas menores que 200 pixels

Com o agrupamento de 200 pixels tem-se a remoção de áreas de até 3,13 ha, a diminuição de ruídos se torna mais visível (Figura 15).

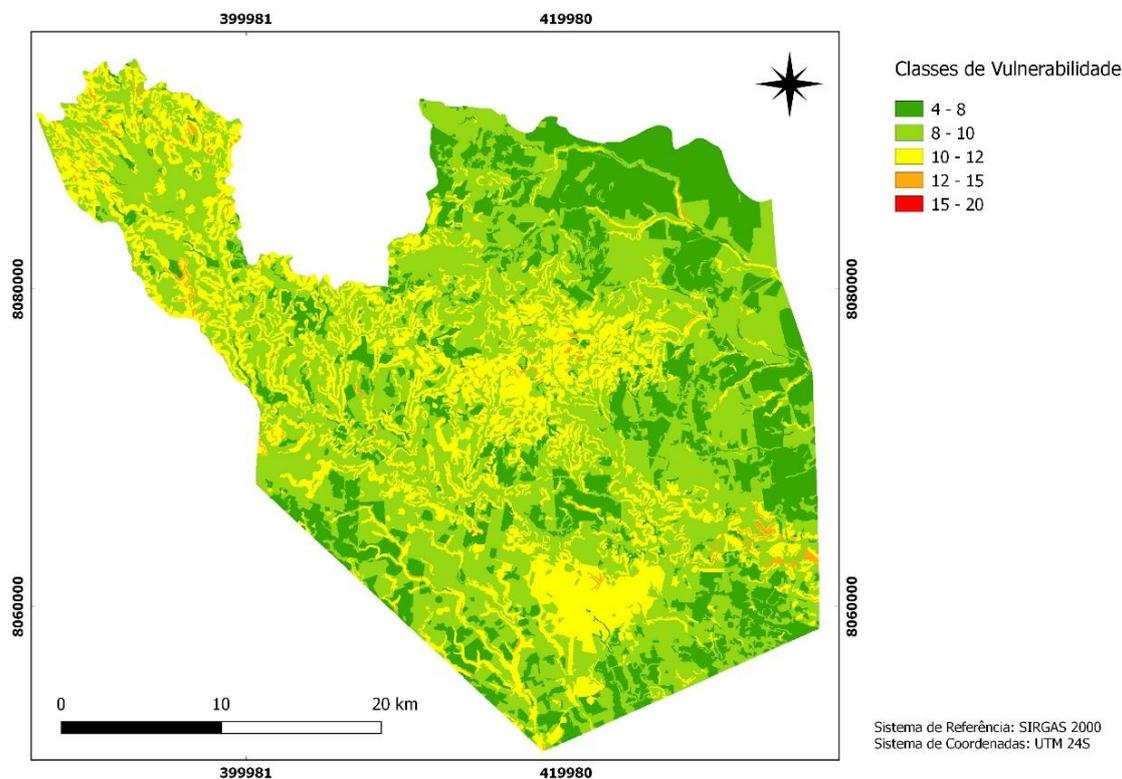


Figura 15: Mapa de Vulnerabilidade Ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas - BA após refinamento e agrupamento de áreas menores que 200 pixels.

Fonte: Elaboração própria.

Seria prudente adotar o mapa com este agrupamento de 200 pixels, porque preserva 49,1% da extensão da classe de alta vulnerabilidade (Tabela 16). Ainda que, para o estabelecimento de políticas públicas os resultados posteriores sejam mais administráveis, perde-se consideravelmente áreas de investimento prioritárias.

Tabela 16: Estado de Vulnerabilidade Ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas-BA, após refinamento e agrupamento de áreas menores que 200 pixels.

Classe	Área em Km ²	Área em %
Muito Baixa	280,04	24,06
Baixa	592,46	50,89
Média	282,01	24,22
Alta	9,64	0,83
Muito Alta	0,00	0,00

5.6.4 Refinamento e agrupamento de áreas menores que 500 pixels

Com o agrupamento de 500 pixels tem-se a remoção de áreas de até 7,81 ha, valor razoável dada a extensão do território em questão (Figura 16).

