



## **FRAGILIDADE AMBIENTAL MULTITEMPORAL DO PARQUE ESTADUAL DO AGUAPEÍ E SUA ZONA DE AMORTECIMENTO, SÃO PAULO**

Luan Moreira Ulloffo <sup>1</sup>

Isabel Cristina de Moroz-Caccia Gouveia <sup>2</sup>

### **RESUMO**

Ao analisarmos o Brasil, um dos principais produtores agrícolas do mundo, paralelamente à elevada taxa de urbanização, é perceptível que o país tem sofrido transformações profundas, deixando violentas marcas na paisagem. O crescimento da população, a expansão da mancha urbana, a expansão da malha rododferroviária, a construção de diversas Usinas Hidrelétricas, entre outras, causam alterações em um ritmo muito mais intenso do que normalmente a natureza produziria. É necessário que essas transformações sejam mensuradas e analisadas, no intento de obtermos um diagnóstico dos impactos ambientais. Para isso, a Fragilidade Ambiental é um conceito desenvolvido por Ross (1994) a partir da ampliação do princípio das “Unidades Ecodinâmicas” de Tricart (1977). A pesquisa tem como objetivo principal a análise multitemporal da fragilidade ambiental do Parque Estadual Aguapeí e sua Zona de Amortecimento. Para isso, buscou-se determinar os níveis de Fragilidade Potencial e Fragilidade Emergente da área de estudo nos anos de 1998, 2010 e 2022. Para determinar os níveis de Fragilidade Potencial, foram considerados aspectos físicos, como geomorfologia e solo. A identificação dos níveis de Fragilidade Emergente, por sua vez, foi realizada por meio da sobreposição ponderada dos níveis de Fragilidade Potencial com os níveis de fragilidade do uso e cobertura da terra. Ao comparar os três anos estudados, não foi observada qualquer redução significativa nas áreas com taxas de fragilidade ambiental “alta” e “muito alta”; ao contrário, essas taxas permaneceram elevadas e constantes, correspondendo a uma média de 51% da área analisada. Entretanto, houve um aumento sensível das áreas com níveis de fragilidade baixa e média e diminuição das áreas com níveis de fragilidade alta no interior da UC. Visando maximizar o potencial da Unidade de Conservação, foi proposta a expansão dos limites da referida Unidade sobre as áreas de “muito alta” fragilidade, pois correspondem a áreas sujeitas a inundações.

**Palavras-chave:** Fragilidade Ambiental, Planejamento Ambiental, Unidades de Conservação, Bacia Hidrográfica, Geomorfologia.

### **INTRODUÇÃO**

Segundo Ross (1995), é possível perceber com grande clareza que todos os segmentos ou ramos da ciência e da tecnologia estão se preocupando com a questão ambiental, ainda que, muitas vezes, seja mais uma questão de marketing do que de conteúdo, já que todas as atividades humanas obrigatoriamente têm a ver com o meio ambiente ao partirmos do pressuposto de que o homem também é natureza e – o mais

---

<sup>1</sup> Mestre em Geografia pela Universidade Estadual Paulista (FCT/Unesp) – SP, luan.ulloffo@unesp.br

<sup>2</sup> Professora Orientadora: Doutora do Departamento de Geografia da Universidade Estadual Paulista (FCT/Unesp) – SP, isabel.moroz@unesp.br



óbvio – somos mortais e precisamos de ar, água, terra, vegetação e de outros animais para continuarmos sobrevivendo.

Ao analisarmos o Brasil, um dos principais produtores agrícolas do mundo, paralelamente à elevada taxa de urbanização, é perceptível que o país tem sofrido transformações profundas e graduais ao longo dos anos, deixando violentas marcas na paisagem. O crescimento da população e, como consequência, o crescimento da mancha urbana, a expansão da malha rododferroviária, o avanço das monoculturas e a construção de diversas Usinas Hidrelétricas, entre outras, causam alterações em um ritmo muito mais intenso do que normalmente a natureza produziria.

