

## Uso de geotecnologias na análise de vulnerabilidade do solo à erosão eólica no semiárido brasileiro

Dentre as tecnologias empregadas nos estudos ambientais, destaca-se o geoprocessamento de informações, em especial, o Sistema de Informação Geográfica (SIG), sendo uma ferramenta rápida, atual e eficaz no processamento de dados. Nesse cenário, teve-se por objetivo, neste estudo, analisar a vulnerabilidade à erosão eólica na bacia hidrográfica do rio Piancó, através de geotecnologias em ambiente SIG. Em síntese, os procedimentos metodológicos foram: revisão bibliográfica; elaboração de um banco de dados em ambiente SIG; categorização do grau de vulnerabilidade em estável, moderadamente estável, medianamente estável/vulnerável, moderadamente vulnerável e vulnerável; composição e sobreposição dos mapas temáticos de vulnerabilidade à erosão eólica para os fatores de declividade, geologia, pedologia, umidade do solo e uso e ocupação do solo; e elaboração do mapa final de vulnerabilidade à erosão eólica. Os resultados apresentaram que a bacia hidrográfica do Piancó variou de estável (2,2% do território) a moderadamente vulnerável (0,8%), tendo a classe moderadamente estável (56%) como a mais abrangente em sua área, seguida pela medianamente estável/vulnerável (41%). Assim, concluiu-se que quanto ao grau de vulnerabilidade à erosão eólica, a área de estudo apresentou estabilidade em 58,2% do território. Sobretudo, sugere-se a adoção de medidas mitigadoras afim de evitar possíveis impactos ambientais negativos, bem como a introdução de políticas públicas ambientais mais eficazes.

**Palavras-chave:** Semiárido; Vulnerabilidade ambiental; SIG.

## Use of geotechnologies in soil vulnerability analysis to wind erosion in the Brazilian semiarid

Among the technologies used in environmental studies, the geoprocessing of information stands out, especially the Geographic Information System (GIS), being a fast, current and effective tool in data processing. In this scenario, the objective of this study was to analyze the vulnerability to wind erosion in the hydrographic basin of the Piancó River, through geotechnologies in a GIS environment. In summary, the methodological procedures were: literature review; development of a database in a GIS environment; categorization of the degree of vulnerability into stable, moderately stable, moderately vulnerable, moderately vulnerable and vulnerable; composition and overlapping of thematic maps of vulnerability to wind erosion for the factors of declivity, geology, pedology, soil moisture and land use and occupation; and elaboration of the final map of vulnerability to wind erosion. The results showed that the Piancó watershed ranged from stable (2.2% of the territory) to moderately vulnerable (0.8%), with the moderately stable class (56%) as the most comprehensive in its area, followed by the moderately stable/vulnerable (41%). Thus, it was concluded that regarding the degree of vulnerability to wind erosion, the study area showed stability in 58.2% of the territory. Above all, it is suggested the adoption of mitigating measures in order to avoid possible negative environmental impacts, as well as the introduction of more effective environmental public policies.


**Keywords:** Semiarid; Environmental vulnerability; GIS.


Topic: Engenharia Ambiental


Received: 06/04/2021


Approved: 27/04/2021


Reviewed anonymously in the process of blind peer.


Tássio Jordan Rodrigues Dantas da Silva   
Universidade Estadual da Paraíba, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/1991160864996557>  
<http://orcid.org/0000-0002-1708-5472>  
[tassiojordan@hotmail.com](mailto:tassiojordan@hotmail.com)


José Ludemario da Silva Medeiros   
Universidade Estadual da Paraíba, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/4084311510300833>  
<http://orcid.org/0000-0002-7523-9601>  
[josedudemariomedeiros@gmail.com](mailto:josedudemariomedeiros@gmail.com)


Andreia Freitas Silva   
Universidade Estadual da Paraíba, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/2919183251860456>  
<http://orcid.org/0000-0002-3737-5856>  
[andreiafreitasilva@gmail.com](mailto:andreiafreitasilva@gmail.com)


William de Paiva   
Universidade Estadual da Paraíba, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/2612977983185686>  
<http://orcid.org/0000-0003-0220-1247>  
[w.paiva461@gmail.com](mailto:w.paiva461@gmail.com)


Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira   
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/8421288987001547>  
<http://orcid.org/0000-0002-5564-1011>  
[virginia.fbnogueira@gmail.com](mailto:virginia.fbnogueira@gmail.com)

Maxsuel Bezerra do Nascimento   
Universidade Estadual da Paraíba, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/7100621157794567>  
<http://orcid.org/0000-0001-6381-2688>  
[maxsuel10gba@hotmail.com](mailto:maxsuel10gba@hotmail.com)

Janaína Aparecida Cezario   
Universidade Estadual da Paraíba, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/2080075497375535>  
<http://orcid.org/0000-0002-9866-4168>  
[ja\\_nayna2@yahoo.com.br](mailto:ja_nayna2@yahoo.com.br)

Andréa Karla Gouveia Cavalcanti   
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/2784148914137982>  
<http://orcid.org/0000-0002-5151-9270>  
[andreakgcavalcanti@gmail.com](mailto:andreakgcavalcanti@gmail.com)

Daniele de Almeida Carreiro   
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/9699288232397582>  
<http://orcid.org/0000-0002-4192-562X>  
[danielealmeida23@gmail.com](mailto:danielealmeida23@gmail.com)

Francisco Auriberto Ferreira Marques Junior   
Universidade Estadual da Paraíba, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/3276460952255224>  
<http://orcid.org/0000-0002-5989-7719>  
[auribertofmj@gmail.com](mailto:auribertofmj@gmail.com)



