

FRAGILIDADE MORFOPEDOLÓGICA NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO RIACHÃO, PIAUÍ, SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Glécia Maria de Carvalho Sousa¹
Cláudia Maria Sabóia de Aquino²
Flavio Rodrigues do Nascimento³

INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais se tornaram mais evidentes a partir das últimas décadas do século XX, provocando mudanças significativas nos sistemas ambientais e sociais em escala global face às intervenções humanas que gradativamente têm colocado em xeque a sustentabilidade do planeta (Bade, 2019). Isso desperta uma crescente preocupação com a conservação dos recursos naturais.

Diante disso, a identificação dos processos e das fragilidades do meio natural frente às ações antrópicas de pressão e degradação torna-se fundamental para conservação desses recursos e o estabelecimento de um planejamento ambiental territorial eficaz (Pereira Neto, 2013). Tornando-se, ainda, essencial em regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas, cuja dinâmica geoambiental aponta suscetibilidade à Desertificação (Santos; Aquino, 2016).

Entender a dinâmica dos sistemas naturais, os processos de estabilidade (equilíbrio) e instabilidade (desequilíbrio), assim como as trocas de matéria e energia, permite caracterizar os espaços e os elementos da paisagem conforme suas potencialidades e fragilidades. Por essa razão, estudos que verificam a fragilidade ambiental têm sido apontados como imperativo para compreensão do meio ambiente (Bade; Rocha; Cunha, 2015).

As fragilidades dos ambientes naturais devem ser avaliadas quando se pretende aplicá-la ao planejamento territorial ambiental. O estudo dessas fragilidades parte dos processos relacionados à dinâmica do ambiente (Crispim; Sousa; Lourenço, 2014),

¹ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará - UFC, gleciacarvalho@gmail.com;

² Professora Dra. do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Piauí - UFPI, cmsaboia@gmail.com;

³ Professor orientador: Docente e Doutor do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará - UFC, flaviorn@yahoo.com.br.

sendo definida como a sensibilidade e resiliência de um ecossistema frente aos estressores naturais e interferências antrópicas (Turner *et al.* 2003; Anjinho *et al.* 2021).

Portanto, para compreender e quantificar a relação entre as atividades humanas e o meio ambiente, surgiu modelos de avaliação da fragilidade ambiental, representando os diferentes graus de fragilidade de um local (Campos *et al.* 2021). Esses modelos envolvem um conjunto de informações que perpassam, obrigatoriamente, pelo inventário do quadro natural. Nesta abordagem, a fragilidade potencial considera os aspectos naturais caracterizando o equilíbrio dinâmico do ambiente, desconsiderando as influências da sociedade.

Tendo em conta a fragilidade natural nas regiões semiáridas, característica marcante da área de estudo, objetiva-se estimar a fragilidade morfopedológica na sub-bacia hidrográfica do rio Riachão, Piauí, Brasil por meio da aplicação de técnicas de geoprocessamento com adaptação da proposta metodológica de Ross (1994) a partir das variáveis relevo (declividade) e solos (classes de solo). Dessa forma, espera-se subsidiar na elaboração de planos para a conservação e manejo adequado dos recursos naturais da região.

Entende-se que a aplicação da fragilidade ambiental em estudos de avaliação de bacias hidrográficas pode orientar decisões políticas de monitoramento e manejo no que se refere ao planejamento do uso do solo, melhorando a qualidade da água para abastecimento público (Braga *et al.* 2017; Abrão; Bacani, 2018).

Considerando o contexto apresentado, a sub-bacia hidrográfica do rio Riachão faz parte da bacia hidrográfica do rio Parnaíba, que compõe a maior região hidrográfica do Piauí, segundo o (MMA – Ministério do Meio Ambiente, 2006; IBGE, 2021). É uma área ainda não explorada em termos de estudos publicados voltados à determinação de sua fragilidade natural, o que justifica o presente trabalho.

