



**PKS**

PUBLIC  
KNOWLEDGE  
PROJECT

REVISTA DE  
**GEOGRAFIA**

Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPE

**OJS**

OPEN  
JOURNAL  
SYSTEMS

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia>

## ANÁLISE DOS ESTUDOS DE FRAGILIDADE AMBIENTAL NA IDENTIFICAÇÃO E MITIGAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS, A PARTIR DE ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Patricia Barbosa Pereira<sup>1</sup>, <http://orcid.org/0000-0001-7298-9469>  
Glairton Cardoso Rocha<sup>2</sup>, <http://orcid.org/0000-0002-1706-7338>  
Cláudia Maria Sabóia de Aquino, <http://orcid.org/0000-0002-3350-7452>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Piauí, Teresina – PI, Brasil\*

<sup>2</sup> Instituto Federal do Piauí, Teresina – PI, Brasil\*\*

<sup>3</sup> Universidade Federal do Piauí, Teresina – PI, Brasil\*\*\*

*Artigo recebido em 22/02/2022 e aceito em 01/08/2023*

*Publicado: 10/2023*

### RESUMO

A análise da fragilidade ambiental envolvendo as bacias hidrográficas, vêm sendo amplamente utilizada para a identificação de atividades degradadoras, e como subsídio ao manejo sustentável dos sistemas terrestres. Neste sentido, o objetivo do presente artigo é analisar as contribuições de metodologias sobre fragilidade ambiental na identificação e mitigação de impactos ambientais em bacias hidrográficas, através de análise bibliométrica. Dessa maneira, a partir da revisão de literatura sobre fragilidade ambiental em bacias hidrográficas brasileiras, foi possível verificar que os estudos analisados obtiveram resultados satisfatórios. Além da identificação dos impactos ambientais, identificou-se que as pesquisas apresentam variadas medidas mitigadoras com destinação às ações de planejamento ambiental e auxílio à tomada de decisão. Em linhas gerais, reitera-se que esse estudo contribuirá com informações úteis ao desenvolvimento de pesquisas futuras, além de identificar os principais impactos ambientais recorrentes na temática da fragilidade ambiental, e medidas de ordenamento territorial.

**Palavras-chave:** fragilidade ambiental; impactos ambientais; bacias hidrográficas.

\* Aluna do Programa de Mestrado em Análise e Planejamento Espacial e do curso de especialização em Geoprocessamento: fundamentos e aplicações (IFPI). E-mail: [patriiciabarbosaap@gmail.com](mailto:patriiciabarbosaap@gmail.com)

\*\* Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI). E-mail: [glairtongeo@ifpi.edu.br](mailto:glairtongeo@ifpi.edu.br)

\*\*\* Professora Associada II da Universidade Federal do Piauí, onde atua na pesquisa e no ensino de graduação e pós-graduação (Programa de Pós-Graduação de Geografia da UFPI). E-mail: [cmsaboia@gmail.com](mailto:cmsaboia@gmail.com)

## **ANALYZES OF STUDIES OF ENVIRONMENTAL FRAGILITY IN THE IDENTIFICATION AND MITIGATION OF ENVIRONMENT IMPACTS IN HYDROGRAPHIC BAYS FROM THE BIBLIOMETRICS ANALYSIS**

### **ABSTRACT**

The analyses of the environment fragility that involves the hydrographic bays, and has been widely used for the identification of degrading activities, and as subsidy to the sustainable management of the terrestrial systems. In this way, the objective of this article it's to analyze the contributions of methodologies about the environment fragility in the identification and mitigation of the environment impacts in the hydrographic bay through bibliometrics analysis. In this way, from the literature revision about the environment fragility in Brazilians hydrographic bays, it was possible to verify that the studies that were analyzed had satisfactory results. Beyond the identification of environmental impact, it was identified that the researches presents a variety of mitigating measures with a destination to the actions of the environment plan and helping with making decisions. In general lines, we highlighting that this study will contribute with useful information to the development of future researches, beyond identifying the main environmental impacts recurrent in the theme of environment fragility, and territorial ordering measures.

**Keywords:** Environmental fragility; environment impacts; hydrographic bays.

## **ANÁLISIS DE ESTUDIOS DE FRAGILIDAD AMBIENTAL EN LA IDENTIFICACIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN BACIAS HÍDRICAS, BASADO EN ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO**

### **RESUMEN**

El análisis de fragilidad ambiental que involucra cuencas hidrográficas ha sido ampliamente utilizado para la identificación de actividades degradantes, y como subsidio para la gestión sustentable de los sistemas terrestres. En este sentido, el objetivo de este artículo es analizar los aportes de las metodologías sobre fragilidad ambiental en la identificación y mitigación de impactos ambientales en cuencas hidrográficas, a través del análisis bibliométrico. Así, a partir de la revisión de literatura sobre fragilidad ambiental en cuencas hidrográficas brasileñas, fue posible verificar que los estudios analizados obtuvieron resultados satisfactorios. Además de la identificación de impactos ambientales, se identificó que la investigación presenta diversas medidas mitigadoras encaminadas a acciones de planificación ambiental y ayuda en la toma de decisiones. En términos generales, se reitera que este estudio brindará información útil para el desarrollo de futuras investigaciones, además de identificar los principales impactos ambientales recurrentes en el tema de la fragilidad ambiental, y medidas de ordenamiento territorial.

