ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgf>

Vulnerabilidade Ambiental do Município de Teixeira de Freitas - BA

Priscila Félix Almeida¹, João Batista Lopes da Silva², Frederico Monteiro Neves³

¹ Mestre em Ciências e Tecnologias Ambientais, Campus Sosígenes Costa, Universidade Federal do Sul da Bahia, Rodovia Porto Seguro - Eunápolis - BA BR-367, km 10, CEP 45810-000, Porto Seguro - Bahia. (73) 99979-8142. felix.pri@hotmail.com (autor correspondente). ² Professor Adjunto IV, Campus Paulo Freire, Universidade Federal do Sul da Bahia, Praça Joana Angélica, 250, bairro São José, Teixeira de Freitas - BA, CEP 45988-058, Teixeira de Freitas - Bahia. (73) 3292-9853. silvajbl@ufsb.edu.br. ³ Professor Adjunto II, Campus Paulo Freire, Universidade Federal do Sul da Bahia, Praça Joana Angélica, 250, bairro São José, Teixeira de Freitas - BA, CEP 45988-058, Teixeira de Freitas - Bahia. (73) 3292-9853. frederico.neves@ufsb.edu.br.

Artigo recebido em 07/01/2020 e aceito em 17/04/2020

RESUMO

As dimensões do conceito de vulnerabilidade ambiental são tipologias de informação cruciais para o planejamento da gestão de um dado território. Este trabalho tem como objetivo avaliar o estado de vulnerabilidade ambiental do município de Teixeira de Freitas-BA. O processamento digital foi realizado nos softwares ArcGIS 10.7 e QGIS 2.18. Os sistemas de 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 cada classe dessas variáveis estabeleceram-se valores que variaram de 1 (menor vulnerabilidade) a 5 (maior vulnerabilidade). O Mapa de Vulnerabilidade Ambiental foi o produto da sobreposição das cartas base, resultando numa escala de vulnerabilidade dividida em cinco intervalos: muito baixa a muito alta vulnerabilidade. As classes geológicas e pedológicas presentes no Município apresentaram valores de baixa a média vulnerabilidade. Os fatores determinantes para os trechos de alta vulnerabilidade do mapa final foram as regiões de declividades elevadas e as formas mais agressivas de uso e ocupação do solo. Após a geração do mapa de vulnerabilidade final, foi realizado o refinamento e agrupamento de áreas isoladas com diferentes critérios. Recomenda-se, para fins de planejamento ambiental no nível municipal, a adoção do tratamento com agrupamento de áreas de até 200 pixels, o que corresponde à remoção de feições isoladas com extensão de até 3,13 ha, visto que nos demais tratamentos ocorrem sérias e progressivas diminuições das áreas de alta vulnerabilidade, prioritárias para os investimentos públicos. Palavras-chave: Cartografia, Geoprocessamento, Planejamento Ambiental.

Environmental Vulnerability of the Municipality of Teixeira de Freitas-BA

ABSTRACT

The dimensions of the concept of Environmental Vulnerability are crucial information typologies for planning the management of a given territory. This paper aims to indicate the state of environmental vulnerability of the municipality of Teixeira de Freitas-BA. Digital processing was performed using ArcGIS 10.7 and QGIS 2.18 software. The coordinate systems adopted was the SIRGAS 2000 UTM 24S. The selected variables, which generated the base cards were: Geology, Soils, Declivity and Land Use and Occupation, for the classes of these variables values were set that ranged from 1 (lowest vulnerability) to 5 (highest vulnerability). The Environmental Vulnerability Map was the product of overlaying the base cards, resulting in a vulnerability ladder divided into five ranges: very low to very high vulnerability. The geological and pedological classes present in the municipality presented low to medium vulnerability values. The most determining factors for the high vulnerability stretches of the final map were the high slope regions and the most aggressive forms of land use and occupation. After the final vulnerability map was generated, refinement and grouping of isolated areas with different criteria was performed. It is recommended for the environmental planning 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 extension of up to 3.13 ha, since in the other treatments it occurs serious and progressive reduction of areas of high vulnerability, a priority for public investments.

Keywords: Cartography, Geoprocessing, Environmental Planning.

Introdução

O século XXI tem sido marcado por um forte apelo em relação à utilização sustentável dos recursos naturais, que contrasta com uma intensa busca por um desenvolvimento econômico pautado

no consumismo e na degradação ambiental generalizada (Leff, 2015). O consumo, nos moldes atuais, em tempos de uma 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).

