

**ANÁLISE DE VULNERABILIDADE À PERDA DE SOLO NA SUB-BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIACHO ESPINHO, MUNICÍPIO DE MORRINHOS,
CEARÁ, BRASIL**

Francisco Frank Soares

Programa de Pós-Graduação em Geografia – MAG
Universidade Estadual Vale do Acaraú
frankcentec@yahoo.com.br

Ulisses Costa de Oliveira

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará,
ucoliveira@alu.ufc.br

Ernane Lima Cortez

Prof. Dr. Universidade Estadual Vale do Acaraú
ernanecortez@hotmail.com

Elnatan Bezerra de Sousa

Prof. Dr. Universidade Estadual Vale do Acaraú
elbezsouza@yahoo.com.br

477

RESUMO:

O presente trabalho tem como objetivo identificar os diferentes níveis de vulnerabilidade à perda de solo na sub-bacia hidrográfica do riacho Espinho, município de Morrinhos, Ceará, Brasil. Para isto, usou-se como metodologia a construção de um banco de dados geográficos com auxílio do software QGIS versão 3.16-Hanover, a partir dos critérios Geologia (G), Declividade (D), Pedologia (S), Uso e Cobertura (U) e Clima (C). Foram identificadas na sub-bacia quatro classes de vulnerabilidade a processos erosivos. Os resultados mostraram que as classes com predominância de processos pedogenéticos somaram 34% da área da sub-bacia. Aquela cujos processos representam equilíbrio entre a pedogênese e a morfogênese foi 64%. A classe onde prevalecem processos morfogenéticos totalizaram 2% da área estudada.

Palavras-chave: Geotecnologias. Análise ambiental. Sub-bacia Hidrográfica.

**EVALUATION OF VULNERABILITY TO SOIL LOSS IN THE ESPINHO
STREAM SUB-BASIN, MUNICIPALITY OF MORRINHOS, CEARÁ, BRAZIL**

ABSTRACT:

The present work aims to identify the different degrees of vulnerability to soil loss in the Espinho stream sub-basin, municipality of Morrinhos, Ceará, Brazil. For this, it was used as a methodology the construction of a geographic database with the help of the QGIS software version 3.16-Hanover, from the criteria Geology (G), Slope (D), Pedology (S), Use and Coverage (U) and Climate (C). Four classes of vulnerability to erosive processes were identified in the sub-basin. The results showed that the classes with predominance of pedogenetic processes accounted for 34% of the sub-basin area. The one whose processes represent balance between pedogenesis and morphogenesis was 64%. The class where morphogenetic processes prevail totaled 2% of the studied area.

INTRODUÇÃO

A vulnerabilidade ambiental de ambientes com Fragilidade Natural Potencial, está prevista no Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002 (BRASIL, 2002), decreto este que regulamenta a Política Nacional de Meio Ambiente, Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 (BRASIL, 1981). O referido decreto traz a nomenclatura de Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) e na Política Nacional de Meio Ambiente é denominada de zoneamento ambiental.

A Teoria do Sistema parte do pressuposto que na natureza as trocas de energia e matéria se processam através de relações em equilíbrio dinâmico, por vezes alterados por ações do homem, tornando-se as vezes um estado de desequilíbrio (TRICART, 1977). Continuando, Lima (2014), cita que a interpretação dos processos que atuam nas diferentes feições geoambientais do contexto do semi-árido, facilitam o ordenamento territorial, minimizando dos efeitos negativos decorrentes da exploração contínua e desordenada dos recursos naturais.

Ao estudar perda de solos, devemos considerar a influência da variação das formas de relevo na formação da cobertura pedológica, a declividade das vertentes que pode gerar uma maior velocidade de escoamento superficial, onde conseqüentemente ocorre um maior deslocamento, arraste de materiais e que o grau de desenvolvimento dos solos estão relacionados também com a inclinação dos terrenos. Por outro lado, Kawakubo (2005), cita que a fragilidade do solo tem a ver com sua vulnerabilidade à erosão, bem como ao tipo de uso e à cobertura vegetal, além das diferenças em seus atributos físicos e químicos.