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.004.0025

### Referencing this:

SILVA, T. J. R. D.; NOGUEIRA, V. F. B.; CAVALCANTI, A. K. G.; MEDEIROS, J. L. S.; NASCIMENTO, M. B.; CARREIRO, D. A.; SILVA, A. F.; CEZARIO, J. A.; MARQUES JUNIOR, F. A. F.; PAIVA, W.. Uso de geotecnologias na análise de vulnerabilidade do solo à erosão eólica no semiárido brasileiro. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.12, n.4, p.306-318, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.004.0025>

## **INTRODUÇÃO**

Entre os recursos naturais da Terra, o solo é visto como de extrema importância, em razão de ser essencial, direta ou indiretamente, fonte para a alimentação humana e sustentação de toda vida no planeta (LEPSCH, 2016). Além de servir para variáveis finalidades, como no ramo da construção civil.

No entanto, é evidente que ao passar dos anos, esse recurso natural gradualmente vem sofrendo modificações, seja pela ação antrópica ou natural, o que acarreta seu esgotamento e conseqüentemente a sua degradação (CHI et al., 2019).

Um dos fatores pontuais que promove essa degradação é o processo de erosão do solo. Segundo Touré et al. (2019) este processo é considerado o agente geológico transformador da crosta terrestre, sob a ação das águas e/ou ventos (fatores erosivos), que deterioram e transportam o material particulado do solo.

Os impactos causados pela erosão eólica são tão relevantes quanto da erosão hídrica, em especial, quando ocorrem em regiões áridas ou semiáridas. A erosão causada pelo vento ocasiona diversas perturbações, seja na vegetação e em solos locais, ou afetando regiões além do local erodido (GASPAR, 2017; CHI et al., 2019). Ressalva-se também, que nas terras semiáridas a erosão eólica é superior a erosão hídrica, quando comparadas no período de um ano, tendo os resultados mais deploráveis acontecendo nos períodos de maior escassez hídrica (REZAEI et al., 2019; TOURÉ et al., 2019).

Atualmente essa problemática vem se agravando devido às recentes secas que assolaram o sertão nordestino (BARBOSA NETO et al., 2017), deixando o solo ainda mais susceptível à ação erosiva. A predominância de solos arenosos, juntamente com uma cobertura vegetal rala, precipitações concentradas em um curto período e em um local onde a agricultura é praticamente dependente das precipitações, o dano causado ao solo pela erosão eólica é um dos eminentes fatores que conduz as perdas das terras no semiárido brasileiro (BARBOSA NETO et al., 2017; AMORIM et al., 2018).

Na região semiárida do Brasil, as bacias hidrográficas se evidenciam como instrumentos que facilitam a prática de estudos, ações e políticas mitigadoras de convivência com a seca. As iniciativas de planejamento e de estudos ambientais que analisam a bacia hidrográfica como espaço de trabalho têm avançado progressivamente, pois as características ambientais dessas bacias expõem mecanismos hidráulicos e ecológicos mais coesos, quando comparadas com outros sistemas (SOARES et al., 2016; ZHANG et al., 2018).

Conforme, Araújo et al. (2020), o uso de geotecnologias como o Sistema de Informações Geográficas (SIG), oferecem um conjunto de potencialidades no que se refere ao geoprocessamento de dados, uma vez que a partir de toda a obtenção, tabulação e manipulação de informações, é possível a geração de mapas temáticos, permitindo a relação dos elementos característicos do meio físico com os demais elementos da área em estudo. Diante desse cenário, neste estudo teve-se por objetivo analisar a vulnerabilidade à erosão eólica em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro, por meio do uso de geotecnologias em ambiente SIG.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Piancó está inserida na região ocidental do estado da Paraíba, Brasil (Figura 1). O clima é o semiárido BSh conforme a classificação de Koppen, marcado por duas estações bem definidas, a seca, referente ao período de estiagem, cujo clímax é de agosto a novembro, e a estação chuvosa, denominada de inverno. A insolação diária é extremamente alta, praticamente o ano todo, com médias de 7 a 8,5 horas por dia, o que acarreta índices elevados de evaporação (GOMES et al., 2017).

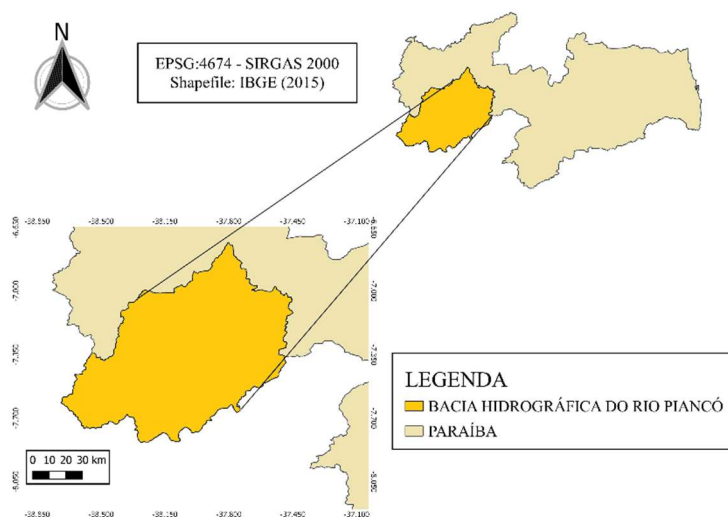


Figura 1: Localização da área de estudo.