A barragem da Usina Hidrelétrica de Porto Primavera - Engenheiro Sérgio Motta, no rio Paraná, é a mais extensa do país, com 10,2 km de comprimento e 2.250 km<sup>2</sup> de reservatório, tendo sua construção iniciada no governo de Paulo Maluf (1979-1982), quando as questões ambientais e seus impactos eram pouco considerados (Ferreira, 2021).

Jornais, na época da inauguração da UHE, já denunciavam o desastre ocasionado, referindo-se a ela como um “equivoco”. Além disso, mencionava que o lago de 225 mil hectares cobriria um dos mais ricos ecossistemas do mundo, o “Varjão do Paraná”, *habitat* de espécies ameaçadas de extinção, como o cervo-do-pantanal, o jacaré-do-papo-amarelo e a onça pintada (Trevisan, 1999). Semelhantemente, a porção inferior da Bacia Hidrográfica do rio Aguapeí, próximo à foz com o rio Paraná, é caracterizada por ser uma área de planície aluvial, com elevada ocorrência de meandros abandonados, e apresenta um ambiente predominantemente alagado, semelhante ao Pantanal brasileiro, conferindo ao local o apelido de “Pantaninho Paulista”, tornando-se incomum no Estado de São Paulo e apresentando uma rica biodiversidade (São Paulo, 2010).

Como medida de compensação ambiental, o Parque Estadual do Aguapeí (PEA) foi criado em substituição às áreas inundadas pela construção da UHE de Porto Primavera, abrangendo uma área equivalente a 9.043,97 hectares. Essa medida teve como base o mecanismo de compensação ambiental, primariamente tratado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), desde 1987 e posteriormente regulamentado, sendo previsto no artigo 36 da Lei 9.985/2000, que estabelece os Sistemas Nacionais de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). Segundo Faria (2008, p.9), o mecanismo de Compensação Ambiental tem uma origem histórica associada principalmente aos grandes projetos do setor elétrico brasileiro.



Concomitantemente, a Lei 9.985/00 regulamenta, em torno da UC, a Zona de Amortecimento (ZA), que possui 75.925,10 hectares, onde, em um raio de dez quilômetros, as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições, a fim de minimizar os impactos negativos sobre a unidade.

Por conseguinte, a singularidade da região trouxe a necessidade de se realizar um estudo que buscou avaliar a Fragilidade Ambiental da Unidade de Conservação, o Parque Estadual do Aguapeí e sua Zona de Amortecimento, localizados na Bacia Hidrográfica do Rio Aguapeí, que integra a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – 20 (UGRHI-20). Dessa maneira, o principal resultado esperado desta pesquisa é mensurar os níveis da fragilidade ambiental, objetivando a integração das análises ambientais para que ações possam ser aplicadas, se necessário, a fim de elaborar recomendações para gestão e melhor manutenção da Unidade de Conservação, contribuindo para o desenvolvimento de políticas públicas, servindo de apoio à tomada de decisão no que diz respeito ao planejamento ambiental da área em estudo e avaliar o ganho ambiental proporcionado pela presença da UC.

Para isso, o trabalho se propõe a realizar uma análise multitemporal nos anos de 1998, 2010 e 2022, onde os anos escolhidos para a análise representam a data da criação do parque (1998), os dias atuais (2022) e um período intermediário (2010), apresentando um intervalo de 12 anos entre cada análise.

## **METODOLOGIA**

Para a determinação dos níveis de Fragilidade Ambiental da área de estudo, foi utilizado o software QGIS 3.28.9. Os arquivos vetoriais de hidrografia, limites do PEA e zona de amortecimento foram extraídos do *site* do DataGeo (Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais do Estado de São Paulo – IDEIA – SP). Já o arquivo vetorial de solos foi proveniente do Instituto Florestal (Mapa Pedológico do Estado de São Paulo – Revisado e Ampliado).

Os dados *raster* de uso e cobertura da terra, referentes aos anos de 1998, 2010 e 2022, foram adquiridos no *site* do Projeto MapBiomass. O Modelo Digital de Elevação (MDE) foi gerado a partir de dados SRTM baixados no *site* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) – Topodata (Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil).