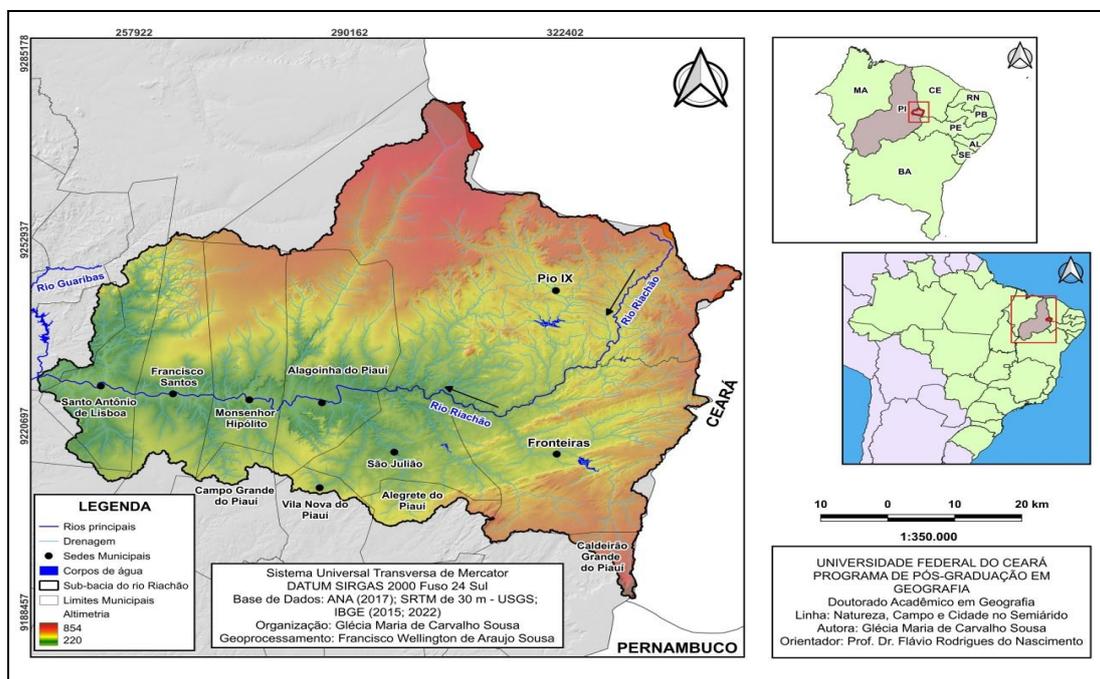
MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo é a sub-bacia hidrográfica do rio Riachão (figura 1). Esta sub-bacia está localizada no semiárido piauiense, perfazendo uma área total de 4.584 Km². Seu principal rio é classificado como intermitente, apresenta 146 km de extensão, da nascente a foz, e drena terras que engloba os municípios de Pio IX, Fronteiras, São Julião, Alagoinha do Piauí, Monsenhor Hipólito, Francisco Santos, Santo Antônio de Lisboa e Bocaina, com sua foz na localidade Barras das Guaribas (ANA, 2017; IBGE,

2015; 2022). A nascente do rio Riachão localiza-se na divisa do estado do Ceará com o Piauí, no Município de Pio IX-PI.

Compreender a dinâmica geomorfológica, em específico, da Declividade Média (DM) é fundamental para o planejamento ambiental e desenvolvimento adequado das atividades antrópicas, já que elas interferem diretamente na fragilidade dos solos à erosão (EMBRAPA, 2009). Para tanto, utilizou-se os dados da missão SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), aliado ao uso de técnicas de geoprocessamento e da adaptação da proposta metodológica de Ross (1994) para estimar a fragilidade potencial ambiental da área, a partir da declividade do relevo e das classes de solos.

Figura 1 – Mapa de Localização da sub-bacia do rio Riachão no estado do Piauí



Fonte: ANA (2017); IBGE (2015; 2022).

