



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MAPEAMENTO DA SUSCEPTIBILIDADE À EROSÃO NA BACIA SEDIMENTAR NEOPROTEROZÓICA DE UNA-UTINGA, BAHIA

Matheus Tomim Tartari ^(a), Carlos Gleidson Campos da Purificação ^(b), José Rafael Santos de Jesus ^(c), Danilo Heitor Caires Tinoco Bisneto Melo ^(d)

^(a) Instituto de Geociências/Faculdade de Geologia, UFBA, matheusttartari@gmail.com

^(b) Instituto de Geociências/Pós-Graduação em Geologia, UFBA, carlos_purificacao@hotmail.com

^(c) Coordenação de Desenvolvimento Agrário (CDA), raphael._15@hotmail.com

^(d) Instituto de Geociências, UFBA, danilohmelo@gmail.com

Eixo: RISCOS E DESASTRES NATURAIS

Resumo

Processos erosivos causam diversos prejuízos socioeconômicos, tanto na zona urbana quanto na zona rural. Estes processos dependem das condições locais, como a geologia, o relevo, os tipos de solos, a cobertura vegetal e o clima. Neste contexto, este trabalho visa mapear a susceptibilidade à erosão na bacia sedimentar neoproterozóica de Una-Utinga, através de álgebra de mapas em um SIG, tomando como base a metodologia de Zoneamento Ecológico Econômico, elaborada por Crepani et al. (2001), que analisa a susceptibilidade à erosão de forma quantitativa. Os resultados apresentaram um cenário relativamente estável para a área de estudo, em que 86,7% da área se encontra sob valores baixos de susceptibilidade à erosão. Os fatores que melhor contribuíram para tal estabilidade foram: i) a baixa declividade, evidenciada por relevos planos, ii) a predominância de solos antigos e profundos, como latossolos, e iii) a baixa intensidade pluviométrica, evidenciada pelas precipitações pouco significativas.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Palavras chave: Algebra de mapas; Susceptibilidade à erosão; geomorfologia cárstica; Bacia sedimentar neoproterozóica.

1. Introdução

Atualmente, deslizamentos de terra no Brasil são frequentes e causam grandes prejuízos socioeconômicos, sendo a previsão de onde irão ocorrer essencial para o ordenamento territorial. Segundo Canavesi et.al. (2013), dentro do entendimento destes deslizamentos, envolvem-se três fatores principais: i) o clima, sob a forma de precipitação, como o agente que propicia a ocorrência destes desastres; ii) o meio físico, que representa todos os fatores presentes no meio ambiente que podem interferir na susceptibilidade do deslizamento ocorrer; iii) as características socioeconômicas, que relacionam a real ocorrência do evento com a gravidade dos impactos que ele pode causar na sociedade.

Segundo Crepani et.al. (2001), os principais fatores referentes ao meio físico, que podem interferir na susceptibilidade à ocorrência de perda de solo são: geologia, geomorfologia, pedologia, a cobertura vegetal e a intensidade pluviométrica.

A região da bacia sedimentar neoproterozóica de Una-Utinga, localizada na porção central do Estado da Bahia, é uma região intensamente ocupada pela agropecuária. Por conta disso, boa parte da cobertura vegetal existente foi retirada, deixando o solo exposto, propiciando deslizamentos de terra, que podem prejudicar as colheitas, afetando negativamente na economia da região. O mapeamento da susceptibilidade à erosão, neste contexto, atua como um instrumento essencial para a ordenação territorial.

Além disso, o mapeamento da susceptibilidade à erosão se faz presente em qualquer implantação de planos, obras e atividades públicas e privadas no país, atuando como um subsídio ao Zoneamento Ecológico Econômico, disposto no decreto n° 4.297/2002



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

(BRASIL, 2002), um inciso na Lei da Política Nacional do Meio Ambiente, n° 6.938/1981 (BRASIL, 1981a).

Sendo assim, o objetivo principal deste trabalho é mapear a susceptibilidade à erosão na bacia sedimentar neoproterozóica de Una-Utinga, utilizando a metodologia proposta por Crepani et.al. (2001).