A cobertura vegetal é espaçada com árvores de pequeno a médio porte, com a presença de arbustos, cactáceas e trechos de florestas caducifólias, típica da caatinga xerófila e bastante presente no sertão nordestino (FERNANDES et al., 2018). Por fim, a área de drenagem é de 9280 km<sup>2</sup> e engloba parcialmente 41 municípios.

### METODOLOGIA

Em síntese, o fluxograma da metodologia proposta para o estudo pode ser visto na Figura 2.

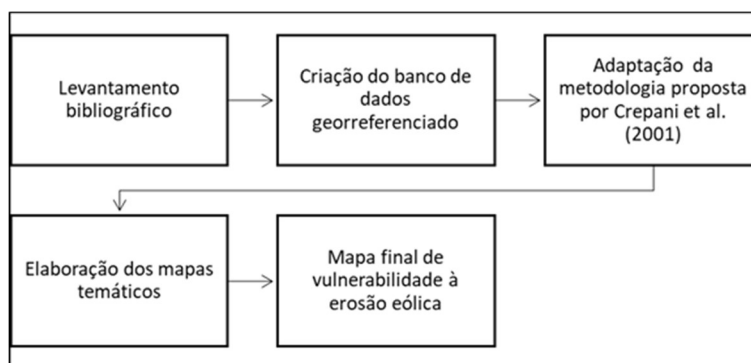


Figura 2: Fluxograma da metodologia.

A metodologia adotada neste trabalho para a composição dos mapas de vulnerabilidade consistiu-se através da adaptação da metodologia proposta por Crepani et al. (2001), desenvolvida com base no conceito

da ecodinâmica de Tricart (1977), com o emprego da associação/sobreposição dos mapas temáticos (declividade, geologia, pedologia, umidade do solo e uso e ocupação do solo), para a elaboração do mapa/carta final de vulnerabilidade à erosão eólica (Tabela 1).

**Tabela 1:** Adaptação da metodologia proposta.

<b>Crepani et al. (2001)</b>	<b>Proposto</b>
Temas Abordados	Temas Abordados
Clima	Umidade do solo
Geologia	Geologia
Geomorfologia	Declividade
Pedologia	Pedologia
Uso e ocupação do solo	Uso e ocupação do solo

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

Para a elaboração do banco de dados, no ambiente SIG, foram realizadas consultas ao *site* da Agência Executiva de Gestão de Águas do estado da Paraíba, ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017) e ao *United States Geological Survey*. A composição dos mapas temáticos (declividade, geologia, pedologia, umidade do solo e uso e ocupação do solo) foi realizada por meio da uniformização das coordenadas geográficas para SIRGAS 2000 UTM, 24 Sul, reprojeção e espacialização dos dados vetoriais e matriciais pelo *software* Qgis 3.4.5.

O modelo proposto por Crepani et al. (2001), estabelece uma escala empírica de valores com 21 classes de 1,0 a 3,0 (Tabela 2). Na escolha das cores, obedeceram-se aos critérios de comunicação visual, que buscam associar às cores “quentes” e suas gradações (vermelho, laranja e amarelo), às situações de emergência, e as cores “frias” e seus matizes (azul e verde), às situações de tranquilidade (CREPANI et al., 2001).

**Tabela 2:** Escala do grau de vulnerabilidade.

<b>Unidade de Paisagem (UP)</b>	<b>Valor</b>	<b>Grau de Vulnerabilidade</b>	<b>Cor (saturação)</b>
UP 01	1,0	Estável	
UP 02	1,1		
UP 03	1,2		
UP 04	1,3		
UP 05	1,4	Moderadamente estável	
UP 06	1,5		
UP 07	1,6		
UP 08	1,7		
UP 09	1,8	Medianamente estável/vulnerável	
UP 10	1,9		
UP 11	2,0		
UP 12	2,1		
UP 13	2,2		
UP 14	2,3	Moderadamente vulnerável	
UP 15	2,4		
UP 16	2,5		
UP 17	2,6		
UP 18	2,7	Vulnerável	
UP 19	2,8		
UP 20	2,9		
UP 21	3,0		

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

## Elaboração dos mapas temáticos

Os dados dos mapas geológico e pedológico da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó foram obtidos por meio do *site* do IBGE (2017), no formato de arquivo *shapefile*. O recorte com a delimitação dos limites da bacia hidrográfica foi conseguido por meio do endereço eletrônico da AESA, também no mesmo formato. A distribuição dos valores do grau de vulnerabilidade para os mapas pedológico e geológico podem ser observados na Tabela 3 e Tabela 4, respectivamente, conforme a classificação proposta por Crepani et al. (2001).

**Tabela 3:** Valores de vulnerabilidade das classes de solo.

Classe de Solo	Valor de Vulnerabilidade
Argissolo Vermelho Eutrófico	2,0
Luvissolo Crômico Órtico	
Luvissolo Crômico Pálico	2,5
Cambissolo Háptico	
Neossolo Litólico Eutrófico	3,0
Neossolo Quartzarênico Órtico	
Neossolo Regolítico Eutrófico	
Neossolo Flúvico Eutrófico	
Afloramento de Rochas	

Fonte: Crepani et al. (2001).