**Palabras clave:** Fragilidad ambiental; impactos ambientales; bacías hidrográficas.

## **INTRODUÇÃO**

As intervenções antrópicas quando realizadas de maneira inadequada aceleram de forma bastante expressiva as mudanças nas características ambientais, e na disponibilidade de recursos naturais. O desenvolvimento da produção do espaço, engendrado pelas relações sociais, impactam a funcionalidade das bacias hidrográficas, uma vez que são receptoras de todas as interferências naturais e humanas que ocorrem na sua área (CHRISTOFOLETTI, 1980; BRASIL, 1997; CARVALHO, 2020 CARVALHO et al., 2019).

Os estudos decorrentes da identificação de impactos ambientais em análises de fragilidade ambiental, tendem a contribuir com o manejo de bacias, pois permitem identificar a compatibilidade ambiental das atividades socioeconômicas. E a partir dos resultados obtidos, podem ser gerados planos de gestão vinculados à dinâmica local (CASTRO, 2016; FIGUEIRÔA e SALVIO, 2020).

O crescimento populacional urbano, combinado com a ocupação desordenada do espaço, contribuem para a intensificação dos problemas socioambientais, a exemplo da retirada da vegetação primária, descaracterização do relevo, dentre outros. Dessa maneira, o planejamento adequado poderá fornecer subsídios para controlar as atividades potencialmente impactantes (CAMPOS et al., 2019, LINHARES, 2020).

Desse modo, conforme Degrande e Bortoluzzi (2020), é incontestável que nas últimas décadas os estudos voltados ao viés natureza e sociedade, tem sido bastante difundido, especialmente pelas variadas metodologias empregadas. Essas abordagens trabalham com adaptações a proposta metodológica de Ross (2012, Ross (1994), e Crepani et al. (2001), que visa à análise holística dos aspectos naturais e antrópicos.

As pesquisas de fragilidade ambiental, são fundamentais para a verificação das potencialidades e limitações do ambiente. O conhecimento dessas características perfaz importantes instrumentos destinados ao planejamento territorial e ambiental, tomando como base a análise integrada da paisagem. (DIAS e CIRILO, 2018; SILVA et al., 2020).

Neste sentido, o objetivo do presente artigo é analisar as contribuições de pesquisas sobre fragilidade ambiental na identificação e mitigação de impactos ambientais em bacias hidrográficas, através de estudo bibliométrico. Dessa forma, a pesquisa mostra-se pertinente em evidenciar as medidas mitigadoras propostas às bacias hidrográficas no ramo das pesquisas de fragilidade ambiental.

## METODOLOGIA

No que se refere aos procedimentos iniciais para o alcance do objetivo proposto no estudo, fez-se uso de levantamentos e análises de materiais teóricos/bibliográficos sobre os estudos de fragilidade ambiental em bacias hidrográficas. Adotando-se os seguintes critérios:

- As pesquisas foram realizadas a partir da base de dados abertas publicados no Brasil, destaca-se o Google Acadêmico e Periódico Capes;
- Foram pré-selecionados 45 artigos, mas adotou-se apenas 23 para o estudo, haja vista que, os demais não abordavam sobre impactos ambientais em bacias hidrográficas;
- Buscou-se os materiais publicados no intervalo temporal (2011-2021), no intuito de verificar as publicações dos últimos 10 anos;
- Os estudos foram selecionados com base na identificação de impactos ambientais negativos e suas propostas de medidas mitigadoras;
- Foram selecionados apenas artigos publicados em periódicos avaliados por pares.

Quanto aos trabalhos selecionados, contendo o nome dos periódicos, autores, título e ano de publicação, são representados no (Quadro 1).

