

## **ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE FEIRA DE SANTANA - BA**

**Daniel de Oliveira Souza Freitas<sup>1</sup>**  
**Rafael Oliveira Bessa De Souza<sup>2</sup>**

### **1. INTRODUÇÃO**

O avanço tecnológico, científico e econômico tem, sem dúvida, impulsionado a exploração dos recursos naturais. Decorrente disso, nas últimas décadas, o mundo tem experimentado profundas mudanças que afetam, além das esferas citadas, sua dinâmica ambiental. A expansão do fenômeno de urbanização é um dos fatores que mais contribui para essa realidade. A urbanização de Feira de Santana, umas das principais cidades médias do nordeste do país, é um exemplo desse fenômeno. Com o crescimento populacional acentuado, surgiu a necessidade de construir novas infraestruturas para atender a essa demanda crescente. Como resultado, houve uma ocupação territorial crescente na cidade, o que exerceu uma pressão significativa sobre seus recursos ambientais, em especial, seus recursos hídricos (CARNEIRO; SANTOS, 2019).

A fragilidade ambiental, para Ross (1994), pode ser definida como a vulnerabilidade dos sistemas ambientais às alterações provocadas por atividades humanas. Os sistemas ambientais, em resposta às intervenções humanas, exibem graus variados de fragilidade, dependendo de suas características intrínsecas. Alterações em componentes naturais como relevo, solo, vegetação, clima e recursos hídricos podem comprometer a funcionalidade desses sistemas, desestabilizando seu equilíbrio dinâmico. A análise integrada dessas variáveis permite realizar um diagnóstico detalhado das diferentes categorias de fragilidade dos ambientes naturais (SPÖRL; ROSS, 2004).

Deste modo, o mapa de fragilidade ambiental é uma ferramenta crucial para os órgãos públicos no planejamento territorial ambiental. Ele permite uma avaliação integrada das condições ambientais, alinhando as características naturais do meio com suas limitações e potencialidades.

---

Graduando do Curso de Bacharelado em Geografia da Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS, [dosfreitasgeo@gmail.com](mailto:dosfreitasgeo@gmail.com);

Graduando do Curso de Licenciatura em Geografia da Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS, [rafaelbessa.geo@gmail.com](mailto:rafaelbessa.geo@gmail.com);

Esse mapeamento é fundamental para identificar áreas vulneráveis e orientar decisões que promovam a sustentabilidade e a gestão eficiente dos recursos naturais (KAWAKUBO et al., 2005). Para além disso, Ross (2011) afirma que o planejamento não pode ser formulado a partir de uma leitura estática do ambiente, mas deve estar inserido no entendimento do processo de ocupação que norteia o desenvolvimento e a apropriação do território e de seus recursos. Portanto, adotando a metodologia de Ross (1994) buscando compreender de forma detalhada a fragilidade ambiental, o presente trabalho tem como objetivo mapear a fragilidade ambiental do município de Feira de Santana -BA.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1 Área de estudo**

A presente análise foi realizada no município de Feira de Santana-Ba localizado a aproximadamente de 110 km a noroeste de Salvador, situado no Agreste, área de transição biológica entre a Mata Atlântica e a Caatinga, com presença de fauna e flora dos dois ambientes (DIAS; LOBÃO, 2016; SANTOS ET al., 2020), além de possuir um regime hídrico fortemente influenciado pela geologia local e ser área de recarga de aquíferos e de sua exsudação que enfrenta um uso intensivo e conflituoso dos recursos hídricos. (FRANCA-ROCHA, et al, 1998; LOBÃO; MACHADO, 2005). O município apresenta dentro do seu limite 6 tipos de solos, sendo estes: Neossolos Litólicos Eutróficos, Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico - Pvae, Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Planossolo Háptico Eutrófico Solódico, Chernossolo Háptico, Planossolo Háptico Eutrófico Solódico (IBGE, 2007)