**Tabela 4:** Valores de vulnerabilidade das classes geológicas/estratigráficas.

Classe Estratigráfica	Valor de Vulnerabilidade
Complexo Caicó	1,1
Formação Granitoide	
Complexo Camalaú	1,2
Complexo Piancó	
Complexo São Caetano	1,7
Formação Santana dos Garrotes	
Comp. Salgueiro - Riacho Gravatá	
Suítes Intrusivas	
Formação Seridó	
Formação Mauriti	2,6
Aluviões	

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

Para a elaboração do mapa de uso e ocupação do solo, foram usadas imagens multiespectrais do satélite *Landsat 8 ETM+* (Bandas 2, 3, 4, 5, 6 e 7) disponibilizadas pela USGS, datadas de 18 de dezembro de 2018. Em sequência, realizou-se a sobreposição do arquivo *shapefile* da bacia hidrográfica para atingir o recorte do espaço em estudo com o aporte da ferramenta *clip* e a correção atmosférica da imagem no *software* QGIS 3.4.5. Em seguida, foi empregada a ferramenta “polígonos”, a fim de classificar a área em quatro classes distintas: corpos d'água superficiais, vegetação, solo exposto e áreas urbanas. Na Tabela 5, apresentam-se os valores de vulnerabilidade das referidas classes identificadas.

**Tabela 5:** Valores de vulnerabilidade para as classes se uso e ocupação do solo.

Classe de Uso e Ocupação do Solo	Valor de Vulnerabilidade
Corpos D'Água Superficiais	1,0
Vegetação	2,0
Solo Exposto	3,0
Áreas Urbanas	

Fonte: Crepani et al. (2001).

O mapa temático da umidade do solo foi elaborado a partir da relação do período chuvoso com os valores de vulnerabilidade à perda de solo, esses valores foram baseados no inverso do utilizado por Crepani et al. (2001) e conforme exposto na Tabela 6. Ressalva-se que o período chuvoso foi calculado por meio da série histórica de 25 anos (1994-2018), com 30 postos pluviométricos, todos inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Piancó, e obtidos no *site Hidroweb* da ANA (2019). Posteriormente, com a introdução destes dados, por meio do item 'tabela de atributos', e com o auxílio da ferramenta 'interpolar' no *software* QGIS 3.4.5, foi realizada a interpolação e espacialização dos dados pluviométricos no arquivo *shapefile* da área de estudo. A elaboração do mapa de declividade foi realizada através de imagens SRTM do *site* do IBGE, com resolução de 30m, e classificadas conforme os valores de declividade da Tabela 6 no *software* QGIS 3.4.5.

**Tabela 6:** Valores de vulnerabilidade para as classes de declividade e período chuvoso.

Período chuvoso (meses)	Declividade (%)	Valores de vulnerabilidade
< 2	< 2	3,0
2 a 3	2-6	2,5
4 a 5	6-20	2,0
6 a 7	20-50	1,5
> 7	> 50	1,0

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

Por fim, a customização do mapa final de vulnerabilidade à erosão eólica foi realizada através da média aritmética entre os cinco fatores analisados pela ferramenta *raster calculator* no *software* QGIS 3.4.5.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise dos fatores abordados

A declividade é uma das variáveis que está diretamente interligada ao relevo do terreno, de modo que, quanto menor o declive, maior será a velocidade do desgaste superficial do solo, que por sua vez influencia na erosão eólica, causando o deslocamento e a deposição dos sedimentos (LEPSCH, 2016; CHI et al., 2019).

Na Figura 3, observa-se que a declividade da área de estudo se torna mais acentuada nas bordas da bacia hidrográfica, uma vez que é nela onde se encontra a parte montanhosa do relevo. Nota-se também que os locais próximos ao Sistema Hídrico Curema-Mãe D'água, devido ao seu baixo declive (menor que 2%), foram classificados como *vulnerável* ao fator declividade (1% do território), sendo necessário manter a vegetação nestas áreas menos declivosas para prevenir problemas ambientais.

A bacia hidrográfica do Piancó apresenta cerca de 36% do seu território fincado em declive baixo (de 2 a 6%), principalmente na região ao Norte, onde se localiza o exultório. Esta área se manifesta susceptível à ação erosiva, no que se refere ao fator declividade, enquadrando-se como *medianamente estável/vulnerável*. Em aproximadamente 32% do território, a declividade variou de 6 a 20%, considerada uma declividade suave, e se enquadrando em um grau de vulnerabilidade *moderadamente estável*.

No entanto, 31% do recorte da bacia hidrográfica apresentou declividade alta (entre 20 e 50%), local este onde o relevo é mais forte-ondulado e se concentram as áreas das cabeceiras e, por consequência, boa parte das nascentes da bacia hidrográfica. Logo, esta região possui um declive mais acentuado e menos

susceptível aos processos de erosão eólica.

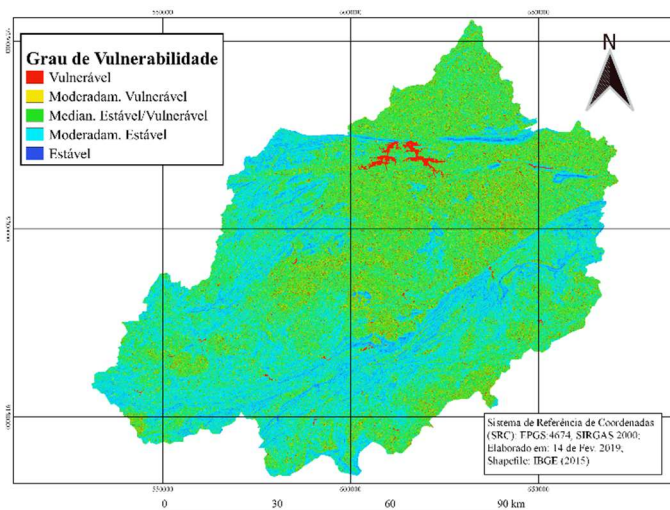


Figura 3: Mapa de Vulnerabilidade ao fator declividade.