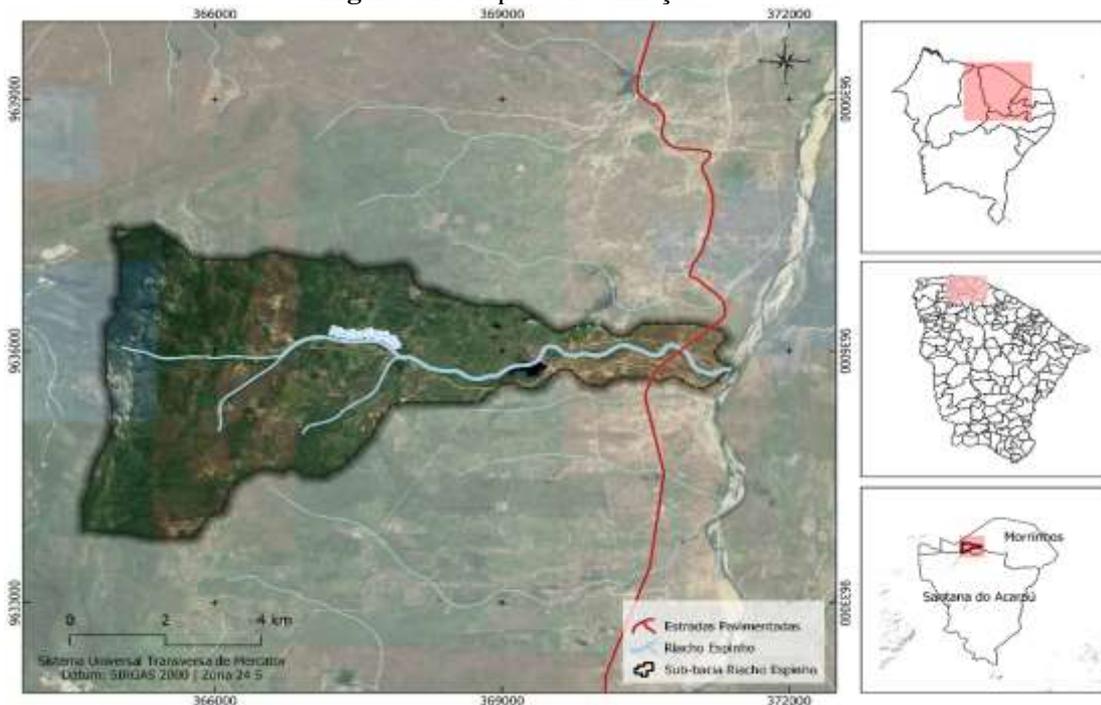
Considerando a metodologia proposta por Crepani et al. (2001), que tem sido amplamente utilizada no Brasil para avaliações da perda de solos e elaboração de zoneamentos ambientais, e diante do exposto, propõem-se com o presente trabalho apresentar a vulnerabilidade à perda de solo da sub-bacia hidrográfica do riacho Espinho, localizado no município de Morrinhos/CE. Trata-se de uma contribuição para trabalhos de zoneamento, planejamento e gestão ambiental nesta sub-bacia do riacho Espinho. Além de apresentar um subsídio aos responsáveis pela gestão ambiental estadual e municipal, sendo uma ferramenta que poderá embasar o planejamento territorial por meio de ações preventivas (zoneamentos, plano diretores, priorização de áreas, criação de áreas protegidas etc.) e de controle (fiscalização e licenciamento ambiental).

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo compreende a sub-bacia hidrográfica do riacho do Espinho (SBHRE) localizada no município de Morrinhos, estado do Ceará (Figura 1). A SBHRE localiza-se entre as coordenadas geográficas 3°16'41,07"S a 3°18'44,47"S e 40°13'6,23"O a 40°9'23,02"O, com área de 11,45 km². O riacho do Espinho percorre um trajeto curso total de 10 km, desenvolvendo-se no sentido oeste-leste até desaguar no rio Acaraú.

Figura 01: Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Autores, 2022.

Segundo IPECE (2017), a região onde se localiza a sub-bacia apresenta clima Tropical Quente Semiárido, com temperaturas médias anuais entre 26°C e 28°C. A média pluviométrica anual fica em torno dos 1.066,6 mm. Suas altitudes variam entre 89 e 725 m. O padrão geológico é composto predominantemente por rochas do embasamento cristalino, com gnaisses e migmatitos diversos. Sobre esse substrato, repousam os sedimentos arenosos e argilosos, podendo incluir níveis carbonosos do Terciário. A litologia é composta de Neossolos Litólicos, Neossolos Flúvicos, Planossolos Háplicos, Planossolos Solódicos e Argissolos Distróficos (IBGE, 2019). A vegetação é formada por caatinga arbustiva densa, caatinga arbustiva aberta e floresta mista dicótilo-palmácea (mata ciliar com carnaúbas e dicotiledôneas).