O uso e ocupação da terra no município são predominantemente caracterizados pela agricultura e pecuária, com presença de lagos, açudes e represas, especialmente na porção leste. Na porção oeste, destaca-se a presença da vegetação de caatinga, além de áreas de floresta estacional e secundária. A vegetação natural, composta por caatinga arbórea e arbustiva, encontra-se bastante fragmentada nas áreas mais baixas do relevo, mas permanece bem preservada nas regiões de serras. O núcleo urbano está localizado na porção central do município (DIAS; LOBÃO, 2016; SANTOS et al., 2020). Feira de Santana está inserido no chamado “Polígono das Secas”, em uma zona de transição climática, situada entre o clima úmido e o clima seco do semiárido com precipitação média anual é de 850 mm (CPRM, 2005; SANTOS et al., 2017; SOUZA et al., 2024). As declividades, em Feira de Santana, em geral, são baixas, com a mancha urbana localizada em áreas com declividade inferior a 9,4%. No

entanto, existem alguns trechos de declividade mais acentuada a noroeste e a oeste (SANTOS, 2019).

## 2.2 Materiais e métodos

O diagnóstico e mapeamento da fragilidade ambiental foram realizados por meio de uma análise multicriterial, baseada na metodologia proposta por Ross (1994). Esse procedimento envolve a integração de mapas que representam a vulnerabilidade associada a características do ambiente, como precipitação, declividade, solos, cobertura vegetal, uso e cobertura da terra. A classificação e hierarquização desses atributos seguiram rigorosamente a metodologia de Ross (1994). O método busca diagnosticar o ambiente considerando a contribuição dessas características nos diferentes graus de fragilidade ambiental. Cada variável foi hierarquizada em cinco classes de vulnerabilidade ambiental: muito fraca, fraca, média, forte e muito forte (Tabela 01).

Fragilidade	Categorias Hierárquicas (Uso e cobertura)	Categorias Hierárquicas (Solos)	Fator R	Código
Muito Fraca	Formação Florestal	-	$R < 2.500$	1
Fraca	Formação Savânica	MXo; LVAd	$2.500 < R < 5.000$	2
Média	Pastagem	SXen; PVAe; PVAAd	$5.000 < R < 7.000$	3
Forte	Formação Campestre; Silvicultura; Mosaico de Usos	-	$7.000 < R < 10.000$	4
Muito Forte	Área Urbanizada; Áreas não Vegetadas	RLe	$R > 10.000$	5

RLe = NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos; SXen = PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico solódico; PVAe = ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico; PVAAd = ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico; MXo = CHERNOSSOLO HÁPLICO; LVd = LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico

**Tabela 01** - Classificação da Fragilidade Ambiental: Análise das Classes de Solo, Uso e Cobertura do Solo e Fator R

Fonte: Adaptado de Ross (1994)

Os procedimentos para normalização e análise dos dados foram feitos em ambiente SIG pelo software QGIS 3.24. Todos os dados utilizados foram padronizados, no que se refere a sua projeção cartográfica (utilizou-se a Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM) e o sistema de referência geodésica (SIRGAS 2000, Zona 24 Sul). Isto posto, inicialmente, foi realizada a coleta de dados geoespaciais a partir Base Cartográfica Contínua do Brasil na escala 1:250.000 – BC250 (IBGE, 2021), para a declividade foram utilizadas imagens do Copernicus GLO-30 Digital Elevation Model, para uso e cobertura do solo (Mapbiomas, 2024), pedologia (IBGE, 2021) e precipitação Agência Nacional das Águas (ANA, 2024)

como uma base geoespacial de referência para classificação com base na metodologia de Ross (1994).

A declividade foi gerada a partir do modelo digital de elevação Copernicus (Copernicus GLO-30 Digital Elevation Model). Em seguida classificou-se a declividade das áreas segundo os 5 graus de fragilidade (ROSS, 1994), a saber: 1º muito fraco (declividade < 3%), 2º fraco (declividade 3-6%), 3º médio (declividade 6-12%), 4º forte (declividade 12-20%) e por último o 5º critério sendo muito forte (declividade > 20%).

O mapeamento dos solos do município foi realizado utilizando a base cartográfica de dados digital estruturada e padronizada no âmbito da pedologia, na escala 1:250.000 (IBGE, 2021). Segundo Ross (1994) os critérios para classificar os solos incluem a textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas e a profundidade ou espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais onde as classes de fragilidade dos solos são agrupadas com base no escoamento superficial das águas pluviais, seja ele difuso ou concentrado, dessa maneira efetuou-se a reclassificação do solo (Tabela 01).