**Quadro 01 – Artigos selecionados para o estudo**

|    |                              |                                                                                                                                                     |                                                |
|----|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1. | Cabral et al. (2011)         | Mapeamento da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Doce (GO), utilizando técnicas de geoprocessamento                                 | GeoFocus                                       |
| 2. | Gonçalves et al. (2011)      | Determinação da fragilidade ambiental de bacias hidrográficas                                                                                       | Revista floresta                               |
| 3. | Silva e Costa (2011)         | Paisagem e fragilidade ambiental natural da bacia hidrográfica do ribeirão São Lourenço, Ituiutaba/Prata – MG                                       | Caminhos de geografia                          |
| 4. | Bahr e Carvalho (2012)       | Identificação da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do arroio uvaranal, como subsídio ao projeto de expansão urbana de Telêmaco Borba – PR | Ra'ega                                         |
| 5. | Cunha, Bacani e Ayach (2013) | Geoprocessamento aplicado à análise de fragilidade ambiental                                                                                        | Revista da Anpege                              |
| 6. | Gomes (2013)                 | Avaliação da fragilidade ambiental e vulnerabilidade natural à perda de solo da bacia hidrográfica do rio Almada-Bahia                              | Boletim de geografia                           |
| 7. | Santos e Oliveira (2013)     | Fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do ribeirão São Bento da Ressaca, município de Frutal - MG                                              | Observatorium: Revista eletrônica de geografia |
| 8. | Vitte e Mello (2013)         | Mapeamento da fragilidade ambiental na bacia do rio verde, região Nordeste do estado de São Paulo, Brasil                                           | GEOUSP                                         |

|     |                                      |                                                                                                                                                                                                   |                                                               |
|-----|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 9.  | Bacani et al. (2015)                 | Sensoriamento remoto e sig aplicados à avaliação da fragilidade ambiental de bacia hidrográfica                                                                                                   | Revista Mercator                                              |
| 10. | Ferreira, Ferreira e Gouveia (2016)  | Mapa de Fragilidade Ambiental como auxílio para o planejamento urbano e gestão de recursos hídricos                                                                                               | Fórum ambiental                                               |
| 11. | Gouveia et al. (2015)                | Análise da fragilidade ambiental na bacia do rio Queima-Pé, Tangará da Serra, MT                                                                                                                  | Instituto de Geociências                                      |
| 12. | Gonçalves, Araújo e Imai (2016)      | Mapeamento do grau de fragilidade com processo analítico hierárquico e operadores fuzzy gama na detecção áreas de fragilidade ambiental                                                           | Revista brasileira de cartografia                             |
| 13. | Schiavo et al. (2016)                | Caracterização da fragilidade ambiental de uma bacia hidrográfica urbana no município de Santa Maria - RS                                                                                         | Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental |
| 14. | Valle, Francelino e Pinheiro (2016)  | Mapeamento da fragilidade ambiental na bacia do rio Aldeia Velha, RJ                                                                                                                              | Floresta e ambiente                                           |
| 15. | Abrão (2018)                         | Diagnóstico da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, MS: Subsídio ao zoneamento ambiental                                                                             | Boletim Goiano                                                |
| 16. | Belato, Serrão e Dias (2019)         | Diagnostico da fragilidade ambiental na bacia do submédio Tocantins: UHE Tucuruí                                                                                                                  | Natural Resources                                             |
| 17. | Periçato e Souza (2019)              | O estudo da fragilidade potencial e emergente na bacia hidrográfica do rio das Antas, Noroeste do Paraná                                                                                          | Caderno de geografia                                          |
| 18. | Santos e Marchioro (2020)            | Análise empírica da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas, Espírito Santo, Brasil                                                                                         | Revista de departamento de geografia                          |
| 19. | Sutil, Gonçalves e Vieira (2020)     | Análise comparativa da fragilidade ambiental da bacia do rio Piracicaba a partir da aplicação de dois modelos metodológicos: suporte para o estabelecimento e proposição de Corredores Ecológicos | Revista Brasileira de Geografia Física                        |
| 20. | Sales e Nascimento (2021)            | Geomorfologia e fragilidade ambiental na classificação de paisagens em bacias hidrográficas                                                                                                       | Revista Equador                                               |
| 21. | Souza e Rebelato (2021)              | Avaliação da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do baixo Mogi com uso da geotecnologia                                                                                                   | Brazilian Journal of Animal and Environmental Research        |
| 22. | Teixeira, Oliveira e Teixeira (2021) | Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio São João de Tiba, Extremo Sul da Bahia                                                                                                         | Revista Brasileira de Geografia Física                        |
| 23. | Vieira et al. (2021)                 | Fragilidade ambiental emergente da bacia hidrográfica do rio Santa Maria do Doce – ES, Brasil                                                                                                     | Revista Brasileira de Geografia Física                        |

**Fonte: Dados da pesquisa (2021).**

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A análise da fragilidade ambiental envolvendo as bacias hidrográficas, vem sendo amplamente utilizada para a identificação de atividades degradadoras, e no subsídios de medidas que proponham o manejo sustentável dos sistemas terrestres. Os estudos de Santos e Oliveira (2013) e Abrão (2018), afirmam que os resultados oriundos da análise integrada dos aspectos geoambientais, podem resultar em instrumentos de zoneamento e ordenamento territorial.

Nas últimas décadas, o desenvolvimento das técnicas de geoprocessamento tem contribuído para identificação de variados impactos ambientais, bem como na possibilidade de desenvolver propostas de medidas mitigadoras. Essa revisão de literatura abrange variadas pesquisas nos estados brasileiros, no Mato Grosso do Sul, Paraná, Pará, Goiás, São Paulo, Bahia, Mato Grosso, Paraná, Ceará, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro.