Na presente pesquisa, a elaboração do mapa de fragilidade morfopedológica levou em consideração os atributos físico-naturais de relevo (declividade) e solos (classes de solos). Esses atributos foram analisados por meio de dados vetoriais e matriciais, tendo como base a utilização de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

No que se refere às informações sobre a declividade, foram utilizados dados matriciais da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), obtidos por meio da base de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Após a aquisição das imagens, foram desenvolvidos alguns procedimentos essenciais: realização do mosaico, bem como a reprojeção, originalmente, na Projeção UTM, datum WGS 84, sendo convertidas para o datum SIRGAS 2000, Zona UTM 24 Sul.

Para os atributos relacionados às classes de solos foi utilizado o arquivo *shapefile*, disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), o qual se encontra em escala de 1:250.000. Esse dado vetorial de polígono corresponde uma atualização do projeto RADAMBRASIL associado aos estudos da EMBRAPA.

Dessa forma, na confecção do mapa de fragilidade morfoopedológica foi necessária a utilização de técnicas da análise multicritério e da álgebra de mapas, na obtenção das fragilidades para a área de estudo, a partir dos atributos físico-naturais definidos. A determinação da fragilidade morfoopedológica (FAP) foi realizada utilizando a seguinte equação: $FMP = ([D] + [S]) / 2$.

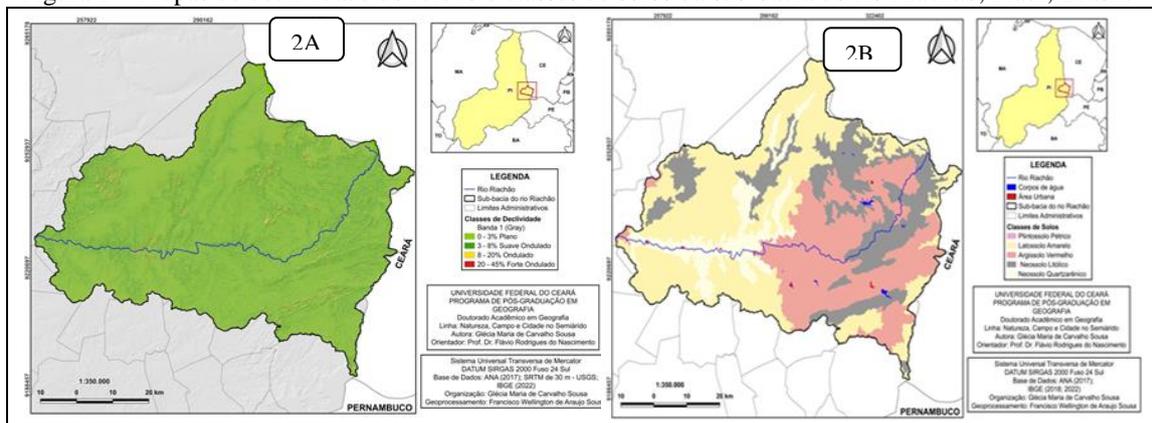
Após o cálculo da fragilidade, de acordo com a equação acima, os mapas foram classificados, conforme os valores divididos em intervalos entre 0 e 5, que correspondem às categorias hierárquicas da fragilidade morfoopedológica, a saber: entre 0 e 1, é classificada como Muito Baixa; entre 1 e 2, Baixa; entre 2 e 3, Média; entre 3 e 4, Alta; e, entre 4 e 5, Muito Alta.

Ressalta-se que os dados geográficos (vetores e *raster*) foram analisados, processados e refinados de forma combinada no *software* livre QGIS versão 3.22. O referencial geodésico utilizado na elaboração dos mapas temáticos foi o SIRGAS 2000, e o sistema de projeção Universal Transversa de Mercator 24 S. Para os diferentes planos de informação adotou-se a escala de 1:350.000.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os mapas da figura 2 mostra dois dos aspectos principais que ajudam a caracterizar fisicamente a sub-bacia do rio Riachão e, portanto, embasam o cálculo da fragilidade morfoopedológica do foco do estudo. Ali podemos observar as classes de declividade do relevo 2A e dos tipos de solos 2B.