Em seguida, utilizando a ferramenta de SIG mencionada, foi realizada uma análise multicritério, com base na metodologia proposta por Ross (1994), ajustada para a área de



estudo e embasada em Moroz-Caccia Gouveia (2022). A análise considerou critérios como solo, declividade, formas de relevo e uso e cobertura da terra, e foi realizada em três períodos distintos: 1998, 2010 e 2022, com o objetivo de comparar as alterações multitemporais.

Para isso, foi necessário tratar os dados, realizando o recorte da área de estudo delimitada, definição da projeção cartográfica e Datum, além de reclassificações de acordo com a metodologia proposta, resultando nos níveis de Fragilidade Potencial e Fragilidade Emergente em 1998, 2010 e 2022.

## REFERENCIAL TEÓRICO

Tricart, em sua quase quinquagenária obra “*Ecodinâmicas*” (1977), ao buscar analisar a estabilidade morfodinâmica da paisagem, propôs o princípio das Unidades Ecodinâmicas, que consiste em um conjunto de fenômenos que se processam por meio de fluxo de matéria e energia, ocasionando relações de dependência mútua entre si. Portanto, uma análise integrada é o estudo da natureza dinâmica de um sistema ambiental que busca explicar a interdependência entre os componentes que formam a paisagem. “O conceito de sistema é, atualmente, o melhor instrumento lógico de que dispomos para estudar os problemas do meio ambiente” (Tricart, 1977).

No Brasil, Ross (1994) amplia os conceitos de Unidades Ecodinâmicas a fim de mensurar e avaliar as atividades antrópicas no meio ambiente e subsidiar o planejamento ambiental. Nesse sentido, os conceitos que melhor classificam os meios naturais são: Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial, que são aquelas preservadas da ação humana, permanecendo em seu estado natural; e Unidades Ecodinâmicas de Instabilidades Emergentes, que já sofreram intensas alterações antrópicas, seja por meio do desmatamento ou de práticas de atividades econômicas. Esse conceito de fragilidade pode ser definido como a suscetibilidade do ambiente a sofrer qualquer tipo de impacto, e está relacionado com fatores de desequilíbrio de ordem natural e antrópica (Tamanini, 2008).

Para Spörl e Ross (2004), a identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades potenciais e emergentes proporciona uma melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial, servindo de base para o zoneamento e fornecendo subsídios à gestão do território.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Ross (1994), para a análise da fragilidade dos ambientes de instabilidade potencial, é necessário que os conhecimentos setorizados sejam avaliados de forma integrada, uma vez que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca. Dessa maneira, por meio do resultado ponderado dos elementos selecionados, feita a sobreposição dos níveis de Fragilidade do Relevo com os níveis de Fragilidade do Solo, obteve-se os níveis de Fragilidade Potencial do PEA e sua Zona de Amortecimento, conforme mostra o Quadro 1. Esses resultados ainda são preservados das ações humanas.

Quadro 1 – Níveis de Fragilidade Potencial do PEA e sua Zona de Amortização.

| Níveis de Fragilidade                | Porcentagem da área ocupada |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| 1 – Muito Baixa                      | 14%                         |
| 2 - Baixa                            | 32%                         |
| 3 - Média                            | 2%                          |
| 4 – Alta                             | 24%                         |
| 5 – Muito Alta                       | 3%                          |
| 6 – Muito Alta (sujeito a inundação) | 25%                         |

Fonte: Autores.

Dessa maneira, 32% da superfície analisada apresenta baixa fragilidade; 25% está sujeita a muito alta fragilidade (inundações); 24% exhibe alta fragilidade; 14% possui fragilidade muito baixa; 3% apresenta fragilidade muito alta; e 2% apresenta fragilidade potencial média.