A geologia da bacia hidrográfica do rio Piancó apresenta-se bastante complexa, desta forma, optou-se pela classificação digital de acordo com a estratigrafia local. Destacando-se a presença de aluviões, nas regiões de maior fluxo d'água, dos complexos Caicó, complexo Camalaú, complexo Piancó, complexo São Caetano e complexo Salgueiro-Riacho Gravatá.

Entretanto, o mapa de vulnerabilidade geológica (Figura 4) exibiu alta uniformidade, nas faixas de classificação *estável* e *moderadamente estável*, devido as classes estratigráficas pertencerem, em sua maioria, a regiões do embasamento cristalino, onde há elevada concentração de materiais de alta resistência os processos de corrosão e/ou abrasão, como por exemplo, o xisto e os granitos.

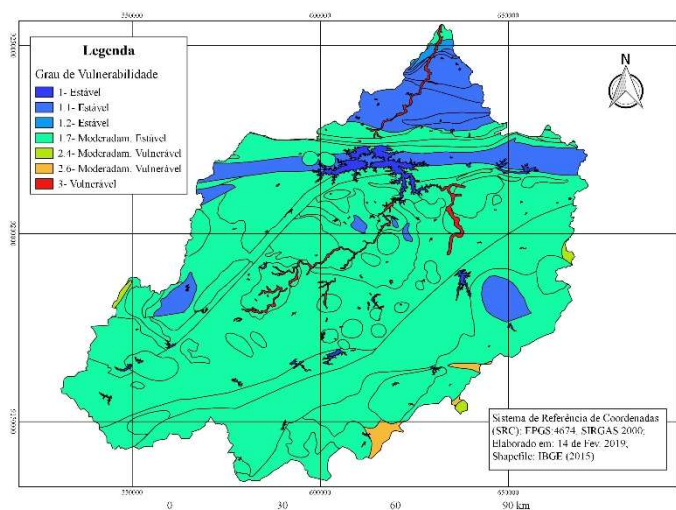


Figura 4: Mapa de Vulnerabilidade Geológica.

Estas áreas correspondem (juntas) a 97% do território da bacia hidrográfica em estudo, conseqüentemente pode-se afirmar que quanto ao fator geologia a bacia hidrográfica do rio Piancó enquadra-se de *estável* à *moderadamente estável* na classificação de Crepani et al. (2001).

Vale destacar que as áreas aluviais (1% do território), são bastante susceptíveis à deflação, conforme

a USDA (1965), a perda de solo nestas terras é de 2,5 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. Assim, indicando a necessidade de ações mitigadoras como o reflorestamento, principalmente as margens dos cursos d'água onde as áreas aluviais se concentram, quanto ao grau de vulnerabilidade estas áreas foram classificadas como *vulneráveis*.

o grau de vulnerabilidade predominante no fator pedológico foi o *vulnerável*, correspondente a presença de Neossolo Litólico (59% do território), seguido pelo *moderadamente estável*, referente ao Luvisolo Crômico (24%) e ao Argissolo Vermelho (13%), as demais classes de solo se enquadraram em *moderadamente vulnerável* e *estável* com 2,5% e 1,5% respectivamente da área da bacia hidrográfica em estudo (Figura 5). Resultados semelhantes foram encontrados por Touré et al. (2019) no sudoeste do Níger e por Chi et al. (2019) na China.

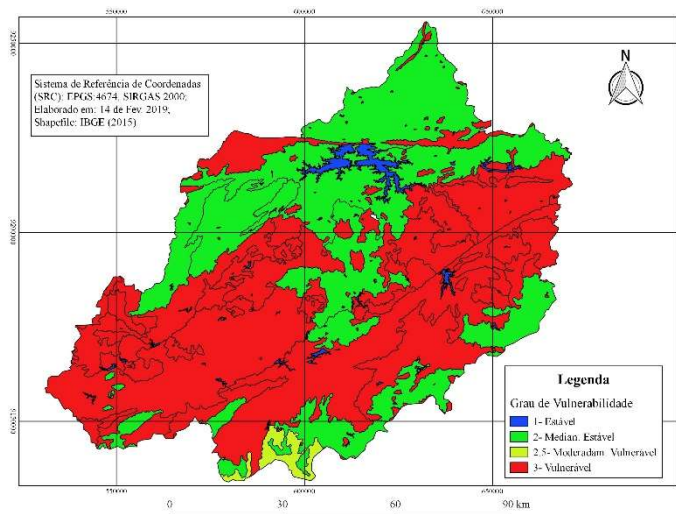


Figura 5: Mapa de Vulnerabilidade Pedológica.

A análise pedológica é bastante relevante, uma vez que a erosão eólica remove os constituintes mais finos do solo, como as argilas, siltes e a matéria orgânica (que não estejam compactados na forma de agregados), deixando o solo menos fértil e improdutivo (LYLES, 1975). Este mesmo autor também concluiu que a erosão pelo vento provoca perdas significativas na produção de lavouras nas terras semiáridas, em estudo realizado no estado do Kansas - EUA.

Ressalva-se também que com a deflação do material mais fino da camada superficial das terras, solos, como o Luvisolo Crômico que apresentam elevada concentração de argilas na camada superficial, são bastante susceptíveis a ação dos ventos, especialmente em regiões sem cobertura vegetal (ROVEDDER e ELTZ, 2008). De todos os fatores analisados, o mais indispensável é a umidade do solo, visto que somente um solo relativamente seco está sujeito a ação erosiva dos ventos (MENG et al., 2018).

A umidade do solo está diretamente relacionada com o período chuvoso de cada região, isto é, quanto maior o período chuvoso, maior será o tempo em que o solo estará relativamente úmido, ou seja, sem condições de ser transportado por meio da erosão eólica (CREPANI et al., 2001; MENG et al., 2018).