Figura 2 – Mapas de declividade do relevo e classes de solos da sub-bacia do rio Riachão, Piauí, Brasil.



Ao considerar a declividade da sub-bacia, predominam relevos planos a suave ondulado, cuja classe com maior significância é os setores com declives de 0 a 8% representando 78,1% da área, distribuídos por toda sua extensão. A descrição morfológica destas classes é de um terreno com desníveis quase inexistentes ao longo das planícies fluviais sem grandes perdas de solo. Já as classes ondulado e forte ondulado representam 21,9 % da sub-bacia. Os dados de área por declividade são apresentados na tabela 1.

Tabela 1- Classes de declividade na sub-bacia hidrográfica do Rio Riachão, Piauí

Classes de declividades	Área (Km ²)	%
0 - 3%	2.026,99	44,11
3 - 8%	1.559,20	33,93
8 - 20%	658,39	14,32
20 - 45 %	349,95	7,61
Total	4.584	100

Fonte: Adaptada de Ross (1994)

Quanto aos tipos de solo, o mapeamento da área identifica as seguintes classes: Plintossolo Pétricos, Latossolo Amarelo, Argissolo Vermelho, Neossolo Litólico e Neossolo Quartzarênico. Destes, há um predomínio dos Latossolos Amarelos (40,1 %) na porção oeste e do Argissolo Vermelho (29%) na porção centro-leste, conforme tabela 2. Os Latossolos (Amarelos) são bem desenvolvidos, bastante uniformes em textura, cor e estrutura. Portanto, são profundos, bem drenados, mas de baixa fertilidade natural (EMBRAPA, 2013).

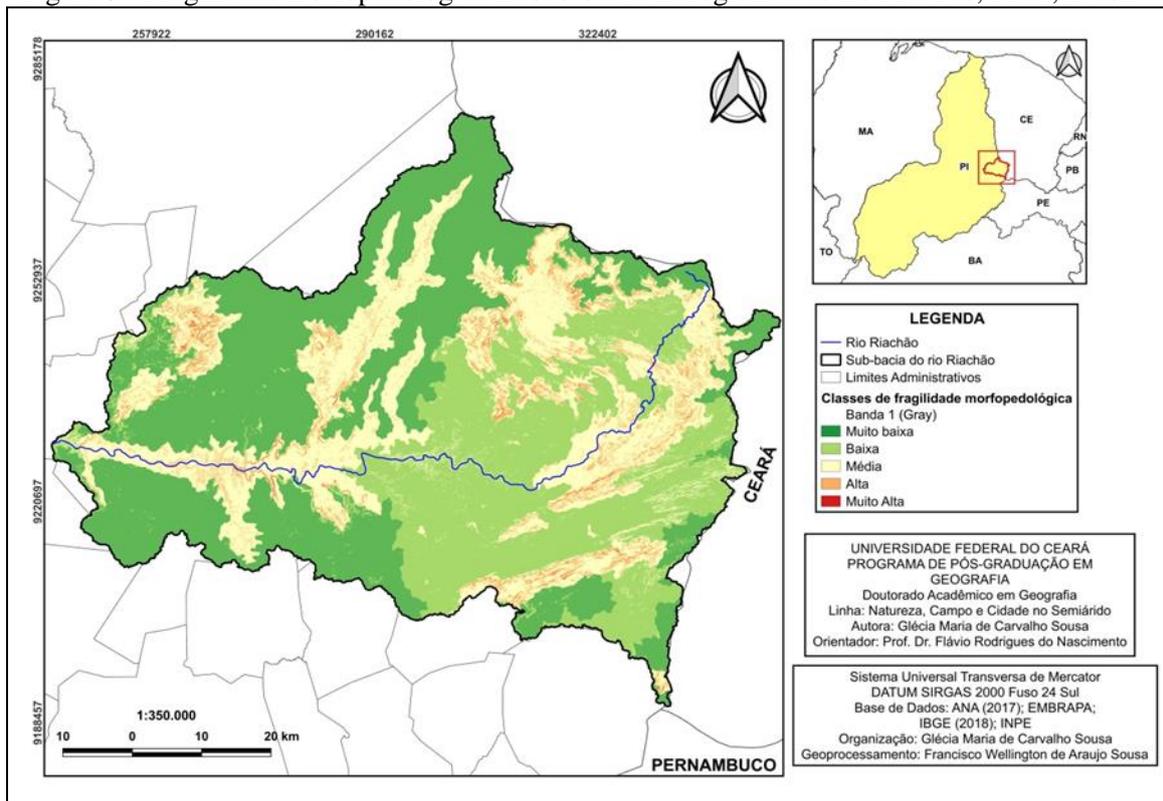
Tabela 2- Classes de solos na sub-bacia hidrográfica do Rio Riachão, Piauí