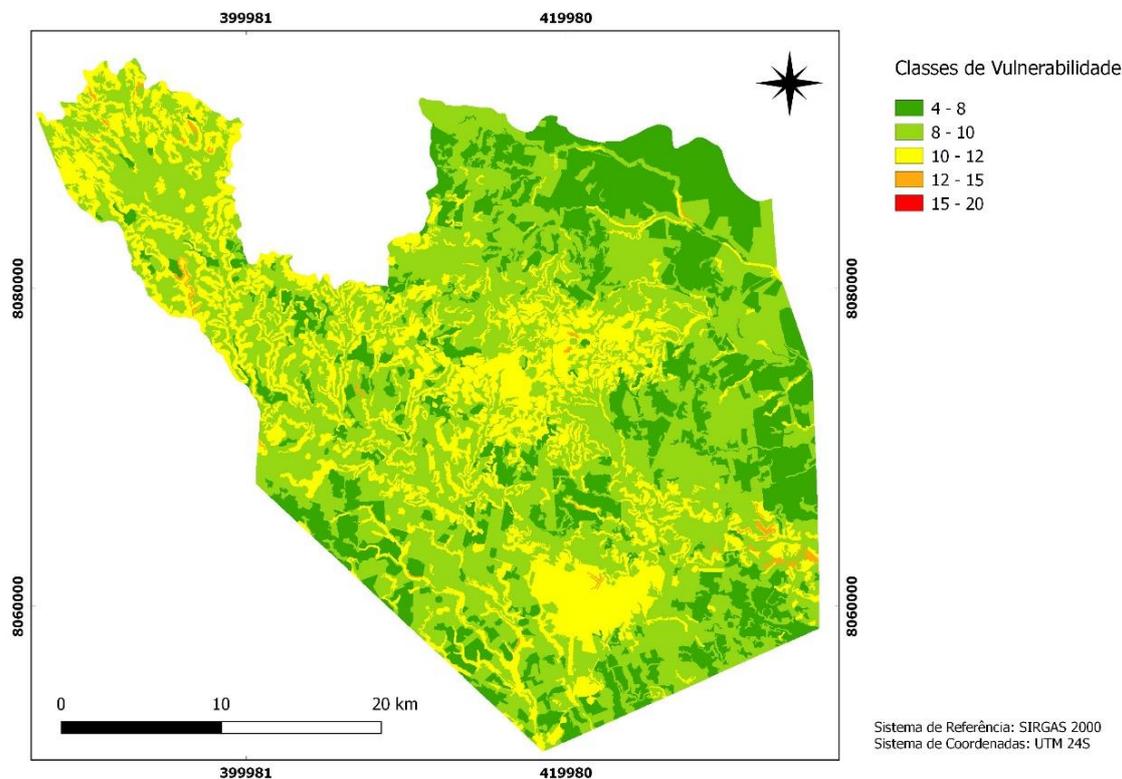


Figura 16: Mapa de Vulnerabilidade Ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas - BA após refinamento e agrupamento de áreas menores que 500 pixels.
Fonte: Elaboração própria.

Neste tratamento ocorre um ligeiro aumento da classe de média vulnerabilidade (Tabela 17) que tendeu a estabilidade ou redução nos demais tratamentos, com maior incorporação das áreas de 500 pixels às classes de muito baixa e baixa vulnerabilidade.

Tabela 17: Estado de Vulnerabilidade Ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas-BA, após refinamento e agrupamento de áreas menores que 500 pixels.

Classe	Área em Km ²	Área em %
Muito Baixa	274,47	23,58
Baixa	602,24	51,73
Média	282,28	24,25
Alta	5,15	0,44
Muito Alta	0,00	0,00

5.6.5 Refinamento e agrupamento de áreas menores que 1.000 pixels

O agrupamento com 1.000 pixels melhora sensivelmente o aspecto visual do mapa de vulnerabilidade (Figura 17), a remoção corresponde a áreas menores que 15,63 ha.