As múltiplas formas de apropriação dos territórios nas mais variadas regiões da Terra frequentemente se dão sem uma reflexão prévia acerca das potencialidades e limitações naturais dos espaços geográficos e, ainda, sem planejamento ou prospecção das consequências da exploração humana, resultando na 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).

A capacidade de suporte dos sistemas ambientais frente a diferentes tipos de uso do solo é um elemento importante para o planejamento de sua utilização e gestão, requerendo, para tanto, o levantamento e análise dos atributos da paisagem. Nesse contexto, a geografia ambientalista exerce protagonismo, já que tende a incorporar variáveis tanto físicas quanto sociais no tratamento da problemática ambiental. As atividades humanas são consideradas como parte do ambiente físico e, ainda que careçam de conteúdo político, os estudos que utilizam o enfoque sistêmico têm se esforçado na aplicação de modelos integrados que tentam abarcar a complexidade da realidade (Souto, 2016).

Nesse mesmo cenário, os estudos geoambientais 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 do solo. Recorre-se, nesse caso, as ferramentas da cartografia, de Sistemas de Informação Geográfica – SIG, e de bancos de dados (Medina et al., 2007).

A investigação dos fatores de pressão ambiental relacionados à ocupação humana e a susceptibilidade de um território em sofrer danos em decorrência desses fatores indica seu estado de vulnerabilidade ambiental, logo, o conhecimento desta dinâmica auxilia na priorização de investimentos públicos, normalmente escassos, em diferentes regiões do país (Figueiredo et al., 2007). A priorização de investimentos deve levar em conta estudos relacionados à sensibilidade dos ambientes a mudanças, que abordem aspectos da vulnerabilidade, considerados importantes para a sustentabilidade e promoção da melhoria da qualidade ambiental (Ribeiro et al., 2016).

Investigações sobre a 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), ou para uma análise multidimensional e multicritério do espaço (Calderano Filho et al., 2018; Teruya Junior et al., 2018; Cabral e Cândido, 2019; Sokoloski et al., 2019). Assim, o estado de vulnerabilidade ambiental de um território deveria ser melhor considerado nos processos de planejamento e gestão (Jordão e Moretto, 2015). 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; Sokoloski et al., 2019) e risco à inundações (Prates e Amorim, 2017), etc.

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 atualmente não passava de uma área coberta pela floresta atlântica, matas e brejos até meados de 1950, só possível de alcançar através de trilhas por dentre as matas ou pelos trechos navegáveis do rio Itanhém, quando foi iniciada a exploração de madeira.

Cerca de 40 anos mais tarde, o Município de Teixeira de Freitas já contava com 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, 2019). O incremento populacional trouxe consigo a intensificação dos processos de urbanização e o 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 de um 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, em 2003, não tendo sido realizados estudos ou mesmo a análise bibliográfica dos temas aqui abordados que pudessem embasar as opções expressas no Plano, fosse com o intuito de avaliar o estado de vulnerabilidade do território, ou mesmo para 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, que dispõe sobre loteamento e parcelamento do solo, e à Lei nº 312/2003, que dispõe sobre zoneamento, uso e ocupação do solo.

As limitações da legislação municipal trazem importantes consequências em termos do planejamento territorial do município, dado o reconhecimento da paisagem como um valor intrínseco da natureza humana e objeto de tutela por meio de normatização legal, visando o seu reconhecimento e ordenamento, em prol do bem comum. Além disso, a sociedade brasileira tem confiado na legislação urbanística, em especial no Plano Diretor Municipal, para o reconhecimento e valorização da paisagem local, além de outros objetivos de política urbana, que são atribuições do mesmo instrumento legal, conforme a Constituição Federal determina para todos os municípios com mais de 20 mil habitantes (Caetano e Rosaneli, 2019).

De acordo com Souza (2013), a vulnerabilidade ambiental traduz-se na maior ou menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado pela ação antrópica. Sendo assim, a avaliação da vulnerabilidade da paisagem é um importante instrumento para se evitar o comprometimento dos recursos naturais e a potencialização de processos morfogênicos negativos. É um pressuposto dessa análise que o capital natural não deve sofrer declínio, devendo ser mantido acima de um nível considerado crítico, já que a manutenção da capacidade humana de gerar bem-estar depende disso (Silva, 2018).