1.2. Área de Estudo

O estudo de caso foi realizado na bacia sedimentar neoproterozóica de Una-Utinga, localizada na porção centro-leste do Estado da Bahia. Esta bacia sedimentar neoproterozóica de morfologia cárstica do tipo carste coberto possui uma área de 3677 km², apresentando uma geologia que infere alta susceptibilidade à erosão, segundo Crepani *et al.* (2001), sendo predominantemente sedimentar e carbonática (CPRM, 2003). A maior parte da área de estudo se situa sob baixas declividades, em que predominam os latossolos, pouco susceptíveis à erosão (BRASIL, 1981b, 1983; CREPANI *et al.*, 2001). A área de estudo se insere no polígono das secas e contempla a zona climática Tropical Brasil Central, com climas que, na maior parte da área de estudo, variam de semi-árido (6 meses secos) a semi-úmido (4 a 5 meses secos) (IBGE, 2002). Associado à geologia predominantemente carbonática, os solos da região apresentam alta fertilidade, de modo que a atividade antrópica de maior ocorrência na região é a agricultura/pecuária, que promove exposição do solo, aumentando a susceptibilidade à erosão. A rara vegetação remanescente, na maior parte, é classificada como Floresta Estacional Decidual e o bioma presente na região é a caatinga.

2. Materiais e Métodos

O presente trabalho foi baseado na metodologia apresentada por Crepani et al. (2001). Para tanto, Crepani et al. (2001) estabelece 5 fatores que atuam sobre a susceptibilidade



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

à erosão, sendo eles a geologia, geomorfologia, tipos de solos, cobertura vegetal e a intensidade pluviométrica. A análise da susceptibilidade à erosão é quantitativa, sendo realizada pela média aritmética entre os 5 fatores através de álgebra de mapas em ambiente SIG, sendo a geomorfologia adaptada, neste trabalho, para a declividade, pois, segundo Villela e Matos (1975), é ela quem determina a velocidade do escoamento superficial, principal fator responsável pelos processos erosivos.

Cada um dos 5 fatores foi espacializado em forma de mapas. Os dados de geologia foram obtidos do “Mapa Geológico do Estado da Bahia”, elaborado pela CPRM em 2003, na escala de 1:1.000.000. A declividade foi obtida da derivação, através do software ArcGis 10.1®, de cenas das imagens SRTM 1 *arc-second* (30 metros de resolução espacial), obtidas junto ao sítio virtual da USGS. Para o tema solos (pedologia) foi utilizada a base cartográfica das folhas SC24 e SD24 do Projeto RADAMBRASIL, em escala 1:1.000.000, elaboradas respectivamente em 1983 e 1981. O tema cobertura vegetal foi obtido através do processamento digital de imagens. Neste sentido, utilizou-se imagens datadas de setembro de 2011, do satélite *RapidEye*, com resolução espacial de 5m, para a realização de uma classificação supervisionada pelo método de Máxima Verossimilhança, no software Spring, gerando um mapa de cobertura vegetal e uso e ocupação do solo na escala 1:100.000. Por último, o tema clima (intensidade pluviométrica) foi obtido através de dados de estações automáticas, disponibilizadas no sítio virtual da Agência Nacional das Águas (ANA). As lacunas de dados foram preenchidas por uma série de processamentos, e então foi gerado o diagrama ombrotérmico utilizando, para a precipitação, a série histórica de 2005 a 2014, e para a temperatura, a série de 1995 a 2016, adquirida pelo INMET. O diagrama revelou, para a região, um período chuvoso de 5 meses. O fator intensidade pluviométrica foi calculado através da divisão entre as precipitações médias anuais (mm) pela duração do período chuvoso (5 meses), e então espacializado para toda a área de estudo através de interpolação pelo método IDW, no software ArcGis 10.1.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Com todos os mapas de cada um dos fatores finalizados, eles foram então associados a valores de susceptibilidade à erosão descritos em tabelas no trabalho de Crepani *et al.* (2001), e então submetidos à álgebra de mapas. Os valores de susceptibilidade à erosão foram classificados em 5 classes (graus de susceptibilidade), conforme mostra a tabela 1.