Já em relação aos dados de uso e cobertura do solo, foram obtidos através do Projeto MapBiomas (Versão 8.0) que é um projeto multi-institucional envolvendo universidades, ONGs e empresas de tecnologia com o propósito de mapear anualmente a cobertura vegetal e o uso do solo do Brasil. Atualmente tem-se disponíveis 36 anos de mapas de cobertura e uso do solo, ano a ano, de 1985 à 2021. O uso e cobertura do solo identificado e reclassificado na estudado e reclassificado segundo a metodologia de Ross (1994) pode ser observado na Tabela 02.

O fator R representa a erosividade da chuva e avalia o potencial da chuva para causar erosão com base em suas características físicas, como quantidade, intensidade e energia cinética (BATISTA, 2021). Os dados pluviométricos para calcular o fator R do município de Feira de Santana foram obtidos de estações meteorológicas da Agência Nacional de Águas (ANA, 2024), com séries históricas começando de 1953 e convertidos em SHP (*shapefile*). Após a coleta dos dados pluviométricos estes foram convertidos para arquivo XLSX e agrupados em tabelas para prosseguir com o cálculo do fator R.

Em seguida os valores de R obtidos para os postos pluviométricos foram exportados para o QGIS 3.24 onde procedeu-se com a interpolação pelo método IDW (Inverse Distance Weighting) onde cada ponto de amostragem tem contribuição com influência local que reduz com a distância. Após a interpolação dos dados referentes ao fator R, estes foram classificados com base nos critérios estabelecidos por Ross (1994) descritos na tabela Tabela 01.

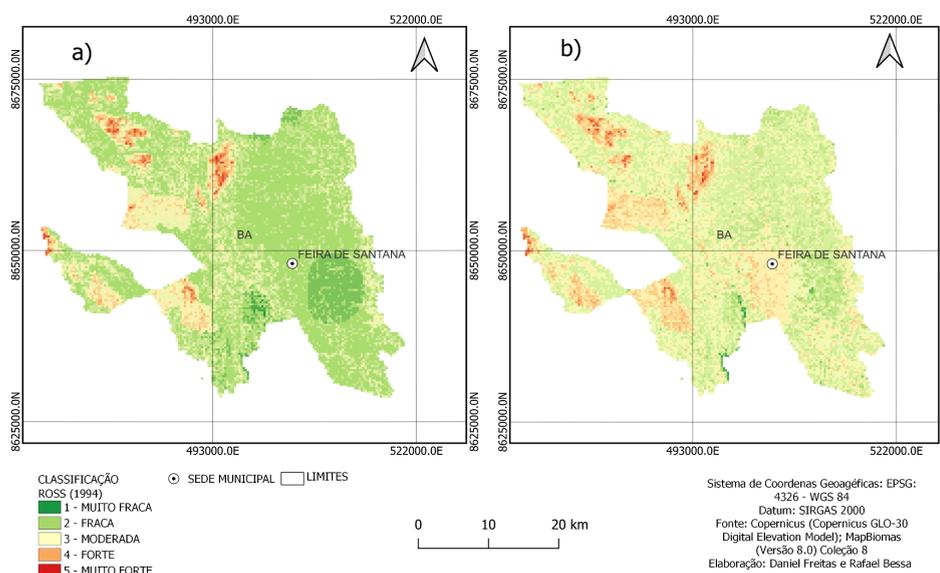
Ao obter e classificar por meio da metodologia de Ross (1994) os dados referentes a solos, uso e cobertura, declividade e erosividade foi necessário proceder com a álgebra de mapas para calcular o índice de fragilidade potencial e emergente de Feira de Santana. O Mapa de Fragilidade Potencial foi gerado pela sobreposição das informações de intensidade pluviométrica (mm/ano), declividade do terreno (%) e pedologia (unidades de mapeamento de solos). Já o Mapa de Fragilidade Emergente foi obtido ao combinar o Mapa de Fragilidade Potencial com um mapa temático que estabelece os valores para as diferentes classes de uso e ocupação da terra (VALLE et al., 2016).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapa de fragilidade ambiental potencial busca identificar a vulnerabilidade intrínseca de uma área, sem considerar o impacto das atividades humanas. Deste modo, pode-se analisar que o município é marcado por uma fragilidade fraca, principalmente na porção central-leste, a qual é entalhada pela rede de drenagem e corpos hídricos, espacial, seu complexo de lagoas, do município, o que explica a fragilidade média dessa área.