O conhecimento do estado de vulnerabilidade ambiental do território de Teixeira de Freitas contribuirá para uma avaliação crítica e (re)orientadora da gestão do ambiente, sendo uma

etapa importante para a melhoria e/ou implementação de instrumentos de planejamento urbano e rural coerentes com a realidade do Município e direcionados para os objetivos da sustentabilidade.

Assim, o objetivo deste trabalho é aferir o estado de vulnerabilidade ambiental do Município de Teixeira de Freitas – BA, considerando principalmente indicadores de estabilidade da paisagem como elementos orientadores da análise. Também se espera que os dados gerados possam contribuir para uma melhor gestão do território, além de fornecer informações relevantes para a definição de políticas públicas e para estudos correlatos.

Material e métodos

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 (SEPLAN, 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, Ibirapôa, Itamaraju, Itanhém, Jucuruçu, Lajedão, Medeiros Neto, Mucuri, Nova Viçosa, Prado, Teixeira de Freitas (onde foi realizada a presente pesquisa) e Vereda.

Segundo Amorim e Oliveira (2007), esta é uma das áreas de ocupação e povoamento mais antigas da Bahia e do Brasil, já que um dos primeiros núcleos de ocupação estabelecidos pelo governo português surgiu em 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, que resultou em acentuado 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 crescimento e da inserção da economia regional e estadual aos fluxos econômicos e do comércio nacional e internacional. Por outro lado, esse modelo de desenvolvimento regional não tem 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 (redução da 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, 2019).

Segundo o zoneamento 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 2 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 °C, com pluviosidade média anual de 1 148,20 mm.

O território assenta-se sob região de Tabuleiro Costeiro pertencente 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, 2019).

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.

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.

A partir da revisão, optou-se pela utilização com adaptações da metodologia adotada por Nascimento e Dominguez (2009), que avaliaram a vulnerabilidade ambiental dos municípios de Belmonte e Canavieiras, na Bahia (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).

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

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: Nascimento e Dominguez (2009).

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. (2001), direcionado ao Zoneamento Econômico Ecológico da Amazônia. Métodos semelhantes têm sido usados em municípios não costeiros.

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, revisitas as estabelecidas por Crepani et al. (2001).

Adaptações também foram realizadas considerando a realidade local e a natureza das informações, a exemplo da estratificação das formações florestais vistas no mapa de uso e ocupação do solo, onde as Florestas em Estágio Inicial, Médio e Avançado receberam valores de vulnerabilidade diferentes. 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) valorados 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 utilizou-se o comando *rastercalculator* do ArcGIS 10.7.

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

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

Geologia			Valor de Vulnerabilidade
Tempo geológico	Tipo litológico	Classe rochosa	
Proterozoico – Neoproterozoico – Criogeniano	Gnaiss, 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, argilito 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).

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

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).

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 maduros, lixiviados e bem desenvolvidos, onde as condições de estabilidade permitem o predomínio dos processos de pedogênese, recebem valores mais baixos (Crepani et al., 2001).

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 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 buffer de Teixeira de Freitas, fez-se a reinterpolação, pelo comando *topot raster* 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, considerando os relevos mais ondulados como mais susceptíveis a erosão, recebendo os valores de vulnerabilidade mais elevados (Tabela 4).

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).

Mapa de Uso e Ocupação do Solo

Para o mapa de uso e ocupação do solo, os dados foram obtidos junto ao Fórum Florestal do Extremo Sul da Bahia, que disponibilizou dados de uso e cobertura do solo para o ano de 2018, na escala de 1:25.000. 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 (Tabela 5).

Tabela 5. Valores de vulnerabilidade para as categorias de uso do solo de Teixeira de Freitas-BA.

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

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

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, resultando na seguinte classificação, com base nos intervalos estabelecidos na Tabela 6.

Tabela 5. 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).