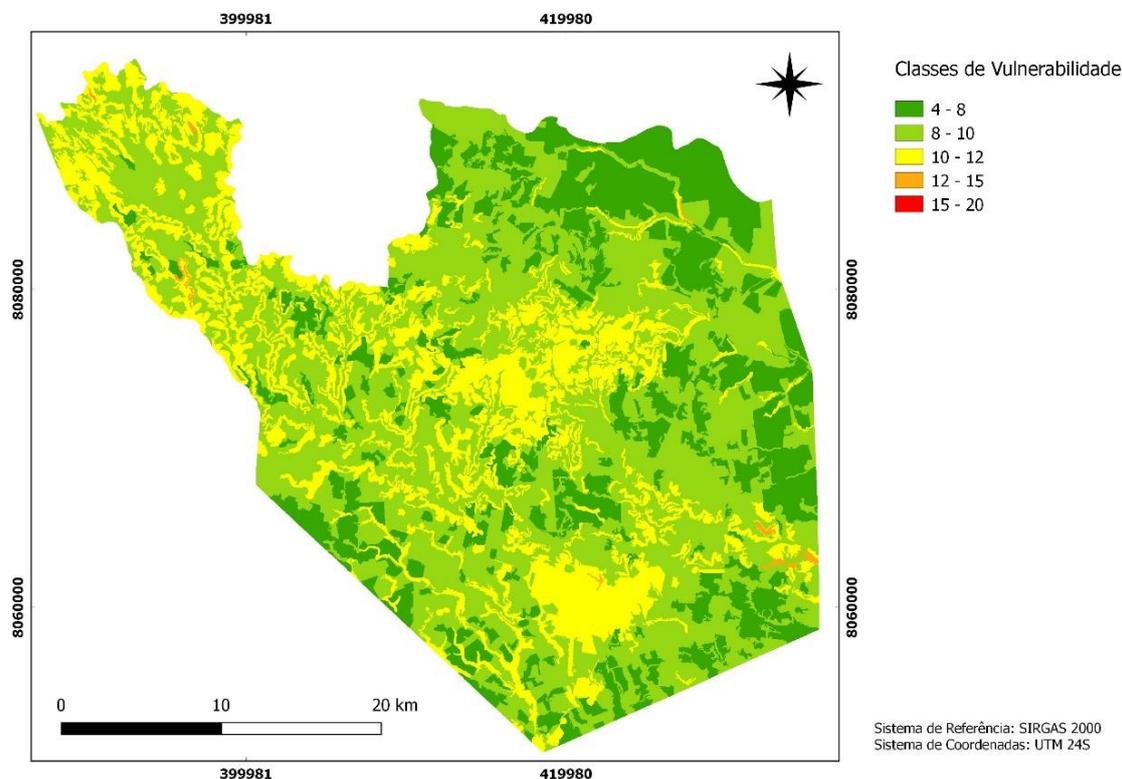


Figura 17: Mapa de Vulnerabilidade Ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas - BA após refinamento e agrupamento de áreas menores que 1.000 pixels.

Fonte: Elaboração própria.

Além de remover áreas de extensão considerável, com este agrupamento ocorre uma redução da classe de alta vulnerabilidade a um percentual de 84% (Tabela 18).

Tabela 18: Estado de Vulnerabilidade Ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas-BA, após refinamento e agrupamento de áreas menores que 1.000 pixels.

Classe	Área em Km ²	Área em %
Muito Baixa	270,60	23,24
Baixa	612,96	52,65
Média	277,49	23,84
Alta	3,09	0,27
Muito Alta	0,00	0,00

5.6.6 Refinamento e agrupamento de áreas menores que 2.000 pixels

A remoção de áreas com até 2.000 pixels resulta num mapa de visualização sensivelmente melhor, entretanto, trata-se da exclusão de feições com 31,25 ha. Simplificação capaz de comprometer porções importantes do território quanto ao tratamento de questões ambientais, com influência capaz de interferir em outras localidades. Uma área deste tamanho, em processo de erosão acentuada por exemplo, reclassificada de média para baixa vulnerabilidade pode trazer consequências negativas.