Tabela 1 – Classificação da susceptibilidade à erosão

Grau de susceptibilidade	Faixa de valores
Estável	1,0 – 1,3
Moderadamente Estável	1,4 – 1,7
Medianamente Estável/Susceptível	1,8 – 2,2
Moderadamente Susceptível	2,3 – 2,6
Susceptível	2,7 – 3,0

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

3. Resultados e Discussões

Os resultados são divididos em 5 fatores, sob a forma de mapas, assim como o mapa final de susceptibilidade à erosão. Todos se encontram compilados na figura 1.

Com relação ao fator geologia, 96% da área de estudo apresenta formações geológicas sedimentares principalmente carbonáticas e, secundariamente, siliciclásticas, sendo litologias que possuem um alto valor de susceptibilidade (entre 2,6 e 3,0), por conta de sua baixa coesão. Deste modo, o mapa de susceptibilidade à erosão pelo fator geologia apresenta, de forma geral, uma alta susceptibilidade, em que 82,59% da área se encontra sob o grau **susceptível**.

Para o fator declividade, observa-se que a maior parte da área de estudo (80%) se encontra sob uma condição **estável** de susceptibilidade à erosão. Isto se deve ao fato de



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

a região possuir um relevo com características planas, em que predomina uma declividade abaixo de 6°.

O fator pedologia está relacionado diretamente com o grau de maturidade do solo, de modo que solos mais maduros são mais estáveis. O fator pedologia demonstra, para a área de estudo, uma condição **estável** (62% de ocorrência) e, secundariamente, **moderadamente estável** (24% da área de estudo). Esta baixa susceptibilidade se deve à elevada ocorrência de Latossolos, que ocupam cerca de 86% da área de estudo, em associações com outros solos.

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018), os Latossolos são solos muito antigos, e por conta disso, são bastante profundos, o que faz com que recebam o valor de 1,0 na escala de susceptibilidade (CREPANI et al., 2001). Já no outro extremo, os solos de maior susceptibilidade à erosão presentes na área de estudo são os Neossolos, com valor 3,0 e os Cambissolos, com valor 2,5. Os Neossolos são raros, ocupando cerca de 2,8% da área de estudo e caracterizando áreas susceptíveis, tendo em vista apenas o fator pedologia. Já os Cambissolos se apresentam mais frequentes, com aproximadamente 10% da área de estudo, caracterizando áreas moderadamente susceptíveis.

No que se refere ao fator cobertura vegetal, a susceptibilidade à erosão é inversamente proporcional ao grau de cobertura vegetal da região. A área de estudo é foco de uma elevada antropização, de modo que 75% da área é constituída de agricultura/pecuária. Além disso, a área de estudo se encontra sob o bioma caatinga, de modo que as formações vegetais da área de estudo não envolvem uma grande quantidade de biomassa, o que proporciona uma baixa densidade de vegetação, que, por sua vez, contribui para o aumento da susceptibilidade à erosão.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Tais condições proporcionam uma elevada susceptibilidade à erosão, em que 75% da área de estudo se encontra sob o grau **susceptível**, e quase todo o restante da área, aproximadamente 18%, se encontra sob o grau intermediário (**medianamente estável/susceptível**). Os pequenos fragmentos de floresta estacional semidecidual (3% da área de estudo), tanto no extremo leste quanto no extremo norte da área de estudo, são as únicas coberturas vegetais que proporcionam uma maior estabilidade ao solo na região.