Nas metodologias empregadas nos estudos, há um predomínio da proposta de Ross (1994), considerando que a mesma passa por adaptações no intuito de adequações, principalmente envolvendo as características geomorfológicas e os pesos das variáveis, e além da metodologia de Ross, também há o emprego da abordagem de Ross (2012) e Crepani *et al.* (2001).

Essas metodologias de fragilidade tornam-se cada vez mais importantes devido a diversificação de questões ambientais associadas ao crescimento populacional e a também crescente urbanização. Haja vista que, em sua grande maioria, a expansão urbana ocorre de maneira desordenada, sem o reconhecimento das características físico-naturais da região (BAHR e CARVALHO, 2012).

No estudo de Bacani *et al.* (2015), sobre fragilidade ambiental na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Coxim (BAC)/MS, os autores identificaram que a zona urbana situada às margens da BAC, apresenta risco de inundação em função das atividades antrópicas realizadas, e que por vezes, estas atingem os cursos d'água e os demais aspectos ambientais. É importante enfatizar a contribuição dessa análise de fragilidade para a elaboração de medidas mitigadoras envolvendo a definição e delimitação de áreas destinadas para a preservação, recuperação e uso sustentável.

É recorrente a ocupação de áreas próximas às redes hidrográficas, e ainda aquelas com destinação às atividades de agropecuária, destacam-se os trabalhos de Cabral et al. (2011), Silva e Costa (2011), Vitte e Mello (2013) e Abrão (2018).

Belato, Serrão e Dias (2019), desenvolveram a pesquisa na bacia hidrográfica do Submédio Tocantins, apresentando como justificativa analisar o processo degradacional da área após a construção da Usina Hidrelétrica Tucuruí. Foi verificado que para a construção da usina, tiveram que retirar grande parte da vegetação da área provocando o aumento da fragilidade, além de alteração nos cursos d'água. Depois da identificação dos impactos ambientais, evidenciaram que o estudo contribuirá com a geração de informações importantes para a produção do planejamento territorial, e assim possibilitando aporte cartográfico para o zoneamento.

Nesse sentido, sobre as modificações exercidas pelo homem nas bacias hidrográficas sob a perspectiva da fragilidade ambiental, destacam-se: a descaracterização do relevo através de construções irregulares, retirada da vegetação primária para a ampliação de áreas de pastagem e agricultura, causando danos aos cursos d'água, ressalta-se os estudos de Teixeira, Oliveira e Teixeira (2021), Pericato e Souza (2019), Santos e Marchioro (2020) e Sales e Nascimento (2020).

Conforme Ross (1994), a fragilidade ambiental potencial representa a avaliação da desestabilização natural do ambiente, por sua vez, a emergente, ocorre a partir da ação do homem. No estudo de Cabral et al. (2011), localizado na bacia hidrográfica do rio Doce/GO, constataram que o desenvolvimento dos cultivos agrícolas têm contribuído para alterar o equilíbrio natural da área. Com os resultados obtidos, propuseram ações de planejamento ambiental e gestão ambiental.

Os estudos de Cunha, Bacani e Ayach (2013) e Ferreira, Ferreira e Gouveia (2016), também contemplam o pressuposto de que as intervenções antrópicas auxiliam na desestabilização do ambiente, ao passo que o homem realiza diversas formas de ocupação no ambiente físico. As medidas mitigadoras propostas contemplam o planejamento para a gestão da ocupação territorial.

De acordo com Abrão (2018), ao desenvolver o trabalho na bacia hidrográfica do rio Santo Antônio/MS, constataram resultados equivalentes com o estudo de Cabral et al (2011), sobre o manejo inadequado das atividades agrícolas, que acarretam desequilíbrios ambientais

prejudicando o sistema hidrológico. A partir da análise, elaboraram uma proposta de zoneamento ambiental, com recomendações e restrições de usos das terras.

Conforme Ferreira, Ferreira e Gouveia (2016), ao realizarem a pesquisa na bacia hidrográfica do Córrego do Veado/SP, a classe de fragilidade do terreno abrange 63% da área, e a grande maioria dos usos são referenciados pelo alto grau de urbanização. De modo geral, o processo de apropriação do espaço geográfico é realizado de maneira recorrente, seja para a implantação da construção civil ou com destinação às atividades da sociedade.

Enquanto que Gomes (2013), evidencia que a paisagem do rio Almada/BA, ao longo dos anos vem passando por distintas modificações em sua cobertura vegetal, esse processo é prolongado pela transformação em pastagens, e isso tem implicado no aumento da fragilidade ambiental. Ressalta Gonçalves et al. (2011, p.797):

A influência antrópica no ambiente, inclusive em bacias hidrográficas, tem sido motivo frequente de preocupação na sociedade, o que tem levado ao aumento de pesquisas para qualificar e quantificar impactos da ocupação territorial. Nesse contexto, tem se tornado primordial o conhecimento prévio das características e da capacidade de uso do meio, ou mesmo durante os processos de desenvolvimento das atividades, com vistas ao aperfeiçoamento das tecnologias aplicadas.