A classe de muito baixa vulnerabilidade representa as coberturas geológicas de formações mais antigas, com tipos litológicos gnáissicos, kinzigíticos e graníticos, classes rochosas ígneas e metamórficas, de relevo plano, solos antigos e formas de uso e ocupação do solo que propiciam maior estabilidade à paisagem. Na classe de baixa vulnerabilidade entram relevos de suave ondulado a ondulado e formas de uso e ocupação que tomam a paisagem mais vulnerável. Os fatores determinantes para as classes de média, alta e muito alta vulnerabilidade são o aumento da declividade, a cobertura geológica mais recente

com tipos litológicos argilosos e arenosos, classe rochosa sedimentar e formas de uso e ocupação de maior vulnerabilidade, como a presença de pastagens, áreas degradadas e mineração.

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 outros agentes. A análise por agrupamento consistiu na incorporação de pequenas áreas em áreas maiores adjacentes a elas. Esta análise foi realizada com diferentes critérios, sendo que o agrupamento de incorporação de áreas foi realizado com:

- i) até 40 pixels, correspondendo a 0,63 ha;
- ii) até 100 pixels, correspondendo a 1,56 ha;
- iii) até 200 pixels, correspondendo a 3,13 ha;
- iv) até 500 pixels, correspondendo a 7,81 ha;
- v) até 1000 pixels, correspondendo a 15,63 ha; e
- vi) até 2000 pixels, correspondendo a 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.

Resultados e discussão

Mapa Geológico

O mapa geológico apresentado a 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 gnaiss, 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.

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

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

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

Figura 5. Vulnerabilidade das Unidades Geológicas no Município de Teixeira de Freitas-BA. Fonte: Elaboração própria com base em dados do CPRM (2003).

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. Como não é possível mensurar o grau de influência desses, foram consideradas na geração do mapa e na análise da vulnerabilidade apenas as classes predominantes.

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 é realizado o 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).

Para se ter uma ideia, 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 para 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.

Figura 6. Solos predominantes no Município de Teixeira de Freitas-BA. Fonte: Elaboração própria com base em dados do IBGE (2001).

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 (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.

Com relação aos percentuais ocupados por cada classe de vulnerabilidade, a maior área corresponde a classe com valor 2 (76,05%), enquanto somente 23,95% corresponde ao valor 1 (Tabela 8). 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 8. Vulnerabilidade das associações de Solos.

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

Mapa de Declividade

O relevo do município de Teixeira de Freitas apresenta-se majoritariamente 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 7. Vulnerabilidade das associações de Solos. Fonte: Elaboração própria com base em dados do IBGE (2001).

O Município situa-se no compartimento de relevo Tabuleiros, feição caracterizada por topos tabulares ou suavemente ondulados, em geral limitada por ressaltos (IBGE, 2019). 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).

Aproximadamente 90% do Município apresenta vulnerabilidade de baixa à média, com no máximo 30% de declividade (Tabela 9), percentual limite para o parcelamento do solo 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 ocorrência de pastagens.

À medida que a declividade aumenta, a vulnerabilidade também, em razão do maior potencial de geração de escoamento superficial e, consequentemente, 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.

Tabela 9. 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

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.

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.

Mapa de Uso e Ocupação do Solo

As formações florestais naturais no município de Teixeira de Freitas foram extensamente degradadas nas últimas décadas, restando atualmente cerca de 10,88% da área do município (Figura 9). Os remanescentes florestais encontram-se em estágio inicial ou médio de recomposição, sendo o resultado da intensa exploração madeireira que marca a história da região. A pecuária é segunda atividade econômica de grande impacto ambiental, e se desenvolveu concomitantemente com a agricultura, sendo atualmente a maior feição da área estudada por meio do 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.

A ocupação indiscriminada por pastagens dos trechos de mais alta declividade, inclusive os superiores a 30%, somadas às características dos

solos altamente intemperizados e pouco férteis, favorece em muito os processos erosivos. 62,12% do território municipal é ocupado por pastagens (Tabela 10), 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. Nesse contexto, torna-se necessária a proibição da instalação de pastagens nas áreas de relevo íngreme e recuperação da cobertura vegetal.

O plantio de Eucalipto é a segunda forma de uso e ocupação do solo 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.

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).

Tabela 10. 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).

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 2000 foi registrada uma taxa de população urbana 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 consequentemente 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.

A perda da vegetação natural do município de Teixeira de Freitas e a substituição da cobertura vegetal por pastagens, que apresentam limitada

capacidade de cumprir as funções citadas anteriormente, contribuem para a deterioração da estrutura e fertilidade do solo, indicando a urgência da implementação de medidas de ordenamento territorial.