Por último, o fator intensidade pluviométrica indica a torrencialidade das chuvas, com a justificativa de que precipitações anuais que se despejam torrencialmente durante um curto período do ano possuem poder erosivo maior que pluviosidades anuais que se despejam de modo regular por um maior período do ano. Assim, o fator intensidade pluviométrica é diretamente proporcional à susceptibilidade à erosão. A área de estudo possui um caráter **estável a moderadamente estável** com relação à susceptibilidade à erosão pelo fator intensidade pluviométrica, pois embora apresente um período chuvoso não muito alongado, as precipitações na região são escassas, o que contribuiu para baixos valores de intensidade pluviométrica (entre 81 a 202mm/mês), e, portanto, favorecendo condições relativamente estáveis de susceptibilidade à erosão.

O mapa de susceptibilidade à erosão da bacia sedimentar neoproterozóica de Una-Utinga (Figura 1) resultou, em sua maior parte, em valores medianos em que a maioria da região (82,33%) foi classificada como **medianamente estável/susceptível** e, praticamente todo o restante (15,88%) foi classificado como **moderadamente estável** (Tabela 2). O grau mais alto de susceptibilidade obtido foi o “moderadamente susceptível”, com aproximadamente 1,3% da área de estudo. Observa-se que o maior grau de susceptibilidade definido por Crepani *et al.* (2001), isto é, o grau denominado “susceptível”, não foi obtido na região de estudo. Já o menor grau, denominado “estável” apresentou-se na área de estudo com 0,43% de ocorrência.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

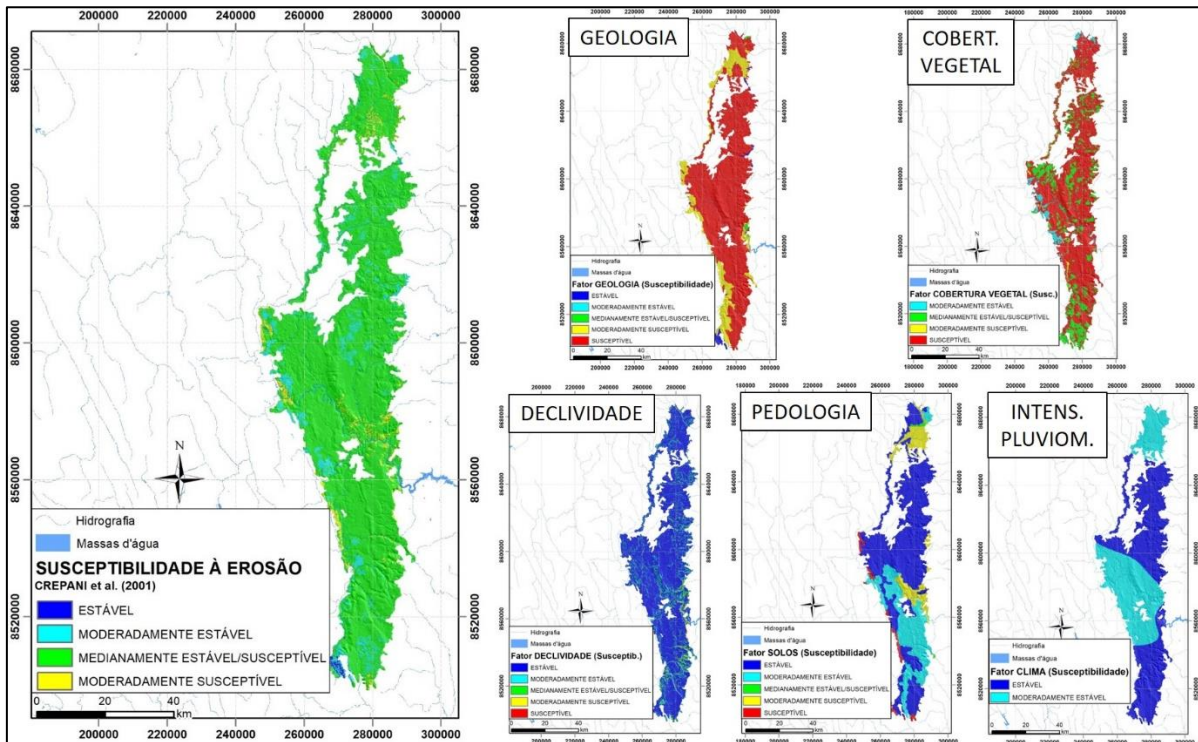


Figura 1 – Susceptibilidade à Erosão da bacia sedimentar neoproterozóica de Una-Utinga.