Foi possível identificar que, tanto no interior do PEA quanto nas áreas adjacentes, o nível de fragilidade potencial varia entre muito alta (sujeitas a inundações) e alta, abrangendo quase toda a região. A área próxima à foz do rio Aguapeí apresentou características semelhantes. Isso evidencia que essas duas áreas são as mais propensas a um estado dinâmico, com grande potencial de transformação, seja de origem natural ou antrópica. Já as regiões mais próximas aos limites da zona de amortecimento tendem a apresentar uma fragilidade potencial que varia entre muito baixa e média.

Assim, pode-se concluir que o PEA e sua zona de amortecimento possuem mais da metade de sua área, equivalente a 52%, variando entre níveis de fragilidade potencial alta e muito alta, evidenciando uma ampla região suscetível a diferentes tipos de impactos ambientais.



Por fim, com o objetivo de analisar as instabilidades emergentes, resultantes de intensas alterações antrópicas, como o desmatamento e/ou a realização de atividades econômicas, foram geradas outras três análises. Para tanto, foi realizada a sobreposição ponderada dos níveis de Fragilidade Potencial com os níveis de Fragilidade do Uso e Cobertura da Terra dos três períodos analisados, resultando nos resultados apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Comparação entre os níveis de Fragilidade Emergente do PEA e ZA, nos anos de 1998, 2010 e 2022.

|                                      | Porcentagem da área ocupada nos anos de |      |      |
|--------------------------------------|-----------------------------------------|------|------|
| Níveis de Fragilidade                | 1998                                    | 2010 | 2022 |
| 1 – Muito Baixa                      | 2%                                      | 2%   | 2%   |
| 2 - Baixa                            | 3%                                      | 3%   | 3%   |
| 3 - Média                            | 44%                                     | 44%  | 44%  |
| 4 – Alta                             | 22%                                     | 21%  | 21%  |
| 5 – Muito Alta                       | 3%                                      | 3%   | 3%   |
| 6 – Muito Alta (sujeito a inundação) | 26%                                     | 27%  | 27%  |

Fonte: Autores.

De forma semelhante à análise anterior, o interior da UC e a região da zona de amortecimento próxima à foz do Rio Aguapeí apresentam, quase em sua totalidade, áreas de muito alta fragilidade ambiental, suscetíveis a inundações. As demais áreas da zona de amortecimento variam entre fragilidade muito baixa e alta fragilidade emergente, sendo a fragilidade média a categoria predominante.

A categoria de fragilidade "Média" é predominante, representando 44% em todos os períodos analisados. Em seguida, a categoria "Muito Alta (Inundações)" apresentou um pequeno aumento, passando de 26% em 1998 para 27% em 2010 e 2022. A fragilidade "Alta" sofreu uma leve redução, de 22% em 1998 para 21% em 2010 e 2022. A categoria de fragilidade "Baixa" manteve-se em 3% nos três períodos. Por fim, as categorias "Muito Alta" e "Muito Baixa" correspondem a 3% em praticamente todos os períodos.

Entretanto, quando se analisa apenas o interior da Unidade de Conservação, conforme mostra o Quadro 3, observou-se um aumento sensível das áreas com níveis de fragilidade baixa e média, ao passo em que há diminuição das áreas com níveis de fragilidade alta. Ressalta-se que os níveis de fragilidade muito alta sujeitas a inundação não se alteraram, pois correspondem à planície de inundação. Assim, é possível observar que a criação da Unidade de Conservação contribuiu para a melhoria ambiental da área.



Quadro 3 – Variação dos níveis de Fragilidade Emergente no interior da UC nos anos de 1998, 2010 e 2022.

| Níveis de Fragilidade                | Porcentagem da área ocupada nos anos de |      |      |
|--------------------------------------|-----------------------------------------|------|------|
|                                      | 1998                                    | 2010 | 2022 |
| 1 – Muito Baixa                      | 3%                                      | 3%   | 3%   |
| 2 - Baixa                            | 6%                                      | 6%   | 8%   |
| 3 - Média                            | 14%                                     | 14%  | 15%  |
| 4 – Alta                             | 15%                                     | 15%  | 12%  |
| 5 – Muito Alta                       | 1%                                      | 1%   | 1%   |
| 6 – Muito Alta (sujeito a inundação) | 61%                                     | 61%  | 61%  |

Fonte: Autores.