Os resultados da pesquisa de Gonçalves, Araújo e Imai (2016), envolvendo os graus de fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do alto rio Santo Anastácio/SP, indicaram que a instabilidade da área tem relação com as altas porcentagens de solo exposto e/ou áreas urbanas. Conforme o exposto, com a avaliação da área e através dos mapas de fragilidade, elaboraram medidas envolvendo o planejamento ambiental.

Considerando a avaliação da fragilidade potencial, Gouveia et al. (2015, p.138), enfatizaram que os solos da classe latossolos, associado com o desenvolvimento de atividades de mineração e as práticas de queimadas, contribuem para sua baixa proteção “(...) toda área ocupada por latossolo encontra-se sob influência urbana (...) a cobertura existente não protege o solo. De todo modo, ressaltam que as ações de planejamento ambiental são necessárias para a área de estudo.

No estudo de Santos e Oliveira (2013), na bacia hidrográfica do ribeirão São Bento da Ressaca/MG, avaliando os níveis de fragilidade ambiental, identificaram que apesar da fragilidade emergente não apresentar áreas de graus alto e muito alto, constatou-se que as intervenções antrópicas contribuíram na alteração das características naturais da bacia. As medidas mitigadoras envolveram o gerenciamento e planejamento territorial da região.

Schiavo et al. (2016, p.470), estudando a bacia hidrográfica do Arroio Cadena/RS, “(...) constataram-se que nos 208,86 km<sup>2</sup>, da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, a classe solo exposto e urbanização são as de maior abrangência, com uma área total de 138,26 km<sup>2</sup>, representando 66,2% da área total. Desse modo, a estabilidade do solo torna-se comprometida, uma vez que há ausência do revestimento vegetal na área. Ressalta Silva e Costa (2011, p. 152):

Neste âmbito, pode-se observar que as preocupações em torno das questões ambientais estão cada vez mais em evidência, pois o meio natural compreende a base para a sobrevivência. Os grandes avanços tecnológicos, a intensificação do processo de urbanização e, em especial, a mecanização do campo com o grande crescimento das atividades agropecuárias, são elementos integrantes da vida humana. Porém, a preocupação exacerbada com as questões econômicas e os agressivos processos de exploração irracional e desperdício dos recursos naturais têm agravado a situação do meio ambiente.

As considerações de Souza e Rebelato (2021, p.423), fazem-se bastante pertinentes aos dias atuais, principalmente referenciando o uso de *softwares* com ambientes do Sistema de Informação Geográfica (SIG), haja vista que, alguns impactos negativos não são detectados através das imagens de satélites, a exemplo “canais de vinhaça, taludes construídos sem proteção geotécnica e cobertura vegetal, edificações com muros indicando movimento do solo, árvores inclinadas e de raízes expostas com risco de tombamento (...)”. Dessa maneira, relatam que faz-se necessário o reconhecimento da área de estudo através das verificações de campo, para solucionar as possíveis inconsistências no trabalho.

Sutil, Gonçalves e Vieira (2020), sobre fragilidade ambiental da bacia do rio Piracicaba/MG, evidenciaram a importância da cobertura vegetal para minimizar os efeitos do processo degradacional, tendo em vista que maior parte da área de bacia é composta pela vegetação primária, gerando benefícios como a proteção do solo. Nessa perspectiva, destaca-se os estudos de Valle, Francelino e Pinheiro (2016) e Vieira et al. (2021). Desse modo, o Quadro 2 reitera as características dos impactos e medidas mitigadoras apresentadas nos estudos.