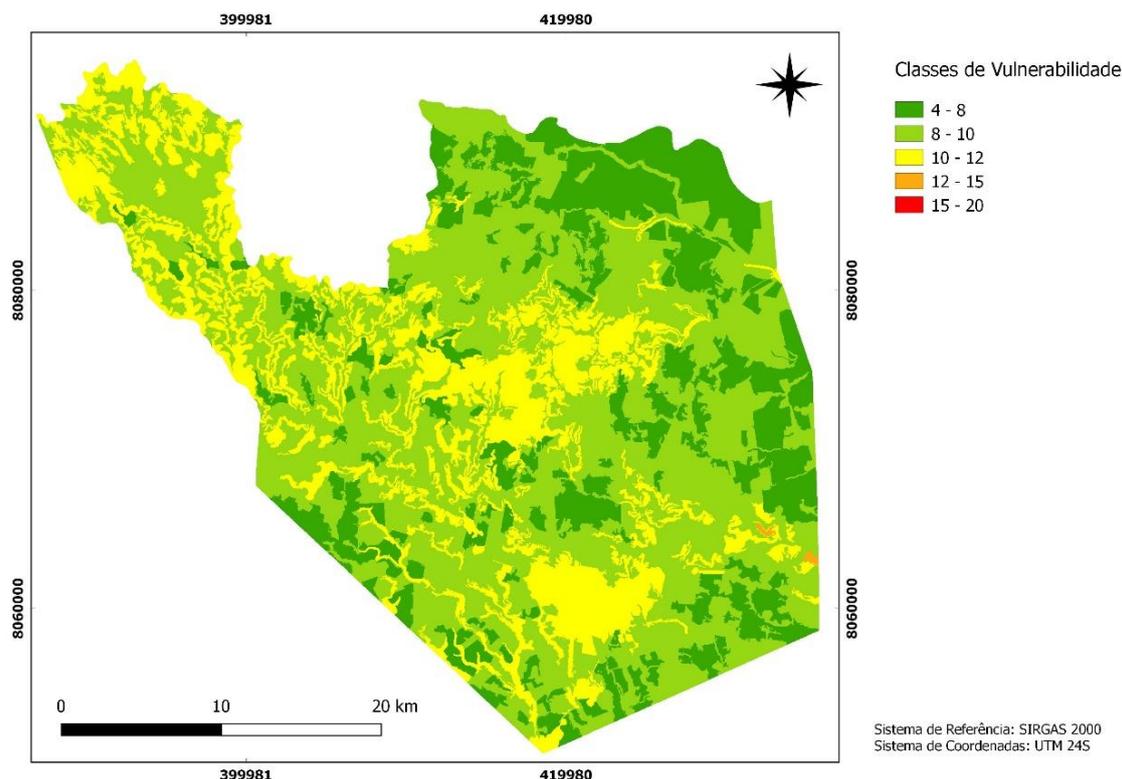


Figura 18: Mapa de Vulnerabilidade Ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas - BA após refinamento e agrupamento de áreas menores que 2.000 pixels.

Fonte: Elaboração própria.

Porém, a nível de planejamento estadual, é um resultado a ser considerado, ainda que ocorra praticamente a extinção da classe de alta vulnerabilidade (Tabela 19).

Tabela 19: Estado de Vulnerabilidade Ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas-BA, após refinamento e agrupamento de áreas menores que 2.000 pixels.

Classe	Área em Km ²	Área em %
Muito Baixa	260,97	22,42
Baixa	631,55	54,25
Média	270,66	23,25
Alta	0,96	0,08
Muito Alta	0,00	0,00

A escolha do critério de agrupamento depende principalmente da escala de trabalho, dos recursos técnico/ operacionais e financeiros disponíveis. Entretanto, pode ser que algum desses fatores seja limitante, baixos recursos orçamentários, por exemplo, podem exigir que um município opte por uma simplificação maior que a desejada. Deve ser considerada também a redistribuição das classes de vulnerabilidade, de modo que se adote o resultado mais inteligente em face das condições de gerenciamento, evitando a perda de dados importantes e regiões de conservação prioritárias.

Neste trabalho, considerando condições razoáveis em termos de recursos e a escala como maior fator determinante, recomenda-se a adoção para o município de Teixeira de Freitas do refinamento e agrupamento de 200 pixels para o planejamento ambiental a nível municipal, e de 2.000 pixels a nível estadual ou regional (Extremo Sul da Bahia).

6. CONCLUSÕES

A identificação do estado de vulnerabilidade ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas-BA a partir de um conjunto de diferentes variáveis e critérios permitiu a análise integrada da paisagem, o que representa um esforço de contribuição para o entendimento de sua inerente complexidade e compreensão dos riscos associados ao uso do solo para o patrimônio social e ambiental. Para tanto foram selecionados como indicadores geomorfológicos, biofísicos e antrópicos a geologia, pedologia, declividade e uso e ocupação do solo.

A vulnerabilidade foi distribuída em cinco classes, sendo que o mapa de vulnerabilidade final resultou numa classificação de muito baixa à baixa vulnerabilidade para a maior parte do município de Teixeira de Freitas, cerca de 74,24%. O restante da área (25,76%) foi classificado com vulnerabilidade média, alta ou muito alta.

Recomenda-se a realização do zoneamento do município a partir dos indicadores de vulnerabilidade, para avaliação das potencialidades de uso alternativas no território, bem como (re)definição de áreas prioritárias para restauração florestal, considerando a necessidade de proteção dos recursos hídricos, da biodiversidade e contenção de processos erosivos.

O estado de vulnerabilidade do município de Teixeira de Freitas inspira medidas urgentes de (re)ordenamento territorial, dadas as condições de fragilidade do solo, em virtude de declividades elevadas e a ocupação dessas áreas por formas de uso e ocupação de alto potencial degradador, como as pastagens, já que quase 26% do município apresenta vulnerabilidade ambiental à erosão de média a muito alta.