METODOLOGIA (Obtenção dos Dados)

Para realização do presente trabalho, foram utilizadas imagens ALOS-PALSAR, da Agência de Exploração Aeroespacial Japonesa (JAXA) com resolução espacial de 12,5 metros. Os limites da bacia hidrográfica foram obtidos da Base Hidrográfica Otocodificada, no sítio eletrônico da Agência Nacional de Águas – ANA (ANA, 2015).

Quanto aos dados de uso e cobertura da terra, utilizou-se a Plataforma do Projeto Mapbiomas que tem como objetivo o mapeamento anual da superfície do solo a nível nacional, dispondo de arquivos no formato *raster* com resolução espacial de 30 metros, cujos valores de pixels compreendem classes de cobertura e uso para o ano de 2020 (MAPBIOMAS, 2020).

Os dados vetoriais de pedologia e geologia foram adquiridos através do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019) na escala de 1:250.000.

Os dados de precipitação foram adquiridos do Projeto de Previsão de Recursos Energéticos Mundiais (POWER) da Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA) *Langley Research Center* (LaRC), financiado pelo Programa de Ciências da Terra/Ciências Aplicadas da NASA (STACKHOUSE, 2022).

Os dados adquiridos foram padronizados por meio de reprojeção para SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geodésico para as Américas 2000), UTM zona 24 Sul. Todos os arquivos foram convertidos para o formato *raster*, com resolução espacial de 12,5 metros, dimensões de linhas e colunas com 698 e 454, respectivamente. De acordo com Francisco et al. (2019), os referidos procedimentos permitem simplificar cálculos métricos e uniformizar parâmetros para realização da análise.

Análise da Vulnerabilidade à Perda de Solo

A vulnerabilidade das unidades de paisagem foi estabelecida através de uma escala de valores (21 classes de 1,0 a 3,0) conforme Crepani et al. (2001), de acordo com a relação morfogênese/pedogênese, analisando-se os critérios Geologia (G), Declividade (D), Pedologia (S), Uso e Cobertura (U) e Clima (C). A vulnerabilidade das unidades de paisagem foi estabelecida através de uma escala de valores (1,0 a 3,0) conforme Crepani et al. (2001), de acordo com a relação morfogênese/pedogênese, analisando-se cada um dos subcritérios.

Inicialmente os dados foram adquiridos nas respectivas bases de dado. Em seguida, procedeu-se a vetorização, inserção dos pesos nas tabelas de atributos e conversão para o formato *raster*. Para isto, utilizou-se o *software* QGIS 3.16.13-Hannover e calculada a média aritmética dos critérios, conforme equação 1:

$$V = \frac{(G + D + S + U + D)}{5} \quad (1)$$

Onde V = Vulnerabilidade à perda de solo; G = Vulnerabilidade para o tema Geologia; D = Vulnerabilidade atribuída ao tema Declividade; S = Vulnerabilidade atribuída ao tema Pedologia; U = Vulnerabilidade atribuída ao tema Uso e Cobertura; e C = Vulnerabilidade atribuída ao tema Clima.

Em seguida, após obtido o fator V, procedeu-se a reclassificação tomando como base na tabela 1.

Tabela 1: Representação dos valores e das classes de estabilidade/vulnerabilidade.

GRAU DE VULNERABILIDADE	VALORES
Estável	$1,0 \leq V \leq 1,3$
Moderadamente Estável	$1,4 \leq V \leq 1,7$
Medianamente Estável/Vulnerável	$1,8 \leq V \leq 2,2$
Moderadamente Vulnerável	$2,3 \leq V \leq 2,6$
Vulnerável	$2,7 \leq V \leq 3,0$

Fonte: Adaptado de Crepani et al. (2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos procedimentos adotados, foram obtidos os dados de vulnerabilidade para cada um dos critérios utilizados para obtenção do mapa de vulnerabilidade à perda de solos na área estudada. Os resultados podem ser visualizados na tabela 2:

Tabela 2: Classes de vulnerabilidade e áreas (km²) na SBHRE.

Classes de Vulnerabilidade	D*	U*	S*	G*	C*
Estável	0,61	6,44	-	10,39	-
Moderadamente Estável	3,10	3,20	-	-	-
Medianamente Estável/Vulnerável	4,09	0,01	5,46	-	11,45
Moderadamente Vulnerável	2,37	1,71	-	-	-
Vulnerável	1,28	0,10	5,99	1,06	-
TOTAL			11,45		

*Declividade (D), Uso e Cobertura (U), Pedologia (S), Geologia (G) e Clima (C).