**Quadro 02 – Impactos e medidas mitigadoras**

| <b>Impactos</b>                                                                                                                      | <b>Medidas Mitigadoras</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>Autores</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Retirada de cobertura vegetal para instalação ou ampliação de terrenos agricultáveis, pastagens e implantação de estruturas urbanas. | Proposta de zoneamento ambiental, com recomendações e restrições de usos das terras; Definição e delimitação de áreas destinadas para a preservação, recuperação e uso sustentável; Subsídio ao planejamento ambiental com base nos materiais cartográficos disponibilizados; Geração de informações importantes para a produção do planejamento territorial, e assim possibilitando aporte cartográfico para o zoneamento; Contribuições para a gestão do território; Propostas de ações de planejamento ambiental e gestão ambiental; Medidas para o planejamento e gestão da ocupação da terra; Proporcionar subsídios ao processo de gestão territorial; Fatores que contribuam com o planejamento ambiental; Subsidiar ações de planejamento ambiental; Informações para contribuir na identificação de limitações e potencialidades; Contribuições ao ordenamento do território; Ação e planejamento dos recursos naturais da bacia hidrográfica; Algumas recomendações de caráter ambiental baseadas em documentos cartográficos; Gerenciamento e planejamento territorial da região; Implantação de corredores ecológicos; Subsídios para o planejamento ambiental e territorial; Planejamento ambiental. | Abrão (2018); Bacani et al. (2015); Bahr e Carvalho (2012); Belato, Serrão e Dias (2019); Cabral et al. (2011); Cunha, Bacani e Ayach (2013); Ferreira, Ferreira e Gouveia (2016); Gomes (2013); Gonçalves et al (2011); Pericato e Souza (2019); Sales e Nascimento (2021); Santos e Marchioro (2020); Santos e Oliveira (2013); Silva e Costa (2011); Souza e Rebelato (2021); Sutil, Gonçalves e Vieira (2020); Teixeira, Oliveira e Teixeira (2020); Vitte e Mello (2013) |
| Ocupação de áreas de risco, sujeitas a inundação e deslizamentos.                                                                    | Plano de gerenciamento urbano e ambiental                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Schiavo et al. (2016)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Ampliação de áreas com solos expostos.                                                                                               | Contribuições ao planejamento ambiental;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Gonçalves, Araújo e Imai (2016);                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Ocorrência de solos suscetíveis à erosão submetidos a manejos impróprios                                                             | Ações de planejamento ambiental; Planejamento territorial                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Gouveia et al. (2015); Valle, Francelino e Pinheiro (2016)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Artificialização dos canais de drenagem                                                                                              | Ordenamento da ocupação dos solos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Vieira et al. (2021)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

**Fonte: Dados da pesquisa (2021).**

Considerando os resultados obtidos, identificou-se que os estudos relacionados com a fragilidade ambiental, principalmente pautados nas intervenções antrópicas, buscaram desenvolver propostas que poderiam remediar o processo degradacional das áreas. De maneira geral, as metodologias empregadas para o estudo de fragilidade mostraram importância para essa finalidade, além da identificação dos impactos ambientais, identificou-se que as pesquisas apresentam variadas medidas mitigadoras com destinação às ações de planejamento ambiental e auxílio à tomada de decisão.

## **CONCLUSÃO**

Através dos resultados obtidos, foi possível verificar que a ação antrópica realizada sem o manejo adequado, tem contribuído para a ampliação das áreas frágeis. A grande maioria das atividades geradoras de impactos ambientais, estão ligadas com a expansão urbana em virtude do crescimento populacional.

As atividades decorrentes de práticas agrícolas com manejo inadequado, destacando principalmente a remoção da cobertura vegetal, resultam em danos diversos ao ambiente. Os estudos apresentados nessa pesquisa, além de suscitarem os impactos ambientais verificados através dos mapeamentos, a exemplo da ampliação de terrenos agricultáveis e implantação de estruturas urbanas. Também foram analisadas possíveis medidas mitigadoras sugeridas para as áreas.

É preciso considerar que as transformações naturais, sem a intervenção do homem, já denominadas de fragilidade potencial, também ocasionam intensificação da fragilidade emergente. Identificado na pesquisa de Gouveia et al. (2015), que o tipo de solo existente na área da bacia hidrográfica, contribuem para o desencadeamento dos processos erosivos.

Em linhas gerais, reitera-se que esse estudo poderá fornecer subsídios para o desenvolvimento de pesquisas futuras, sendo que as mesmas poderão inserir outras variáveis na análise, a exemplo dos fatores similares envolvendo a fragilidade e vulnerabilidade ambiental. Destaca-se também a necessidade de analisar a aplicabilidade das medidas preventivas e mitigadoras, e a estipulação de prazos para serem realizadas. A partir da análise de revisão de literatura, foi constatado os principais impactos ambientais recorrentes na temática da fragilidade ambiental, e de medidas mitigadoras propostas para minimizar as áreas mais fragilizadas.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí (FAPEPI) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pela concessão da bolsa de pesquisa.

## 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. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/56362>. Acesso em: 05 jan. 2022.

BACANI, V. M., SAKAMOTO, A. Y., LUCHIARI, A., & QUÉNOL, H. Sensoriamento remoto e SIG aplicados à avaliação da fragilidade ambiental de bacia hidrográfica. **Mercator**, v. 14, n. 2, p. 119-135, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/mercator/a/Cn3xYss5BgW349HYkKQWQjN/abstract/?lang=pt>. Acesso em 05 jan. 2022.

BAHR, G.C.; CARVALHO, S.M. Identificação da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do arroio uvaranal, como subsídio ao projeto de expansão urbana de Telêmaco Borba – PR. **RA'E GA**, v. 26, p.157-181, 2012. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/download/30155/19465>. Acesso em 05 jan. 2022.

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. Disponível em: <https://www.sustenere.co/index.php/naturalresources/article/download/CBPC2237-9290.2019.001.0004/1482>. Acesso em 05 jan. 2022.