Classes de solos	Área (Km ²)	%
Latossolo Amarelo	1840,72	40,15
Argissolo Vermelho	1333,13	29,08
Neossolo Litólico	962,51	21,00
Neossolo Quartzarênico	447,69	9,76
Plintossolo Pétrico	0,05	0,01
Total	4.584	100

Fonte: EMBRAPA (2013).

Para estimar a fragilidade potencial morfopedológica da sub-bacia do rio Riachão, utilizaram-se os dados SRTM e aplicaram-se as técnicas de geoprocessamento aliado à proposta metodológica de Ross (1994). Com base nisso, foi possível identificar 5 classes de fragilidade morfopedológica, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Fragilidade morfoopedológica na sub-bacia hidrográfica do rio Riachão, Piauí, Brasil



Fonte: ANA (2017); EMBRAPA; IBGE (2018)

Com base nas classes de fragilidade da área, observa-se que os níveis variam de Muito Baixa a Muito Alta. Desse modo, pode-se perceber que a classe de fragilidade morfoopedológica Muito Alta é a que possui menor extensão, enquanto as classes Muito baixa e Baixa, distribuí-se pela maior parte da sub-bacia, bem como a classe Média com significativa representação e distribuição ao longo da área de estudo. Os dados expostos na Tabela 3 apresentam as classes de fragilidade potencial morfoopedológica, sua distribuição absoluta e percentual estimado na área.

Infer-se que a fragilidade morfoopedológica da área analisada é Baixa, pois 65,8% da área estudada predomina a classe de fragilidade morfoopedológica Muito baixa e Baixa, ou seja, possui baixos níveis de declividade. Por outro lado, 8,7% (400,84 km²) da área merece atenção, correspondendo à classe de fragilidade Alta e Muito Alta, sendo, assim uma área frágil por apresentar alta declividade e está sujeita a escorregamentos, portanto impróprias para atividades agropecuárias.

Ressalta-se que embora os resultados da fragilidade morfoopedológica tenham evidenciado predominância das classes Muito baixa e Baixa, ao se considerar a condição de clima semiárido com chuvas torrenciais e concentradas, aliada a distintos usos da terra, algumas vezes de modo inadequado, estes fatores (clima e uso) podem em muito potencializar a fragilidade da sub-bacia do Rio Riachão. A continuidade da

pesquisa, em breve, apresentará o resultado da fragilidade ambiental da área, considerando vários outros parâmetros.

A título de comparação, os resultados obtidos no presente estudo convergem com aqueles encontrados no estudo de Ribeiro e Albuquerque (2021) realizado na bacia hidrográfica do rio Mulato, no médio Parnaíba Piauiense, cuja área da bacia apresentou 54,9 % de fragilidade potencial muito baixa e baixa. Enquanto as classes alta e muito alta representam apenas 26,35%, constatando que a declividade apresenta grande influência na determinação das áreas mais e/ou menos frágeis.