No semiárido paraibano, o período chuvoso é curto e irregular, variando de três a quatro meses. Desta forma, os dados analisados são condizentes com a realidade pluviométrica local, uma vez que para a bacia hidrográfica do Piancó o período chuvoso estudado também variou de três a quatro meses,



enquadrando-se em *moderadamente vulnerável*. A uniformidade do mapa de vulnerabilidade à umidade do solo (Figura 6) é justificada devido a este apresentar apenas as médias históricas (1994-2018) referentes ao período chuvoso da região, e por toda área de estudo pertencer a um único clima, o semiárido BSh conforme a classificação de Köppen.

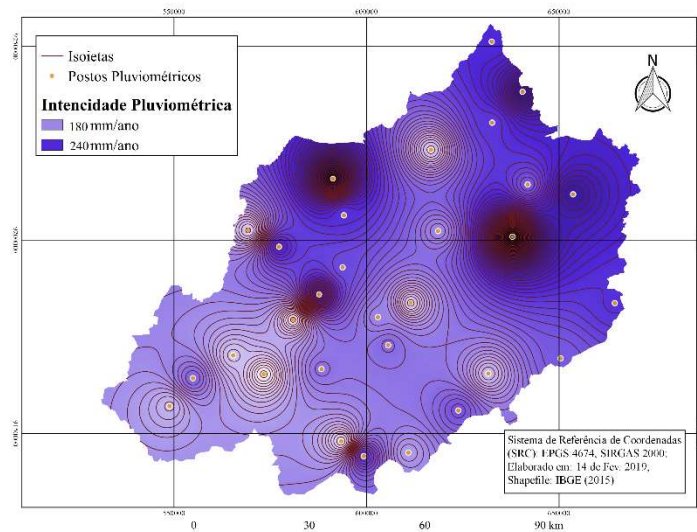


Figura 6: Mapa de Vulnerabilidade à umidade do solo.

Vale destacar que em anos/períodos de estiagem, em regiões áridas e semiáridas, o aumento da perda de solo por erosão eólica é significativamente alto, chegando em média a 20% a mais do que em anos/períodos normais (GASPAR, 2017). Diante disto, na série histórica analisada, o maior período de estiagem identificado foi entre os anos 2011-2017, assim, causando transtornos recentes ao equilíbrio ambiental e, possivelmente, tendo as maiores taxas de perda de solo das últimas décadas.

Foram identificadas quatro classes de uso e ocupação do solo, na bacia hidrográfica do rio Piancó, tendo a classe vegetação com maior ocorrência (66% do território), e classificada como *moderadamente estável*, seguida por solo exposto (31%), classificada como *vulnerável*, áreas urbanas (1,8%), classificada também como *vulnerável* e, corpos hídricos (1,2%), classificada como *estável*.

na Figura 7, pode-se observar o mapa de uso e ocupação do solo referente ao mês de dezembro de 2018, e decorrente da classificação digital das imagens multiespectrais do *Landsat-8*. Constata-se, que no mínimo 33% da bacia hidrográfica do Piancó encontra-se antropizada (entre solo exposto e área urbana), deste modo, pôde-se concluir que parte significativa da área de estudo sofreu algum tipo/forma de impacto e/ou degradação, o que pode ter acarretado em um aumento das taxas de erosão, visto que regiões com solo exposto contribuem para a perda de terras causadas pelo vento.

Outro fator que contribui para a ocorrência da erosão eólica, no semiárido brasileiro, é a presença marcante do bioma Caatinga, uma vez que, mesmo em locais onde há vegetação, as perdas de solo pelo vento ainda são consideráveis, isto devido, principalmente, a Caatinga apresentar uma elevada concentração de vegetação arbustiva e/ou herbáceo, espaçada, e com a perda das folhas no período de estiagem (maior parte do ano) (FERNANDES et al., 2018). Assim, explicando o valor de 2,0 (*moderadamente estável*), na escala

do grau de vulnerabilidade de Crepani et al. (2001).

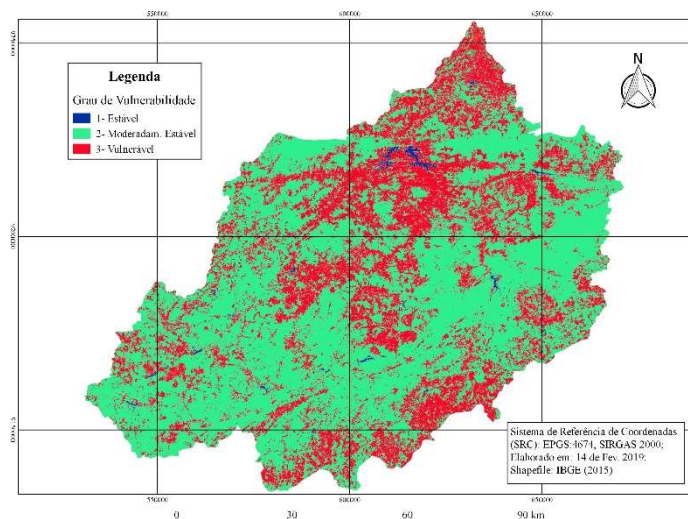


Figura 7: Mapa de Vulnerabilidade ao uso e ocupação do solo.

Moura et al. (2017) e Araújo (2019), também em estudos realizados no semiárido brasileiro, identificaram terras susceptíveis à erosão, classificadas de *moderadamente vulnerável* a *vulnerável*, devido à presença marcante de áreas antropizadas, na análise de uso e ocupação do solo.