BRASIL. Política Nacional de Recursos Hídricos. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**.

CABRAL, J. B. P., da Rocha, I. R., Martins, A. P., da Assunção, H. F. e Becegato, V. A. Mapeamento da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Doce (GO), utilizando técnicas de geoprocessamento. **GeoFocus**, n. 11, p. 51-69, 2011. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3720460.pdf>. Acesso em 05 jan. 2022.

CAMPOS, J.A.; AIRES, U.R.V.; SILVA, D.D.; CALIJURI, M.L. Environmental fragility and vegetation cover dynamics in the Lapa Grande State Park, MG, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 9, p. 2-16, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aabc/a/hmcZ6GYy97wQKrHqznXmKGs/abstract/?lang=en>. Acesso em 05 jan. 2022.

CARVALHO, A.P.P.; GUERRERO, J.V.R.; SILVA, E.V.E.; PINTO, M.J.R. VAZ, R.M.G.F.C.; PEREIRA, C.T.; LORANDI, R. LOLLO, J.A.; MOSCHINI, L.E. Fragilidade Ambiental à Erosão em uma Bacia Hidrográfica Antropizada no Nordeste do Estado de São Paulo, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 3, p. 07-18, 2019. Disponível em: <https://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/13436>. Acesso em 05 jan. 2022.

CARVALHO, A.T.F. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, n. 42, v. 1, p. 140-161, 2020. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/6953>. Acesso em 06 jan. 2022.

CASTRO, R.A. Fragilidade ambiental na bacia do Córrego Água Branca, Oeste Maranhense. **Revista InterEspaço**, v.2, n.6, p. 221-234, 2016. Disponível em: <http://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/interespaco/article/view/6490>. Acesso em 06 jan. 2022.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; FILHO, P. H.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zonamento Ecológico Econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <http://sap.ccst.inpe.br/artigos/CrepaneEtAl.pdf>. Acesso em 06 jan. 2022.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CUNHA, E.R.; BACANI, V.M.; AYACH, L.R. Geoprocessamento aplicado à análise da fragilidade ambiental. **Revista da ANPEGE**, v. 9, n. 12, p. 89-105, 2013. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/anpege/article/download/6486/3467/19462>. Acesso em 06 jan. 2022.

DEGRANDE, E.J.S.; BORTOLUZZI, L.N. Análise da fragilidade ambiental potencial e emergente da bacia hidrográfica do Córrego da Onça em Presidente Prudente / SP. **Geografia em questão**, v.13, n.3, p. 33-50, 2020. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/geoemquestao/article/view/22570>. Acesso em 07 jan. 2022.

DIAS, F.G.; CIRILO, B.B. Diagnóstico da fragilidade ambiental da bacia do rio Caeté/PA como subsídio ao planejamento ambiental. **Geoambiente on-line**, n.32, p. 74-95, 2018. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/geoambiente/article/download/51294/26963/236209>. Acesso em 06 jan. 2022.

FERREIRA, N.H.; FERREIRA, C.A.B.V.; GOUVEIA, I.C.M.C. Mapa de fragilidade ambiental como auxílio para o planejamento urbano e gestão de recursos hídricos. **Fórum ambiental**, v.12, n. 3, p. 44-58, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/251890>. Acesso em 06 jan. 2022.

FIGUEIRÔA, C.F.B.; SALVIO, G.M.M. Análise da fragilidade da Área de Proteção Ambiental Alto Rio Doce, MG, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 4, p. 1008-1018, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/34294>. Acesso em 06 jan. 2022.

GOMES, R.L. Avaliação da fragilidade ambiental e vulnerabilidade natural à perda de solo da bacia hidrográfica do rio Almada-Bahia. **Boletim de geografia**, v. 31, n. 3, p. 41-53, 2013. Disponível em: <https://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/18650>. Acesso em 06 jan. 2022.

GONÇALVES, G.G.G.; DANIEL, O.; COMUNELLO, E.; VITORINO, A.C.T.; ARAI, F.K. Determinação da fragilidade ambiental de bacias hidrográficas. **Floresta**, v. 41, n. 4, p. 797 -

808, 2011. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/25344>. Acesso em 05 jan. 2022.

GONÇALVES, S.R.A.; ARAÚJO, R.R.; IMAI, N.N. Mapeamento do grau de fragilidade com processo analítico hierárquico e operadores fuzzy gama na detecção áreas de fragilidade ambiental. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 62, p. 327-337, 2016. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44398/23473>. Acesso em 05 jan. 2022.

GOUVEIA, R.G.L.; GALVANIN, E.A.S.; NEVES, S.M.A.S.; NEVES, R.J. Análise da fragilidade ambiental na bacia do rio Queima-Pé, Tangará da Serra, MT. **Pesquisas em Geociências**, v. 42, p. 131-140, 2015. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/PesquisasemGeociencias/article/view/78115>. Acesso em 05 jan. 2022.