Tabela 2 – Graus de susceptibilidade à erosão e ocorrência na área de estudo.

Grau de Susceptibilidade	Susceptibilidade (Crepani <i>et al.</i> 2001)	Área (km ²)	Área (%)
Estável	1,2	0,45	0,01
	1,3	15,31	0,42
Moderadamente Estável	1,4	11,47	0,31
	1,5	16,92	0,46
	1,6	77,75	2,15
	1,7	468,68	12,96
Medianamente Estável/Susceptível	1,8	948,63	26,23
	1,9	928,24	25,67
	2,0	668,31	18,48
	2,1	248,53	6,87
	2,2	183,78	5,08
Moderadamente Susceptível	2,3	39,70	1,09
	2,4	6,52	0,18
	2,5	1,40	0,03
	2,6	0,08	0,002



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

4. Conclusões

Analisando os resultados obtidos, observa-se que a grande maioria da área de estudo (86,7%) obteve valores entre 1,0 e 2,0 na escala de susceptibilidade à erosão de Crepani et al. (2001), que varia entre 1,0 e 3,0. Deste modo, é possível dizer que a bacia sedimentar neoproterozóica de Una-Utinga se encontra em uma situação não preocupante quanto a deslizamentos de terra e demais processos erosivos.

Observando as contribuições à susceptibilidade à erosão por cada um dos 5 fatores, entende-se que os fatores geologia e cobertura vegetal contribuíram para um aumento da susceptibilidade à erosão, através, respectivamente da litologia predominantemente carbonática e da intensa atividade agropecuária. Já os fatores declividade, solos e clima contribuíram para uma menor susceptibilidade, por conta de, respectivamente, relevo predominantemente plano, solos antigos e profundos, como latossolos, e precipitações pouco intensas. Desta forma, ao se realizar a média simples entre cada um dos fatores (sem pesos diferentes), é normal se esperar que o resultado final tenha um caráter mais estável do que susceptível.

5. Referências Bibliográficas

BRASIL. **Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. 1981a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm. Acesso em: 5 de outubro 2018

BRASIL. **Decreto n. 4.297, de 10 de julho de 2002.** Regulamenta o art. 9º, inciso II, da Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil - ZEE, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4297.htm>. Acesso em: 5 de outubro 2018.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto Radambrasil. **Folha**



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

SC. 24/25 Aracaju/Recife. Rio de Janeiro, 1983. v. 30 856 p. (Levantamento de Recursos Naturais, 30).

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto Radambrasil. **Folha SD.24 Salvador.** Rio de Janeiro, 1981b. v.24 624p. (Levantamento de Recursos Naturais, 24).

CANAVESI, V.; CAMARINHA, P. I. V.; ALGARVE, V. R.; CARNEIRO, R. L. C.; ALVALÁ, R. C. S. Análise da susceptibilidade a deslizamentos de terra: estudo de caso de Paraibuna, SP. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, XVI, Foz do Iguaçu, PR. 2013. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR** Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.28.23.19.33/doc/p0341.pdf>. Acesso em: 10 de novembro de 2018.

CPRM (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL) – Geobank. **Mapa Geológico do Estado da Bahia.** Escala 1:1.000.000. Brasília. 2003. Disponível em: http://geobank.cprm.gov.br/pls/publico/geobank.download.downloadVetoriais?p_web_map=N&p_usuario=1. Acesso em: 20 set. 2016

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; FILHO, P.H.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C.C.F. (2001). **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico econômico e ao ordenamento territorial.** Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos - SP. 103p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Mapa de clima do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 2002. 1 mapa. Escala 1:5 000 000. Disponível em: <https://mapas.ibge.gov.br/tematicos.html>. Acesso em: abr. 2016.

VILLELA, S. M.; MATOS. **Hidrografia aplicada.** São Paulo: Mcgraw-Hill do Brasil, 1975