Essa porção do município foi classificada por Leal (2000) como estáveis devido às boas condições físicas, de fraca e média fragilidade, do solo favorecendo o desenvolvimento das da vegetação. Contudo a ocorrência da Fragilidade Média alerta para os riscos de erosão pluvial. Já as áreas classificadas como fragilidade forte e muito forte, que ocorrem na porção oeste-norte estão associadas a ocorrência de feições orográficas de serra e inselbergs constituídos de rochas gnáissicas mais compactas e resistentes à erosão (Santos et al., 2019).

Fragilidade Potencial (a) e Emergente (b) - Feira de Santana - BA



**Figura 1** - Mapa de fragilidade Potencial e Emergente

Fonte: autor.

O Mapa de Fragilidade Emergente (MFE) é obtido ao integrar o MFP com informações sobre o uso e a ocupação da terra. Esse mapa reflete a vulnerabilidade ambiental resultante das interações entre os fatores naturais e as ações antrópicas, proporcionando uma visão mais abrangente da fragilidade do ambiente (Ross, 1994; Kawakubo et al., 2005). Deste modo, percebe-se que o predomínio da fragilidade fraca é substituído pela fragilidade média, bem como o crescimento da fragilidade forte. Isso se dá devido à ocupação urbana na parte central do município sob o complexo de lagoas ali existente. Como mostra os estudos de Lobão e Machado (2005) e Andrade et al., (2019). Para além disso, a conversão da fragilidade baixa para média se dá devido a presença da agropecuária e das pastagens presentes nas áreas rurais e distritos.

Ao analisar a distribuição de áreas por classe de fragilidade potencial e emergente no município de Feira de Santana é possível verificar que na distribuição de da fragilidade potencial (Tabela 02) a maior parte da área classificada está concentrada na Classe 2, que abrange 85,08% do total, correspondendo a 1077,73 km<sup>2</sup>. Esta classe representa regiões com baixa a moderada fragilidade emergente, refletindo áreas menos suscetíveis a alterações ambientais drásticas. Em contraste, a Classe 3, com 158,21 km<sup>2</sup> (12,49% da área total), denota regiões com um nível de fragilidade emergente mais elevado, embora ainda considerável dentro do contexto geral. A Classe 4 cobre apenas 0,31% da área total, evidenciando que as regiões com fragilidade emergente muito alta são raras, já a Classe 5, representando apenas 0,09% da área total, indica uma minoria de áreas com fragilidade emergente crítica.

Grau de Fragilidade	Área Km <sup>2</sup> (Fa)		Fr(%)		Fac		Frac(%)	
	FE	FP	FE	FP	FE	FP	FE	FP
1	11,93	25,79	0,942	2,036	11,93	25,79	0,942	2,036
2	633,88	1077,73	50,04	85,08	645,81	1.103,52	50,99	87,12
3	539,09	158,21	42,56	12,49	1.184,90	1.261,73	93,54	99,61
4	69,92	3,87	5,52	0,31	1.254,82	1.265,60	99,06	99,91
5	11,85	1,08	0,94	0,09	1.266,67	1.266,67	100	100

FP = Fragilidade Potencial; FE = Fragilidade Emergente; **Fr (%)**: Frequência Relativa (em porcentagem); **Fac**: Frequência Acumulada; **Frac (%)**: Frequência Relativa Acumulada

**Tabela 02** - Distribuição de Frequência, km<sup>2</sup>, Fragilidade potencial e emergente.

Fonte: autor.