Diferentemente dos demais mapas de vulnerabilidade, que acentuam a maior vulnerabilidade a risco erosivo e, consequentemente, 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).

As condições de uso e ocupação do solo revelam o estado de alta vulnerabilidade de mais de 69% do município em questão (Tabela 11). 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, tendo valor correspondente apenas no Mapa de Declividade.

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).

Tabela 11. 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%

Mapa de Vulnerabilidade Ambiental

O mapa de vulnerabilidade final resultou numa classificação de muito baixa a baixa vulnerabilidade para a maior parte do município de Teixeira de Freitas, perfazendo 74,24% da área (Figura 11), o que deve-se à baixa vulnerabilidade apresentada pelos mapas de geologia e solos e pelas baixas declividades da maior parte do território.

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 áreas de pastagens. Pouco mais de um quarto do território foi classificado com vulnerabilidade de média a muito alta - 25,76 % (Tabela 12).

Tabela 12: Estado de Vulnerabilidade Ambiental 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, indicando a necessidade de implementação de políticas de proteção ambiental.

Figura 11. Mapa de Vulnerabilidade Ambiental do Município de Teixeira de Freitas - BA.

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 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 do solo, com a predominância de latossolos e argissolos, remanescentes florestais e silvicultura (Nascimento e Dominguez, 2009).

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 –, representando 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.

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 apresenta configuração entre ondulado e muito ondulado, sendo as 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 indicam, 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 restauração e conservação dessas áreas.

As classes de alta e muito alta vulnerabilidade (cerca de 1,7% da área estudada) também se distribuem 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 fortemente ondulado, somado à ocorrência de áreas úmidas e de várzea, bem como pastagens. Observa-se que o relevo e o uso e ocupação foram as variáveis que mais contribuíram para o estado de vulnerabilidade do Município.

Nos trabalhos realizados na região (Nascimento e Dominguez, 2009; Souza, 2013; Souza, 2017; Spanghero, 2018), todos em municípios costeiros, as maiores forças para o aumento da vulnerabilidade costumam ser o risco a 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.

Em estudo realizado em áreas rurais de Presidente Prudente-SP, Fushimi et al. (2013) observaram que o uso intensivo da terra pela pastagem acelera as feições erosivas lineares, resultando num meio morfodinâmico que se apresenta como fortemente instável e com paisagem degradada, com sulcos e ravinas em avançado estado de erosão zoógena. No caso de Teixeira de Freitas, as áreas de média a muito alta vulnerabilidade deveriam ter seu uso restringido/reordenado de modo a corrigir e evitar processos como esses, especialmente para as atividades pecuária e agrícola, tendo como prioridade a conservação.

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 demandam urgentemente planos de (re)ordenamento territorial, tendo como objetivos a proteção da bacia hidrográfica, a contenção de processos erosivos e a redução da perda da biodiversidade.

Refinamento do mapa de vulnerabilidade e análise de agrupamento territorial

O objetivo do refinamento e agrupamento de áreas foi 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 devem considerar o objetivo de seu uso. 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.

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 melhorar consideravelmente o resultado (Tabela 13).

Figura 1. Trecho do mapa de vulnerabilidade sem tratamento (A), com refinamento e agrupamento de áreas menores que 40 pixels (B), 200 pixels (C), 500 pixels (D), 1.000 pixels (E) e 2.000 pixels (F).

Tabela 13. Estado de Vulnerabilidade Ambiental 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

Com o agrupamento de 100 pixels começa a haver uma maior redução dos ruídos 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 (Tabela 14). 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 14. Estado de Vulnerabilidade Ambiental 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

Para o agrupamento de 200 pixels tem-se a remoção de áreas de até 3,13 ha, sendo que a diminuição de ruídos se torna mais visível (Figura 13). Seria prudente adotar o mapa com este agrupamento de 200 pixels devido a manutenção de 49,1% da extensão da classe de alta vulnerabilidade. Ainda que para o estabelecimento de políticas públicas os resultados posteriores sejam mais administráveis, perde-se consideravelmente áreas de investimento prioritárias (Tabela 15).

Tabela 15. Estado de Vulnerabilidade Ambiental 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

No agrupamento de 500 pixels tem-se a remoção de áreas de até 7,81 ha, valor razoável dada a extensão do território em questão. Neste tratamento, ocorre um ligeiro aumento da classe de média vulnerabilidade, 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 16).