#### Análise do mapa final de vulnerabilidade à erosão eólica

A bacia hidrográfica variou de *estável* (2,2% do território) a *moderadamente vulnerável* (0,8%), tendo a classe *moderadamente estável* (56%) como a mais abrangente em sua área, seguida pela *medianamente estável/vulnerável* (41%), como pode-se observar na Tabela 7.

Tabela 7: Valores de vulnerabilidade à erosão eólica para bacia hidrográfica do rio Piancó.

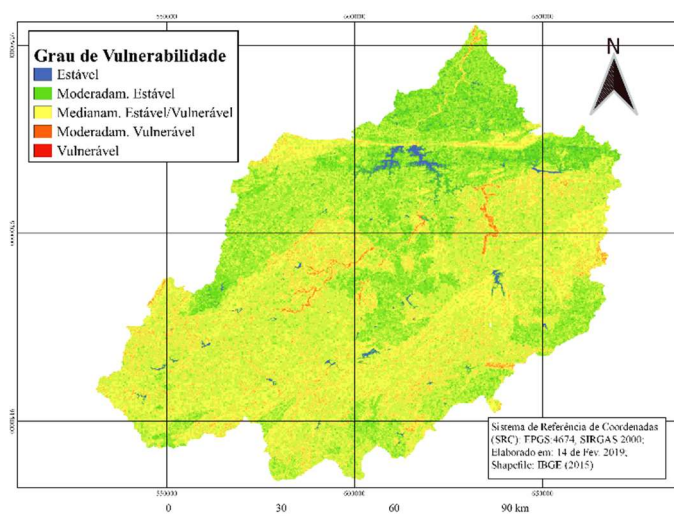
Grau de vulnerabilidade	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Estável	204,16	2,2
Moderadamente estável	5196,8	56
Medianamente estável/vulnerável	3804,8	41
Moderadamente vulnerável	74,24	0,8
Vulnerável	0	0

A elevada concentração da classe *moderadamente estável* é reflexo, principalmente, por associação combinada de relevos suaves, geologia do embasamento cristalino, solo exposto e baixa umidade do solo (curto período chuvoso). Resultado semelhante foi encontrado por Ribeiro (2016), na sub-bacia hidrográfica do rio Mandú, no estado de Minas Gerais - Brasil, analisando a vulnerabilidade do solo por processos erosivos. Por outro lado, pesquisas como a de Tavares et al. (2016), apresentou elevados índices de vulnerabilidade para o Cariri paraibano.

Vale ressaltar que apesar dos baixos valores de vulnerabilidade, as áreas *moderadamente vulneráveis* concentram-se, em sua maioria, às margens dos cursos d'água intermitentes, necessitando assim de medidas mitigadoras urgentes, uma vez que é indispensável a conservação ambiental destes locais, em especial ao se tratar de uma região de escassez hídrica como o semiárido brasileiro. O estudo de Lima et al. (2018) também

identificou áreas de vulnerabilidade ao longo dos cursos d'água, e Belato et al. (2018) em pesquisa na bacia do Submédio Tocantins, Pará - Brasil, destacaram a importância da conservação do solo no combate a fragilidade ambiental.

Ao verificar a distribuição das classes do grau de vulnerabilidade na bacia hidrográfica do Piancó (Figura 8), percebe-se o predomínio das classes *moderadamente estável* e *medianamente estável/vulnerável*, sendo que em virtude da influência do declive mais suave, solo exposto e pedologia mais estável na região norte da bacia, concentra-se a classe *moderadamente estável*, enquanto que na região centro-sul predomina a classe *medianamente estável/vulnerável*, devido os relevos ondulados, pedologia mais vulnerável e cobertura vegetal (apesar dos outros fatores).



**Figura 8:** Mapa de Vulnerabilidade à erosão eólica.

A utilização do SIG apresentou-se como uma geotecnologia competente na elaboração dos mapas temáticos, assim como nos estudos Chi et al. (2019), Lima et al. (2018) e Rezaei et al. (2019), esta ferramenta computacional (SIG) se exibiu capaz de alcançar o objetivo proposto pela pesquisa de maneira rápida e convincente.

A implementação de uma gestão eficiente dos recursos naturais é um fator fundamental para a conservação/preservação das bacias hidrográficas do semiárido brasileiro, assim como a adoção de políticas públicas que promovam o desenvolvimento sustentável para a região, visto que a aplicação de estudos voltados a vulnerabilidade natural é um dos principais meios de expor a real situação destes locais.

## CONCLUSÕES

O SIG demonstrou ser uma ferramenta eficaz na avaliação da vulnerabilidade à erosão eólica na bacia hidrográfica do Rio Piancó, permitindo identificar as áreas mais susceptíveis à degradação do solo. A área de estudo apresentou estabilidade quanto ao grau de vulnerabilidade à erosão eólica, tendo 97% do território pertencente a classe *moderadamente estável* ou *medianamente estável/vulnerável*.

Entretanto, é necessário a adoção de medidas de controle afim de manter a situação atual, bem como, prevenir futuros impactos ambientais negativos na bacia hidrográfica do Rio Piancó, através por

exemplo, da implantação de políticas públicas ambientais eficientes que busquem a preservação dos recursos naturais em harmonia com as atividades antrópicas.

## REFERÊNCIAS

ANA, Agência Nacional de Águas. **Portal Hidroweb**, 2019.