Espera-se que os resultados encontrados possam auxiliar a reformulação das políticas públicas vigentes no município, as quais necessitam de atualização e embasamento em estudos ambientais como o aqui realizado, recomendando-se a adoção do mapa de vulnerabilidade final com o refinamento e agrupamento de 200 pixels para otimizar o uso de recursos técnico/ operacionais e financeiros e viabilizar ações de restauração, conservação e monitoramento.

7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, T. M.; MOREAU, A. M. S.; MOREAU, M. S.; PIRES M. M.; FONTES, E. O.; GOÉS, L. M. Reorganização socioeconômica no extremo sul da Bahia decorrente da introdução da cultura do eucalipto. *Sociedade & Natureza*, v.20, n.2, p. 5-18, 2008.

ALMEIDA, T. M. *Cultivo de eucalipto no extremo sul da Bahia: modificações no uso da terra e socioeconômicas*. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC. Programa Regional de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente – PRODEMA, Ilhéus, Bahia, 2009.

ALOS PALSAR. *Imagens de satélite*. Resolução Espacial 12,5 m (raster), 2011. Disponível em: <<https://search.asf.alaska.edu/#/>>. Acesso em: 21 de abril de 2019.

AMORIM, R. R.; OLIVEIRA, R. C. Degradação ambiental e novas territorialidades no extremo sul da Bahia. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia v. 8, n. 22, p. 18 – 37, set. 2007.

ANDRADE, D. C.; ROMEIRO A. R. 2009. *Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano*. Campinas: IE/UNICAMP, v. 155, p. 1-43, 2009. (Texto para Discussão).

AQUINO, A. R.; PALETTA, F. C.; ALMEIDA, J. R. (orgs.). *Vulnerabilidade ambiental*. São Paulo: Blucher, 2017. 112 p.

BAHIA. Lei Estadual n.º 4.452, de 09 de maio de 1985. *Leis do Município de Teixeira de Freitas-BA*. 1985. Disponível em: <<http://www.camaratf.ba.gov.br/wp-content/uploads/2011/03/Lei-4452-1985-CRIA-O-MUNIC%C3%8DPIO-DE-TEIXEIRA-DE-FREITAS.pdf>>. Acesso em: 20 de março de 2018.

BAHIA. Secretaria do Planejamento do Estado da Bahia. *Territórios de Identidade*. 2016. Disponível em: <<http://www.seplan.ba.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=17>>. Acesso em: 19 de março de 2017.

BASTOS JÚNIOR, E. M. *Vulnerabilidade/ fragilidade ambiental à erosão no município de Nossa Senhora da Glória/ SE*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2016.

CABRAL, L. N., & CÂNDIDO, G. A. Urbanização, vulnerabilidade, resiliência: relações conceituais e compreensões de causa e efeito. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 11, 2019.

CAETANO, F.; ROSANELI, A. A paisagem no Plano Diretor Municipal: uma reflexão sobre sua referência na legislação urbanística dos municípios paranaenses. *EURE (Santiago)*, v. 45, n. 134, p. 193-212, 2019.

CALDERANO FILHO, B.; POLIVANOV, H.; CARVALHO JUNIOR, W.; CHAGAS, C. S.; CALDERANO, S. B. Avaliação da vulnerabilidade ambiental de regiões tropicais montanhosas com suporte de SIG. *Revista de Geografia*, Recife, v. 35, n. 3, 2018.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Capítulo 2: Modelagem de dados em geoprocessamento. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Eds.). *Introdução à ciência da geoinformação*. 1. ed. São José dos Campos: INPE, 2001. 345 p.

CORDEIRO, K. O. S. *Estudos sobre a educação infantil pública no município de Teixeira de Freitas – Bahia*. Dissertação (Mestrado). Universidade do Estado da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Educação e Contemporaneidade, Salvador, Bahia, 2007.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. *Cartas Geológicas*. Escala 1:1.000.000 (shapefile), 2003. Disponível em: <<http://geosgb.cprm.gov.br/geosgb/downloads.html>>. Acesso em: 20 de março de 2017.

CREPANI E.; MEDEIROS J.S.; AZEVEDO L.G.; HERNANDEZ FILHO P.; FLORENZANO T.G.; DUARTE V. *Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico: metodologia desenvolvida para subsidiar o Zoneamento Ecológico-Econômico*. INPE, São José dos Campos, 1996. 18 p.