LINHARES, J.M.S.; SILVA, D.P.L.; BASTOS, W.R.; BATISTA, J.F. Mapeamento da Fragilidade Ambiental Potencial do Meio Físico da Área Urbana do Município de Lábrea – Sul do Amazonas. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 72, n. 4, p. 651-664, 2020. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/53391>. Acesso em 05 jan. 2022.

PERIÇATO, A.J.; SOUZA, M.L. O Estudo da Fragilidade Potencial e Emergente na Bacia Hidrográfica do Rio das Antas, Noroeste do Paraná. **Caderno de Geografia**, v.29, n.59, p. 1064-1082, 2019. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/19826>. Acesso em 05 jan. 2022.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, n.8, p.63-74, 1994. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47327>. Acesso em 05 jan. 2022.

ROSS, J. L. S. Land forms and environmental planning: potentialities and fragilities. **Revista do Departamento de Geografia**, FFLCH/USP, São Paulo, Volume Especial 30 anos RDG, p.38-51, 2012. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/download/53841/57804>. Acesso em 05 jan. 2022.

SALES, L.B.; NASCIMENTO, F.R. Geomorfologia e fragilidade ambiental na classificação de paisagens em bacias hidrográficas. **Revista Equador (UFPI)**, v. 9, n. 1, p.246 – 265, 2020. Disponível em: <https://revistas.ufpi.br/index.php/equador/article/download/9500/5645>. Acesso em 05 jan. 2022.

SANTOS, J.G.; OLIVEIRA, L.A. Fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do ribeirão São Bento da ressaca, município de Frutal – MG. **OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia**, v.5, n.15, p. 02-23, 2013. Disponível em: <http://www.observatorium.ig.ufu.br/pdfs/5edicao/n15/01.pdf>. Acesso em 05 jan. 2022.

SANTOS, J.R.U.; MARCHIORO, E. Análise empírica da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas, Espírito Santo, Brasil. **Revista do departamento de geografia**, n. 39, p. 72-87, 2020. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/160946>. Acesso em 05 jan. 2022.

SCHIAVO, B.N.V.; HENTZ, A.M.K.; CORTE, A.P.D.; SANQUETTA, C.R. Caracterização da fragilidade ambiental de uma bacia hidrográfica urbana no município de Santa Maria – RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 464–474, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/download/19981/pdf/101942>. Acesso em 05 jan. 2022.

SILVA, G.A.; COSTA, R.A. Paisagem e fragilidade ambiental natural da bacia hidrográfica do ribeirão São Lourenço, Ituiutaba/Prata – MG. **Caminhos de Geografia**, v. 12, n. 39, p. 151 – 166, 2011. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16635>. Acesso em 05 jan. 2022.

SILVA, T.A.; DUARTE, M.L.; GATO, L.C.; GUANDIQUE, M.E.G. Mapeamento da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio Candeias, RO. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 5 n. 01, p. 58-68, 2020. Disponível em: <https://journals.ufrpe.br/index.php/JEAP/article/view/2702>. Acesso em 05 jan. 2022.

SOUZA, E.G.S.; REBELATO, M.G. Avaliação da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Baixo Mogi com uso da geotecnologia. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 1, p. 411-426, 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/23890>. Acesso em 05 jan. 2022.

SUTIL, S. C.; GONÇALVES, J.A.C.; VIEIRA, E. M. Análise comparativa da fragilidade ambiental da bacia do rio Piracicaba a partir da aplicação de dois modelos metodológicos: suporte para o estabelecimento e proposição de Corredores Ecológicos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.13, n.6, p. 3060-3077, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/248969>. Acesso em 05 jan. 2022.

TEIXEIRA, T. M. A.; OLIVEIRA, V. P. V.; TEIXEIRA, A. C. O. Fragilidade ambiental da baía hidrográfica do rio São João de Tiba, extremo sul da Bahia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.14, n.4, p. 1941-1956, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/249413>. Acesso em 05 jan. 2022.

VALLE, I.C.; FRANCELINO, M.R.; PINHEIRO, H.S.K. Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n.2, p. 295-308, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/floram/a/CLKFqFSkdjXRDgvZ6VmdPBj/?format=pdf&lang=pt>. Acesso 05 jan. 2022.

VIEIRA, R.S., FERREIRA, E.P., FERREIRA, ROLIM NETO, F.C., OLIVEIRA, E. M., BRAGA, S. E. Fragilidade ambiental emergente da bacia hidrográfica do rio Santa Maria do Doce – ES, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.14, n.3, p. 1253-1267, 2021. Disponível em <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/249403>. Acesso em 05 jan. 2022.

VITTE, A.C.; MELLO, J.P. Mapeamento da fragilidade ambiental na bacia do rio Verde, região Nordeste do estado de São Paulo, Brasil. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, n. 35, p. 192-222, 2013. Disponível em <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/75447>. Acesso em 05 jan. 2022.