AMORIM, L. O.; GRISA, C.. Combater a seca ou conviver com o Semiárido ?. **Raízes: Revista de Ciências Sociais e Econômicas**, v.38, n.2, p.43-57, 2018. DOI: <https://doi.org/10.37370/raizes.2018.v38.9>

ARAÚJO, I. N. F.. **Mapeamento e análise da vulnerabilidade ambiental induzida pelo uso e ocupação do solo em uma unidade de planejamento hidrológico no semiárido brasileiro**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

ARAÚJO, M. S.; E MARUSCHI, V. O.. Aspectos metodológicos e operacionais em morfometria fluvial, a partir do Geoprocessamento. **Caderno de Geografia**, v.30, n.1, p.19-35, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2020v30nesp19-35>

BARBOSA NETO, M. V.; ARAÚJO, M. D. S. B.; ARAÚJO FILHO, J. C.; ALMEIDA, B. G.. Degradação do solo por erosão em área vulnerável à desertificação no semiárido pernambucano. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v.1, n.1, p.4406-4416. 2017. DOI: <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.1929>

BELATO, L. S.; SERRÃO, S. L. C.; DIAS, R. P.. Diagnostico da fragilidade ambiental na Bacia do Submédio Tocantins: UHE Tucuruí. **Natural Resources**, v.9, n.1, p.28-37, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2237-9290.2019.001.0004>

CHI, W.; ZHAO, Y.; KUANG, W.; HE, H.. Impacts of anthropogenic land use/cover changes on soil wind erosion in China. **Science of the Total Environment**, v.668, p.204-215, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.015>

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

FERNANDES, M. F.; QUEIROZ, P.. Vegetação e flora da Caatinga. **Ciência e Cultura**, v.70, n.4, p.51-56, 2018. DOI: <https://doi.org/10.21800/2317-66602018000400014>

GASPAR, J. S.. **Estudo experimental da erosão eólica de pilhas de material granular de formato oblongo**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade de Coimbra. Coimbra, 2017.

GOMES, R. C.; ZANELLA, M. E.; OLIVEIRA, V. P. V.. Análise das características climáticas do município de Tauá-CE/Brasil. **Boletim de Geografia**, v.35, n.2, p.83-98, 2017. DOI: <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v35i2.31677>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

**Geociência/informações ambientais**. IBGE, 2017.

LEPSCH, I. F.. **Formação e conservação dos solos**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

LIMA, M. M. P.; SILVA, L.. Análise da vulnerabilidade natural da bacia hidrográfica do Rio Banabuiú, com apoio de geotecnologia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.11, n.4, p.1442-1457, 2018. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v11.4.p1442-1457>

LYLES, L.. Possible effects of wind erosion on soil productivity. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.30, n.6, p.279-283, 1975.

MENG, Z.; DANG, X.; GAO, Y.; REN, X.; DING, Y.; WANG, M.. Interactive effects of wind speed, vegetation coverage and soil moisture in controlling wind erosion in a temperate desert steppe, Inner Mongolia of China. **Journal of Arid Land**, v.10, n.4, p.534-547, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40333-018-0059-1>

MOURA, M. M. S.; ARAÚJO NETO, J. R.; PALÁCIO, H. A. Q.; BATISTA, F. J. A.; SOUSA, M. M. M.. Vulnerabilidade à erosão quanto aos aspectos solo e vegetação em uma bacia hidrográfica no semiárido. **Entorno Geográfico**, n.13, p.14-14, 2017. DOI: <https://doi.org/10.25100/eg.v0i13.6033>

REZAEI, M.; RIKSEN, M. J.; SIRJANI, E.; SAMENI, A.; GEISSEN, V.. Wind erosion as a driver for transport of light density microplastics. **Science of The Total Environment**, v.669, p.273-281, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.382>

RIBEIRO, A. S.; MINCATO, R. L.; CURI, N.; KAWAKUBO, F. S.. Vulnerabilidade ambiental à erosão hídrica em uma sub-bacia hidrográfica pelo processo analítico hierárquico. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.9, n.01, p.016-031, 2016. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v9.1.p016-031>

ROVEDDER, A. P. M.; ELTZ, F. L. F.. Revegetação com plantas de cobertura em solos arenizados sob erosão eólica no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.1, p.315-321, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832008000100029>

SOARES, L. S.; LOPES, W. G. R.; CASTRO, A. C. L.; ARAUJO, G. M. C.. Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. **Revista do Departamento de Geografia**, v.31, p.82-100, 2016. DOI: <https://doi.org/10.11606/rdg.v31i0.107715>

TAVARES, V. C.; RAMOS, N. L.. A desertificação em São João do Cariri (PB): uma análise das vulnerabilidades. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.9, n.05, p.1384-1399, 2016. DOI: <http://doi.org/10.26848/rbgf.v9.5.p1384-1399>

TOURÉ, A. A.; TIDJANI, A. D.; RAJOT, J. L.; MARTICORENA, B.;

BERGAMETTI, G.; BOUET, C.; GARBA, Z.. Dynamics of wind erosion and impact of vegetation cover and land use in the Sahel: A case study on sandy dunes in southeastern Niger.

**Catena**, v.177, p.272-285, 2019. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.02.011>

TRICART, J.. **Ecodinâmica**. Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente, Secretaria de Planejamento da Presidência da República, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria Técnica, 1977.

USDA. **Soil and water need conservation**: a national inventory. Misc. Publ. nº 971. Washington: EUA Departamento de Agricultura, 1965.

ZHANG, H.; FAN, J.; CAO, W.; HARRIS, W.; LI, Y.; CHI, W.; WANG, S.. Response of wind erosion dynamics to climate change and human activity in Inner Mongolia, China during 1990 to 2015. **Science of the Total Environment**, v.639, p.1038-1050, 2018. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.082>

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.