Figura 13. Mapa de Vulnerabilidade Ambiental do Município de Teixeira de Freitas - BA após refinamento e agrupamento de áreas menores que 200 pixels.

Tabela 16. Estado de Vulnerabilidade Ambiental 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

O agrupamento com 1.000 pixels melhora sensivelmente o aspecto visual do mapa de vulnerabilidade, ocorrendo a remoção correspondente de áreas menores que 15,63 ha. Além de remover áreas de extensão considerável, com este agrupamento ocorre uma redução da classe de alta vulnerabilidade a um percentual de 84% (Tabela 17).

A remoção de áreas com até 2.000 pixels resulta num mapa de visualização sensivelmente melhor, entretanto, ocorre a exclusão de feições com 31,25 ha (Figura 14). Simplificação essa capaz de comprometer porções importantes do território quanto ao tratamento de questões ambientais, com influência também em outras localidades. Uma

área deste tamanho em processo de erosão acentuada, por exemplo, reclassificada de média para baixa vulnerabilidade pode trazer consequências negativas. Porém, a nível de planejamento estadual, é um resultado a ser considerado, ainda que ocorra praticamente a extinção da classe de alta vulnerabilidade (Tabela 18).

Tabela 17. Estado de Vulnerabilidade Ambiental 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

A escolha do critério de agrupamento depende principalmente da escala de trabalho, dos recursos técnicos, operacionais e financeiros disponíveis. Entretanto, pode ser que algum desses fatores seja limitante, a exemplo de baixos recursos orçamentários, que 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).

Tabela 18. Estado de Vulnerabilidade Ambiental 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

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

Conclusões

A identificação do estado de vulnerabilidade ambiental 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. 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 a baixa vulnerabilidade para a maior parte do município de Teixeira de Freitas, perfazendo 74,24% do território. O restante da área (25,76%) foi classificado como de vulnerabilidade média, alta ou muito alta. Deve-se destacar que estes resultados consideram essencialmente a estabilidade da paisagem, sendo que muitas das áreas consideradas de baixa a muito baixa vulnerabilidade estão degradadas ou desmatadas,

mas apresentam baixo risco de erosão devido a estarem localizadas em áreas de baixa declividade e em formações geológicas mais antigas.

Os resultados deste trabalho são importantes por evidenciar as vulnerabilidades ambientais do município de Teixeira de Freitas e por indicar áreas prioritárias para a conservação ambiental, podendo contribuir para a reversão dos processos históricos de degradação ambiental na região.

Recomenda-se a realização do zoneamento do Município a partir dos indicadores de vulnerabilidade, para avaliação das potencialidades de usos alternativos do território, bem como a 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, associadas às declividades mais elevadas e a ocupação dessas áreas por formas de uso e ocupação de alto potencial degradador, como as pastagens.

Espera-se que os resultados desse estudo contribuam para a reformulação das políticas públicas municipais, as quais necessitam de atualização e embasamento em estudos ambientais. Por fim, recomendando-se a adoção do mapa de vulnerabilidade com refinamento e agrupamento de 200 pixels de forma a viabilizar ações de restauração, conservação e monitoramento, permitindo também a otimização do uso de recursos técnicos, operacionais e financeiros

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Fórum Florestal do Extremo Sul da Bahia pela disponibilização dos dados para a realização do trabalho.

Referências

Almeida, T.M., 2009. Cultivo de eucalipto no extremo sul da Bahia: modificações no uso da terra e socioeconômicas. Dissertação (Mestrado). Ilhéus, UESC.

Almeida, T.M., Moreau, A.M.S.S., Moreau, M.S., Pires, M.M., Fontes, E.O., Góes, L.M., 2008. Reorganização socioeconômica no extremo sul da Bahia decorrente da introdução da cultura do eucalipto. *Sociedade & Natureza* [online] 20(2), 5-18. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1982-45132008000200001>. Acesso em: 21 fev. 2019.

ALOS PALSAR. 2011. Imagens de Altimetria. Resolução Espacial 12,5 m (raster). Disponível

em: <<https://search.asf.alaska.edu/#/>>. Acesso em: 21 abr. 2019.

Amorim, R.R., Oliveira, R.C., 2007. Degradação ambiental e novas territorialidades no extremo sul da Bahia. *Caminhos de Geografia* 8 (22), 18-37.