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

DINIZ, N. C.; CINTRA, J. P.; DE ALMEIDA, M. C. J.; SALLES, E. R., & COSTA, M. O. Mapeamento geoambiental em base de dados georreferenciados como suporte de análise de riscos e avaliação ambiental regionais. In: Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental. Vol. 4. *Anais...* p. 49-62. São José dos Campos, 1999.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Solos Brasileiros*. 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-solos-brasileiros/solos-do-brasil>>. Acesso em: 27 de agosto de 2019.

FIGUEIREDO, M. C. B.; TEIXEIRA, A. S.; ARAÚJO L. F. P.; ROSA, M. F.; PAULINO, W. D.; MOTA, S.; ARAÚJO, J. C. Avaliação da Vulnerabilidade Ambiental de Reservatórios à Eutrofização. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 399-409, out. 2007.

FIGUEIREDO, M. C. B., VIEIRA, V. P. P. B., MOTA, S., ROSA, M. F.; MIRANDA, S. Análise da vulnerabilidade ambiental. Fortaleza: *Embrapa Agroindústria Tropical - Documentos*, 2010.

FÓRUM FLORESTAL DO EXTREMO SUL DA BAHIA. *Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Município de Teixeira de Freitas-BA*. Escala: 1: 25.000, (shapefile). Fórum Florestal Regional. Diálogos Florestais do Extremo Sul da Bahia, 2018.

FRANCO, M. A. R. *Planejamento Ambiental para a Cidade Sustentável*. 2. ed. São Paulo: Annablume, Fapesp, 2008.

FUSHIMI, M. Vulnerabilidade ambiental e aplicação de técnicas de contenção aos processos erosivos lineares em áreas rurais do município de Presidente Prudente-SP. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 14, n. 4, p.343-356, out/dez. 2013.

GEOGRAFOS. *Coordenadas Geográficas de Teixeira de Freitas, Bahia*. 2018. Disponível em: <<http://www.geografos.com.br/cidades-bahia/teixeira-de-freitas.php>>. Acesso em 22 de fevereiro de 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades*. 1996. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/v3/cidades/municipio/2931350>>. Acesso em: 18 de março de 2018.

_____. *Mapa de Solos do Brasil*. Escala 1: 5.000.000 (shapefile), 2001. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/pedologia/15829-solos.html?=&t=acesso-ao-produto>>. Acesso em: 25 de junho de 2019.

_____. *Mapa de Clima do Brasil*. Escala 1:5.000.000. 2002. Mapa Temático elaborado pelo Departamento de Estudos Naturais e Recursos Ambientais. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/climatologia/mapas/brasil/clima.pdf>. Acesso em: 22 de dezembro de 2019.

_____. *Malha Territorial*. 2018. Disponível em: <ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15774malhas.html?=&t=downloads>. Acesso em: 25 de junho de 2019.

_____. *Cidades*. 2019a. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/v3/cidades/municipio/2931350>>. Acesso em: 20 de dezembro de 2019.

_____. *Macrocaracterização dos Recursos Naturais do Brasil*. Províncias estruturais, compartimentos de relevo, tipos de solos e regiões fitoecológicas. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro: IBGE: 2019b. 179 p.

JORDÃO, C. O.; MORETTO, E. M. A vulnerabilidade ambiental e o planejamento territorial do cultivo de Cana-de-Açúcar. *Ambiente & Sociedade*. São Paulo, v. 18, n. 1, p. 75-92, jan/mar. 2015.

LIMA, C. O. *Zoneamento geoambiental do município de Caraguatatuba -SP*. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, São Paulo, 2015.

LOPES M. S.; SALDANHA D. L. Análise de vulnerabilidade natural à erosão como subsídio ao planejamento ambiental do oeste da bacia hidrográfica do Camaquã – RS. *Revista Brasileira de Cartografia*, Rio de Janeiro, n. 68/9, p. 1689-1708, out. 2016.

LOSSARDO, L. F. O papel do zoneamento geoambiental na organização espacial do município de Araras-SP. *UNAR*, Araras, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 13-21, 2010.

MARINO, M. T. R. D.; LEHUGEUR, L. G. O. Zoneamento geoambiental do município de Amontada Costa Oeste do Estado do Ceará. *Revista de Geologia*, v. 20, n. 1, p. 39-55, 2007.

MEA - Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC, 2005.