Para a fragilidade emergente (Tabela 02) a Classe 2 é novamente predominante, ocupando 50,04% da área total com 633,88 km<sup>2</sup>. Isso sugere que uma parte substancial da área apresenta um nível moderado de fragilidade potencial. A Classe 3, abrangendo 42,56%

da área total (539,09 km<sup>2</sup>), indica uma ampla proporção de regiões com fragilidade potencial elevada. A Classe 4 cobre 5,52% da área, destacando uma menor, mas significativa proporção de áreas com alta fragilidade potencial. A Classe 1 é a menos representativa, com 0,942% da área total, o que sugere que áreas com baixa fragilidade potencial são relativamente pequenas. A Classe 5, com 0,94% da área, denota regiões com fragilidade potencial crítica, semelhante à fragilidade potencial.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do mapa fragilidade ambiental proposto por Ross (1994) se mostrou eficaz para identificação precisa das áreas de maior vulnerabilidade no município de Feira de Santana, demonstra a importância de uma abordagem integrada para entender as interações entre fatores naturais e antrópicos. A fragilidade potencial sugere que, embora a seja geralmente baixa, existem locais específicos que demandam atenção especial devido à sua vulnerabilidade mais crítica. Já a fragilidade emergente indica que uma porção considerável do município está sujeita a riscos ambientais mais significativos, o entendimento dessas dinâmicas é crucial para o desenvolvimento de estratégias de gestão ambiental que visem a sustentabilidade e a resiliência dos ecossistemas.

Os dados gerados fornecem uma base sólida para o planejamento territorial e ambiental do município de Feira de Santana. A identificação das áreas com maior fragilidade potencial e emergente permite um direcionamento de esforços integrados para a gestão e mitigação dos riscos ambientais. As regiões com fragilidade elevada necessitam de estratégias específicas para minimizar os impactos da erosão e da degradação do solo, além de promover práticas sustentáveis que preservem os recursos hídricos e o equilíbrio ecológico.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Inventário das estações fluviométricas**. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 15 de ago. de 2024.
- BATISTA, Reginaldo Antonio Weissenberg et al. **Estimativa do fator de erosividade do solo** da região do Vale do Ribeira Paulista, Brasil. *Formação (Online)*, v. 28, n. 53, 2021.
- CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia Prática**. Rio de Janeiro: CPRM–Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais. 1994.
- DA SILVA SOUSA, Taíze; DA SILVA, Neilon Duarte; DA SILVA FILHO, Aloisio Machado. **Análise espaço-temporal das áreas de remanescentes florestais em Feira de Santana:**

**influências sobre a estrutura térmica do município.** Revista Brasileira de Climatologia, v. 34, p. 104-133, 2024.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Pesquisa agrícola municipal. Brasília: IBGE, 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual de Solos. 2ª ed.** Rio de Janeiro: IBGE, 2007. (Manuais técnicos em geociências). ISBN 978-85-240-3722-9.

KAWAKUBO, Fernando Shinji et al. **Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento.** Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v. 12, n. 16, p. 2203-2210, 2005.

LEAL, Rosângela. **Elaboração da carta de unidades geoambientais do município de Feira de Santana (BA), 2000.**

LOBÃO, Jocimara Souza Britto; MACHADO, Ricardo Augusto Souza. **Avaliação multi-temporal, da ocupação das lagoas urbanas de Feira de Santana-BA, por meio de Sistema de Informação Geográfica.** Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v. 12, p. 3797-3804, 2005.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados.** Revista do departamento de geografia, v. 8, p. 63-74, 1994.

SANTOS, R. A. d. et al. **Estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Feira de Santana (BA).** Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 11, n. 4, p. 1617-1626, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.7127/rbai.v11n400557>.

SANTOS, R. L.; SANTO, S. M.; ALMEIDA, C. M. **Passado e Futuro de Feira de Santana (BA): Modelagem da Dinâmica Espacial do Uso do Solo entre 2000 e 2022.** 2019. Dissertação (Mestrado em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente) - Universidade Estadual de Feira de Santana.

SPÖRL, Christiane; ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos.** GEOUSP-Espaço e Tempo, v. 15, p. 39-49, 2004.

VALLE, Ivana Cola; FRANCELINO, Márcio Rocha; PINHEIRO, Helena Saraiva Koenow. **Mapeamento da fragilidade ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ.** Floresta e ambiente, v. 23, p. 295-308, 2016.