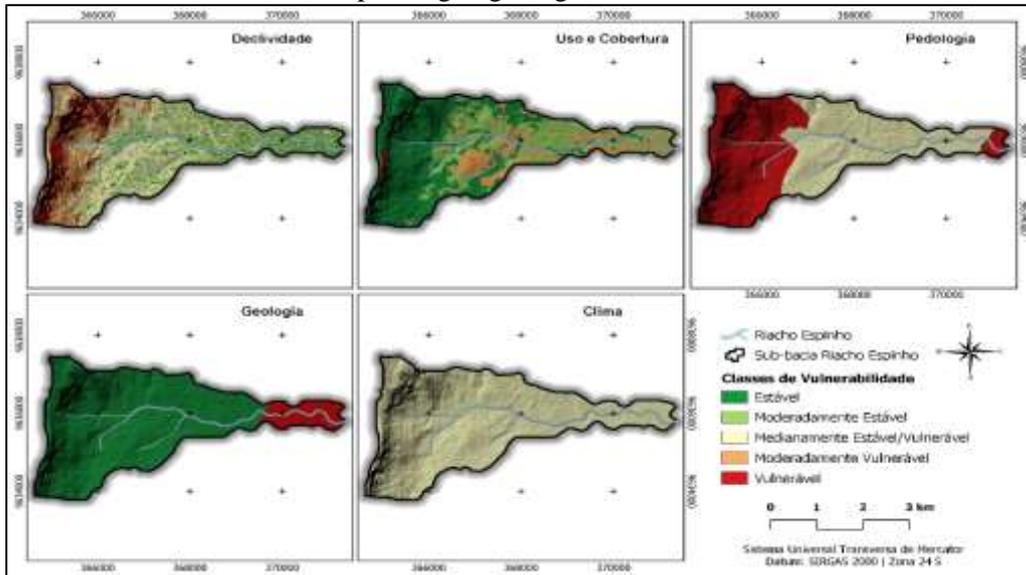
Conforme pode-se verificar na tabela 2, nos critérios Uso e Cobertura da Terra foram classificados como classe estável, na qual predominam processos pedogenéticos. Os critérios Declividade e Clima apresentaram maior representatividade na classe de vulnerabilidade Medianamente Estável/Vulnerável, denotando, para tais critérios, um equilíbrio entre os processos pedogenéticos e morfogenéticos. A classe vulnerável predominou no critério pedologia, ocorrendo, portanto, processos com tendência a morfogênese. Na figura 2, observam-se os critérios especializados individualmente com a representação das classes de vulnerabilidade, de forma que se permite verificar a disposição das áreas ao longo da área estudada.

A Figura 3 mostra a distribuição espacial das classes de vulnerabilidade na área estudada. A classe Medianamente Estável/Vulnerável prevaleceu na área com 731,73 hectares (64%). Esta classe se distribuiu ao longo de toda a bacia. A classe Moderadamente Estável (245,33 hectares ou 21%), prevalecendo na porção central da área.

A classe Estável (149,56 hectares ou 13%) também ocorre majoritariamente na porção central da bacia. A classe Moderadamente Vulnerável (18,77 hectares ou 2%) prevaleceu na região do baixo curso do Riacho Espinho.

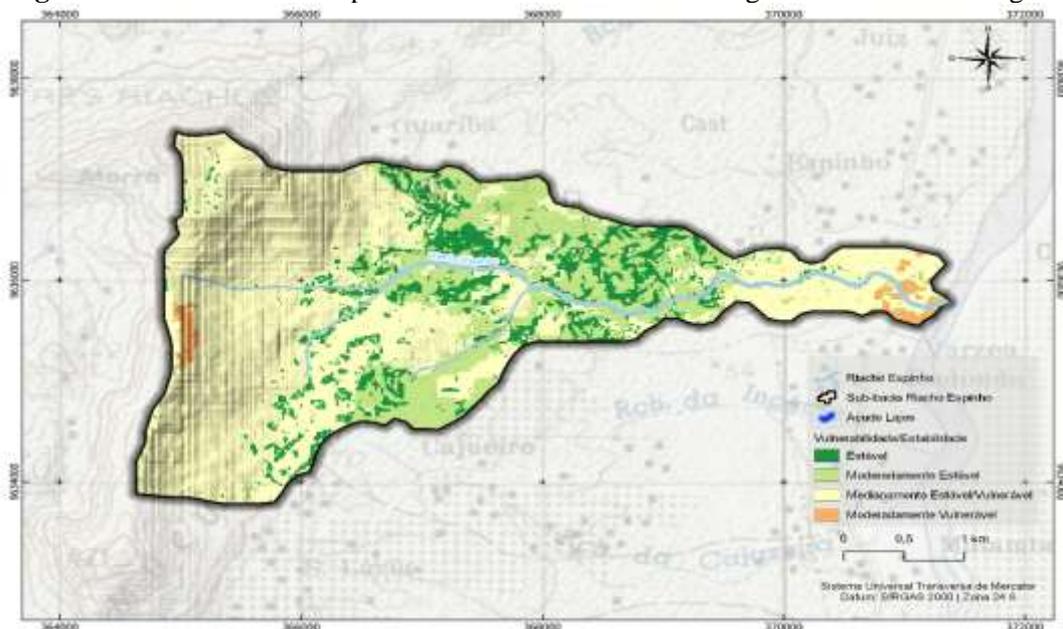
Verifica-se, portanto, que a sub-bacia hidrográfica do Riacho Espinho pode ser classificada como Medianamente Estável/Vulnerável à perda de solo, o que corresponde à transição entre as unidades mais estáveis e as mais vulneráveis, havendo um equilíbrio entre os processos pedogenéticos e morfogenéticos.