- MEDEIROS, J. S.; CAMARA, G. Capítulo 10: Geoprocessamento para projetos ambientais. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Eds.). *Introdução à ciência da geoinformação*. 1. ed. São José dos Campos: INPE, 2001. 345 p.
- MEDINA, A. I. D.; CÁSSIO, J. P.; SILVA, R. D.; CUNHA, F. G. D.; JACQUES, P. D.; BORGES, A. F. Geologia ambiental: contribuição para o desenvolvimento sustentável. In: *Tendências tecnológicas Brasil 2015: geociências e tecnologia mineral*. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007. p.35-56.
- MENDONÇA, F. *Geografia Física: Ciência Humana?* 7.ed. São Paulo: Contexto, 2001.
- MENEZES, D. J.; TRENTIN, R., DE SOUZA ROBAINA; L. E., & SCCOTI, A. A. V. Zoneamento geoambiental do município de São Pedro do Sul–RS. *Revista Geografias*, v. 7, n. 2, p. 68-80, 2011.
- NASCIMENTO, D. M. C.; DOMINGUEZ, J. M. L. Avaliação da vulnerabilidade ambiental como instrumento de gestão costeira nos municípios de Belmomente e Canavieiras, Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*. Salvador, v. 39, n. 3, p. 395-408 2009.
- NUNES, H. K. B. AQUINO, C. M. S. Vulnerabilidade ambiental dos setores censitários às margens do rio Poti no município de Teresina (Piauí). *Revista Brasileira de Geografia Física*. v. 11, n. 6, p. 1941-1962, 2018.
- OLIVEIRA, M. X. *Análise Geoambiental: Discussão sobre conceitos e metodologias aplicadas*. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2018.
- OLIVEIRA, A. S.; PASSOS, B. M. C. B.; GAMA, G. F. B.; SILVA, J. B. L. Evolução Temporal entre 1990 e 2013 no uso e ocupação do solo em Teixeira de Freitas-BA. *Anais... 7º Seminário de iniciação científica e inovação tecnológica do Território de Identidade do Extremo Sul da Bahia – SICTEXBA*, 2017.
- PEDREIRA, M. S. Complexo florestal, desenvolvimento e reconfiguração do espaço rural: o caso da Região do Extremo Sul baiano. *Revista Bahia Análise & Dados*. Salvador, v.13, nº4, p. 1005-1018, mar. 2004.
- PONTE, F. C.; FURTADO, A. M. M. Integração De Dados Pedo-Geomorfológicos como Subsídio ao Mapeamento Geoambiental, através de SIG, no Município de Carutapera–Estado do Maranhão. *Boletim Amazônico de Geografia*, v. 1, n. 1, 2014.
- PRATES, T. B.; AMORIM, R. R. Vulnerabilidade Socioambiental das Áreas Sujeitas às Inundações no Município de São João Da Barra, RJ, Brasil. *Revista do Departamento de Geografia USP*, Volume Especial – Eixo 8, p. 164-171, 2017.
- RIBEIRO, A. S.; MINCATO, R. L.; CURI, N.; KAWAKUBO, F. S. Vulnerabilidade ambiental à erosão hídrica em uma sub-bacia hidrográfica pelo processo analítico hierárquico. *Revista Brasileira de Geografia Física*. v. 09, n. 1, p. 16-31, 2016.

ROCHA, Daniel. *Alguns fatos históricos da cidade de Teixeira de Freitas*. 2015. Disponível em: < http://www.teixeiradefreitas.ba.gov.br/n/?page_id=348>. Acesso em: 25 de Junho de 2019.

RODRIGUEZ, J. M. M.; DE MAURO, C. A.; RUSSO, I. L.; DOS SANTOS SILVA, C. M.; BOVO, R.; ARCURI, M. E. P.; MARINHO, V. L. F. Análise da Paisagem como base para uma estratégia de organização geoambiental: Corumbataí (SP). *Geografia*, Rio Claro, v. 20, n. 1, p. 81-129, abr. 1995.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica. *Revista Mercator*. v. 1, n. 1, p. 95-112. jan/jun. 2002.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. *Geoecologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental*. Fortaleza: Editora UFC, 2017. 222p.

ROSS, J.L.S. Geomorfologia Ambiental. In: CUNHA, S.B; GUERRA, A.J.T. (Orgs.) *Geomorfologia do Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998, p.351-388.

_____. *Geomorfologia: Ambiente e Planejamento*. 7.ed. São Paulo: Contexto, 2003. 83p.

_____. *Ecogeografia do Brasil: Subsídios para planejamento ambiental*. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2006. 208 p.

SANTOS, M. *Espaço e Sociedade: Ensaio*. Petrópolis: Vozes, 1979.

SANTOS, M. *Pensando o espaço do homem*. São Paulo: Hucitec, 2001.

SANTOS, R.F. dos. *Planejamento Ambiental: teoria e prática*. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184p.