Tabela 3- Graus de fragilidade morfopedológica, com área absoluta e porcentagem na sub-bacia hidrográfica do rio Riachão, Piauí, Brasil

Graus de Fragilidade Potencial	Fragilidade Morfopedológica	Área (Km²)	%
Muito baixa	1	1.769,18	38,53
Baixa	2	1.254,68	27,32
Média	3	1.167,30	25,42
Alta	4	311,96	6,80
Muito Alta	5	88,88	1,93
Total		4.584	100

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo sobre a fragilidade morfopedológica na sub-bacia Hidrográfica do rio Riachão, a partir de dados do SRTM e do geoprocessamento aliado à proposta metodológica de Ross (1994), apresentou resultados significativos. Foi possível estimar os graus de fragilidade morfopedológica, por conseguinte identificar as áreas com maior e menor fragilidade. Dessa forma, a área estudada apresenta fragilidade morfopedológica que varia de Muito Baixa a Baixa em 65,8%, correspondendo a 3.023,8 km². Essas são consideradas no presente trabalho como áreas menos frágeis, ao passo que em apenas 8,7% do trecho pôde-se constatar Alta e Muito Alta fragilidade, isso correlacionando as altas declividades, consideradas no trabalho como área mais frágil. Espera-se que a identificação dos diferentes níveis de fragilidade morfopedológica neste estudo possa subsidiar o planejamento e manejo adequado do uso da terra e/ou solo na sub-bacia, a fim de evitar impactos negativos no ambiente e a degradação de seus recursos naturais, assim como prevenir a suscetibilidade à Desertificação nesta região semiárida.

Palavras-chave: Fragilidade Potencial; Declividade do relevo, Classes de solos, Rio Riachão, Semiárido.

REFERÊNCIAS

- ABRÃO, C. M. R.; BACANI, V. M. Diagnóstico da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio, MS: subsídio ao zoneamento ambiental. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 38, n. 3, p. 619-645, 2018.
- ANJINHO, P. da S et al. Environmental fragility analysis in reservoir drainage basin land use planning: A Brazilian basin case study. **Land Use Policy**, v. 100, p. 104946, 2021.
- BADE, M. R. **Fragilidade e vulnerabilidade socioambiental nas bacias hidrográficas do Paraná 3 (Brasil) e do Alto Paraná (Paraguai): estudo em área de fronteira**. 2019. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes da Universidade Estadual de Maringá, PR, 2019.
- BADE, M. R.; ROCHA, A. S.; CUNHA, J. E. Mapeamento da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do córrego Matilde Cuê, Marechal Cândido Rondon-PR. **Revista Geografar**, v. 9, n. 2, p. 62-83, 2015.
- BRAGA, C. et al. Mapeamento da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do reservatório da UHE Caçu-Goiás. **Ciência e Natura**, v. 39, p. 81-98, 2017.
- Caderno da Região Hidrográfica do Parnaíba / **Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos**. Brasília: MMA, 2006.
- CAMPOS, J. A. et al. Environmental fragility and land use capacity as instruments of environmental planning, Caratinga River basin, Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v. 80, n. 7, p. 264, 2021.
- CRISPIM, A. B.; DE SOUZA, M. J. N.; LOURENÇO, R. M. Relação sociedade/natureza, fragilidade e degradação ambiental: bases conceituais para os estudos ambientais. **Revista GeoNordeste**, n. 3, p. 24-39, 2014.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2009.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/31653-bacias-e-divisoes-hidrograficas-do-brasil.html>. Acesso em: 04 jul. 2024.
- PEREIRA NETO, M. C. **Fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Seridó (RN/PB Brasil)**. 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- RIBEIRO, K. V.; ALBUQUERQUE, E. L. S. Mapeamento da fragilidade potencial na bacia hidrográfica do rio Mulato, no médio Parnaíba Piauiense. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 38, n. 3, 2021.
- ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia da USP**. São Paulo, n.8, 1994.
- SANTOS, F. de A. dos; AQUINO, C. M. S. de. Mapeamento e análise da fragilidade pedológica das unidades geoambientais, em Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí, Nordeste, Brasil. **Acta Geográfica**, p. 15-26, 2016.
- TURNER, B. L. et al. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. **Proceedings of the national academy of sciences**, v. 100, n. 14, p. 8074-8079, 2003.