Figura 2: Espacialização da vulnerabilidade para os critérios declividade, uso e cobertura, pedologia, geologia e clima.



Fonte: Autores, 2022.

Figura 3: Vulnerabilidade a processos erosivos na bacia hidrográfica do rio Boa Viagem.



Fonte: Autores, 2022.

CONCLUSÃO

A utilização de dados de sensoriamento remoto e técnicas de SIG aliados à análise integrada dos critérios relativos à Pedologia, Geologia, Geomorfologia, Clima e Uso e Cobertura da Terra resultou no mapa de vulnerabilidade a processos erosivos. Com isso foi gerado o mapa síntese que permitiu identificar e analisar a vulnerabilidade com base nos conceitos de ecodinâmica, com fundamento na relação morfogênese e pedogênese.

A vulnerabilidade da bacia apresentou predominância no grau medianamente estável/vulnerável na escala de vulnerabilidade a perda de solos. Ressalta-se a importância das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento na elaboração de estudos ambientais, facilitando a obtenção e cruzamento de dados, aliados ao conhecimento teórico e da área de estudo, bem como à visão sistêmica que permitiu compreender a paisagem da área de estudo.

REFERÊNCIAS

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Base Hidrográfica Ottocodificada. -- Brasília: ANA, 2015. 17 p. il.

ASF - Alaska Satellite Facility. (2022). ALOS PALSAR – About. Alaska. Disponível em: <https://asf.alaska.edu/data-sets/sar-data-sets/alos-palsar/alos-palsar-about/>. Acesso em: 27/06/2022.

BRASIL. Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002. Regulamenta o art. 9º, inciso II, da Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4297.htm. Acesso em: 29 jun. 2022.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de janeiro de 1981. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm. Acesso em: 29 jun. 2022.

CREPANI. E.; MEDEIROS. J.S.; AZEVEDO. L.C.; DUARTE. V.; HERNANDEZ. P.; FLORENZANO. T.; BARBOSA. C. Sensoriamento Remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento Ecológico-Econômico e ao ordenamento territorial. INPE. São José dos Campos. São Paulo. 2001. Disponível em: <http://sap.ccst.inpe.br/artigos/CrepaneEtAl.pdf>. Acessado em: 29jun2022.

FRANCISCO. H.R.; CORRÊIA. A.F.; FEIDEN. A. Classification of areas suitable for fish farming using geotechnology and multicriteria analysis. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. v.8. p.394. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Mapeamento de recursos naturais do Brasil escala 1:250.000. Rio de Janeiro: Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2019. 8 p.

IPECE – INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. Perfil Básico Municipal: Morrinhos. Fortaleza. Gerência de Estatística, Geografia e Informação. 2018.

KAWAKUBO, F. S. et al. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2203-2210.

LIMA, E.C. Análise e manejo geoambiental das nascentes do alto rio Acaraú: Serra das Matas - CE. Dissertação (mestrado em geografia). Universidade Estadual do Ceará – UECE. Fortaleza-Ceará 2004.

MAPBIOMAS. Coleção 5 da série anual de mapas de cobertura e uso de solo do Brasil. 2020. Disponível em: <http://mapbiomas.org>. Acessado em: 22jun2022.

STACKHOUSE, P. NASA POWER | Docs - NASA POWER | Docs. Nasa.gov. Disponível em: <https://power.larc.nasa.gov/docs/>. Acesso em: 29jun2022.

TRICART, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: IBGE, SUPREN, 1977. 97 p.