SANTOS, R. F. (Org). *Vulnerabilidade ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos?* Ministério do Meio Ambiente, Brasília: DF. 2007.

SILVA, A. B. *Sistema de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos*. Campinas: Editora da Unicamp, 2003. 236 p.

SILVA, C. R.; DANTAS, M. E. Mapas Geoambientais. In: 7º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. *Anais...* p. 1-17. Maringá, Paraná: ABGE/UEL, 2010.

SILVA, R. M. A influência do pensamento econômico na ideia de sustentabilidade e suas implicações para a percepção e conservação do mundo natural. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 46, p. 334-356, ago. 2018.

SILVEIRA, R. M. P.; SILVEIRA, C. T.; OKA-FIORI, C. Emprego de técnicas de inferência espacial para identificação de unidades de relevo apoiado em atributos

topográficos e árvore de decisão. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 15, nº 1, p. 87-101, 2014.

SOKOLOSKI, L. J. F.; FERREIRA, M. R. A.; VITERBO, G. A.; BELOTTI, F. M.; VIEIRA, E. M. Estudo da vulnerabilidade natural da sub-bacia do Rio Piracicaba/MG utilizando Sistemas de Informações Geográficas (SIG). *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.10, n.2, p.211-222, 2019.

SOUTO, R. D. O papel da geografia em face da crise ambiental. *Estudos Avançados*. São Paulo, v. 30, nº.87, p. 197-212, 2016.

SOUZA, S. O. *Vulnerabilidade Ambiental da Planície Costeira da de Caravelas: Uma Proposta Geossistêmica*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Vitória, Espírito Santo, 2013.

SOUZA, S. O. *Proposta de zoneamento geoambiental como subsídio ao planejamento do uso e da ocupação na Região Costa das Baleias (Bahia)*. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, São Paulo, 2017.

SPANGHERO, P. E. S. F. *Proposta de zoneamento geoambiental do município de Alcobaça-BA*. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. Campinas, São Paulo, 2018.

TEIXEIRA DE FREITAS. *Lei Municipal nº 310, de 25 de novembro de 2003*. Dispõe sobre o Plano Diretor Urbano de Teixeira de Freitas-BA. Teixeira de Freitas, 2003a. Disponível em: < <https://www.camaratf.ba.gov.br/categoria/leis/>>. Acesso em: 08 de setembro de 2019.

_____. *Lei Municipal nº 311, de 29 de dezembro de 2003*. Dispõe sobre Loteamentos e Parcelamento do Solo de Teixeira de Freitas-BA. Teixeira de Freitas, 2003b. Disponível em: < <https://www.camaratf.ba.gov.br/categoria/leis/>>. Acesso em: 08 de setembro de 2019.

_____. *Lei Municipal nº 312, de 25 de novembro de 2003*. Dispõe sobre Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo de Teixeira de Freitas-BA. Teixeira de Freitas, 2003c. Disponível em: < <https://www.camaratf.ba.gov.br/categoria/leis/>>. Acesso em: 08 de setembro de 2019.

TEIXEIRA, G. C.; RIBEIRO, A. S.; MINCATO, R. L. Zoneamento geoambiental da sub-bacia hidrográfica do Rio Mandu, Sul de Minas Gerais, pela geoecologia das paisagens. *Geociências*, São Paulo, UNESP, v. 37, n. 2, p. 315 - 330, 2018.

TERUYA JUNIOR, H.; LASTORIA, G.; CANDIDA CORREA, L.; BAU DALMAS, F.; PARANHOS FILHO, A. C. Vulnerabilidade Natural e Ambiental da Bacia Hidrográfica Rio Formoso, Mato Grosso do Sul. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 41, n. 2, p. 41-50, 2018.

TRICART, J. *Ecodinâmica. Recursos Naturais e meio ambiente*. Rio de Janeiro. IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, n.1, 1977.

VALVERDE, M. C. A interdependência entre vulnerabilidade climática e socioeconômica na região do ABC paulista. *Ambiente & Sociedade*. v. 20, n. 3, p. 39-60, 2017.

VEDOVELLO, R. Aplicações da cartografia geotécnica e geoambiental no planejamento urbano. In: 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. Anais... São Carlos, 2004.

VEYRET, Y (Org.). *Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente*. [Tradutor Dilson Ferreira da Cruz]. São Paulo: Contexto, 2007.

VICENTE; L. E.; PEREZ FILHO, A. Abordagem Sistêmica. *Geografia*, v. 28, n. 3, p. 323-344, 2003.