Andrade, D.C., Romeiro, A.R., 2009. Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano. *Texto para Discussão IE/UNICAMP* 155, 1-44.

BAHIA, 1985. Lei Estadual n.º 4.452, de 09 de maio.

BRASIL, 1979. Lei nº 6.766 de 19 de dezembro.

Cabral, L.N., Cândido, G.A., 2019. Urbanização, vulnerabilidade, resiliência: relações conceituais e compreensões de causa e efeito. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana* [online] 11, 1-13. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.002.ao08>. Acesso em: 19 fev. 2019.

Caetano, F., Rosaneli, A., 2019. A paisagem no Plano Diretor Municipal: uma reflexão sobre sua referência na legislação urbanística dos municípios paranaenses. *EURE (Santiago)* [online] 45(134), 193-212. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612019000100193>. Acesso em: 19 fev. 2019.

Calderano Filho, B., Polivanov, H., Carvalho Junior, W., Chagas, C.S., Calderano, S.B., 2018. Avaliação da vulnerabilidade ambiental de regiões tropicais montanhosas com suporte de SIG. *Revista de Geografia* 35(3), 269-288.

Cordeiro, K.O.S., 2007. Estudos sobre a educação infantil pública no município de Teixeira de Freitas – Bahia. Dissertação (Mestrado). Salvador, UNEB.

CPRM. 2003. Cartas Geológicas. Escala 1:1.000.000 (shapefile). Disponível em: <http://geosgb.cprm.gov.br/geosgb/downloads.html>. Acesso em: 20 mar. 2017.

Crepani, E., Medeiros, J.D., Hernandez Filho, P., Florenzano, T.G., Duarte, V., Barbosa, C.C.F., 2001. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. INPE, São José dos Campos.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2019. Solos Brasileiros. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-solos-brasileiros/solos-do-brasil>. Acesso em: 21 ago. 2019.

Figueiredo, M.C.B., Teixeira, A.S., Araújo, L.F.P., Rosa, M.F., Paulino, W.D., Mota, S., Araújo, J.C., 2007. Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização. *Engenharia Sanitária e Ambiental* [online] 12(4), 399-409. Disponível em:

- <https://doi.org/10.1590/S1413-41522007000400006>. Acesso em: 21 mai. 2019.
- FÓRUM FLORESTAL DO EXTREMO SUL DA BAHIA, 2018. 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.
- Fushimi, M., 2013. 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* [online] 14(4), 343-356. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v14i4.435>. Acesso em: 21 abr. 2019.
- GEOGRAFOS, 2018. Teixeira de Freitas, Bahia. Coordenadas Geográficas. Disponível em: <http://www.geografos.com.br/cidades-bahia/teixeira-de-freitas.php>. Acesso em: 22 fev. 2018.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1996. Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/v3/cidades/municipio/2931350>. Acesso em: 18 mar. 2018.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2001. Mapa de Solos do Brasil. Escala 1: 5.000.000 (shapefile). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/pedologia/15829-solos.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 25 jun. 2019.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2018. Malha Territorial. Disponível em: <http://ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15774malhas.html?=&t=downloads>. Acesso em: 25 jun. 2019.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019. Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/v3/cidades/municipio/2931350>. Acesso em: 20 dez. 2019.
- Jordão, C.O., Moretto, E.M., 2015. The environmental vulnerability and the territorial planning of the sugarcane cultivation. *Ambiente & Sociedade* [online] 18(1), 75-92. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC675V1812015en>. Acesso em: 15 abr. 2019.
- Leff, E., 2015. *Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder*. 11^a. ed. Vozes, Rio de Janeiro.
- MEA. Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington.
- Medina, A.I.D., Cássio, J.P., Silva, R.D., Cunha, F.G.D., Jacques, P.D., Borges, A.F., 2015. Geologia ambiental: contribuição para o desenvolvimento sustentável. In: CETEM/MCT (Eds.), *Tendências tecnológicas Brasil 2015: geociências e tecnologia mineral*. CETEM/MCT, Rio de Janeiro, pp. 35-56.
- Nascimento, D.M.C., Dominguez, J.M.L., 2009. Avaliação da vulnerabilidade ambiental como instrumento de gestão costeira nos municípios de Belmonte e Canavieira, Bahia. *Revista Brasileira de Geociências* 39(3), 395-408.
- Nunes, H., Aquino, C., 2018. Vulnerabilidade ambiental dos setores censitários às margens do rio Poti no município de Teresina (Piauí). *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 11(6), 1941-1962. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v11i6.p1941-1962>. Acesso em: 11 out. 2019.
- Oliveira, A.S., Passos, B.M.C.B., Gama, G.F.B., Silva, J.B.L., 2017. 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*.
- Pedreira, M.S., 2004. Complexo florestal, desenvolvimento e reconfiguração do espaço rural: o caso da Região do Extremo Sul baiano. *Revista Bahia Análise & Dados* 13(4), 1005-1018.
- Prates, T., Amorim, R., 2017. Vulnerabilidade Socioambiental das Áreas Sujeitas às Inundações no Município de São João Da Barra, RJ, Brasil. *Revista do Departamento de Geografia* [online] (spe), 164-171. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/rdg.v0ispe.132477>. Acesso em: 4 set. 2019.
- Ribeiro, A., Mincato, R., Curi, N., Kawakubo, F., 2016. Vulnerabilidade Ambiental à Erosão Hídrica em uma Sub-Bacia Hidrográfica pelo Processo Analítico Hierárquico. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 9(1), 16-31. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v9i1.p016-031>. Acesso em: 4 set. 2019.
- Rocha, D., 2015. Alguns fatos históricos da cidade de Teixeira de Freitas. Disponível em: http://www.teixeiradefreitas.ba.gov.br/n/?page_id=348. Acesso em: 15 jan. 2019.
- Santos, R.F., 2007. *Vulnerabilidade ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos?* Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- SEPLAN. Secretaria de Planejamento do Estado da Bahia, 2016. *Territórios de Identidade*. Disponível em:

- <<http://www.seplan.ba.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=17>>. Acesso em: 19 mar 2017.
- Silva, R.M., 2018. A influência do pensamento econômico na ideia de sustentabilidade e suas implicações para a percepção e conservação do mundo natural. *Desenvolvimento e Meio Ambiente* [online] 46, 334-356. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v46i0.55806>. Acesso em: 01 out. 2019.
- Sokoloski, L.J.F., Ferreira, M.R.A., Viterbo, G.A., Belotti, F.M., Vieira, E.M., 2019. Estudo da vulnerabilidade natural da sub-bacia do Rio Piracicaba/MG utilizando Sistemas de Informações Geográficas (SIG). *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais* [online] 10(2), 211-222. Disponível em: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.002.0018>. Acesso em: 15 nov. 2019.
- Souto, R.D., 2016. O papel da geografia em face da crise ambiental. *Estudos Avançados* [online] 30(87), 197-212. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142016.30870012>. Acesso em 15 out. 2019.
- Souza, S.O., 2013. Vulnerabilidade Ambiental da Planície Costeira da de Caravelas: Uma Proposta Geossistêmica. Dissertação (Mestrado). Vitória, UFES.
- Souza, S.O., 2017. Proposta de zoneamento geoambiental como subsídio ao planejamento do uso e da ocupação na Região Costa das Baleias (Bahia). Tese (Doutorado). Campinas, UNICAMP.
- Spanghero, P.E.S.F., 2018. Proposta de zoneamento geoambiental do município de Alcobaça-BA. Dissertação (Mestrado). Campinas, UNICAMP.
- Teixeira De Freitas, 2003. Lei Municipal nº 310, de 25 de novembro.
- Teixeira De Freitas, 2003. Lei Municipal nº 311, de 29 de dezembro.
- Teixeira De Freitas, 2003. Lei Municipal nº 312, de 25 de novembro.
- Teruya Junior, H., Lastoria, G., Correa, C.L., Dalmas, F.B., Paranhos Filho, A.C., 2018. Vulnerabilidade Natural e Ambiental da Bacia Hidrográfica Rio Formoso, Mato Grosso do Sul. *Anuário do Instituto de Geociências* [online] 41(2), 41-50. Disponível em: http://dx.doi.org/10.11137/2018_2_41_50. Acesso em: 15 mai. 2019.
- Valverde, M.C., 2017. The interdependence of climate and socioeconomic vulnerability in the ABC Paulista region. *Ambiente & Sociedade* [online] 20(3), 39-60. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc66r2v2032017>. Acesso em: 15 jun. 2019.