Embora a criação da UC, em 1998, tenha contribuído para a expansão das áreas de Formação Florestal e Campos Alagadiços, típicas do “Pantaninho Paulista”, ao longo dos anos analisados, diversas ameaças externas ao Parque persistem, especialmente em razão das atividades realizadas na zona de amortecimento, tal como o avanço da monocultura da cana-de-açúcar em detrimento das áreas de pastagens (Ronquim *et al.*, 2018). Ademais, ao comparar os três anos analisados, não foi observada qualquer redução significativa nas áreas com níveis de fragilidade ambiental "alta" e "muito alta"; ao contrário, essas taxas permaneceram elevadas e constantes, correspondendo a uma média de 51% da área total analisada.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na análise da fragilidade ambiental do PEA e sua zona de amortecimento, este trabalho propõe, visando maximizar os benefícios proporcionados pela Unidade de Conservação em estudo, a alteração dos limites da referida Unidade.

A proposta de expansão dos limites do Parque Estadual do Aguapeí fundamenta-se na constatação de que existem áreas externas à UC, presentes na Zona de Amortecimento, altamente vulneráveis à degradação. Assim, a inclusão dessas áreas à Unidade de Conservação se mostra pertinente, pois contribuirá para aumentar a resiliência ambiental e implementar medidas conservacionistas frente aos riscos de degradação a que essas áreas estão expostas.



Em uma área de predomínio de planícies fluviais, sujeitas à inundação, é necessário que os limites da Unidade de Conservação sejam baseados em critério geomorfológicos, como foi utilizado para a elaboração da proposta supracitada.

Consequentemente, essas áreas de fragilidade muito alta, identificadas nos resultados de Fragilidade Emergente, principalmente na planície fluvial em direção à foz do rio Aguapeí, teriam suas coberturas recuperadas com Formação Florestal e/ou Campestre, reduzindo assim, os níveis de fragilidade presentes na área. Para isso, também seria viável um rearranjo da Zona de Amortecimento próxima à foz do rio Aguapeí, a fim de obedecer a resolução CONAMA 13/90, que estabelece que nas regiões adjacentes às Unidades de Conservação, em um raio de até dez quilômetros, toda atividade que tenha potencial para impactar a biota deverá, obrigatoriamente, ser licenciada pelo órgão ambiental responsável.

Tais medidas que buscam promover a redução de impactos negativos em áreas de recuperação ambiental são fundamentais, visto que as Unidades de Conservação de Proteção Integral, como o Parque Estadual do Aguapeí, possuem um papel fundamental na construção social voltada ao meio ambiente, o que é um desafio, dadas as características gananciosas do sistema de produção, onde ainda muito se nega os reais efeitos catastróficos da degradação ambiental. Promover experiências diretas com a natureza, pesquisas e monitoramentos podem proporcionar um maior engajamento da comunidade local.

Dessa forma, destaca-se a importância de realizar mais estudos que investiguem e aprofundem a temática, a fim de colaborar com as gestões públicas na promoção do meio ambiente e no crescimento econômico de maneira sustentável. Isso inclui a conservação dos recursos naturais por meio de seu uso responsável e racional, a redução da pobreza, especialmente em comunidades vulneráveis ao redor das Unidades de Conservação (UC), a proteção da biodiversidade, que é fundamental para o equilíbrio natural e a manutenção da vida, além do desenvolvimento de tecnologias limpas e inovadoras que possam aumentar a eficiência produtiva, reduzir os impactos ambientais e melhorar a qualidade de vida.





## REFERÊNCIAS

Brasil. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA Nº 13, de 06/12/1990. **Diário Oficial da União**, Brasília – DF.

FARIA, Ivan Dutra. **Compensação Ambiental**: os fundamentos e as normas, a gestão e os conflitos. 2008. Brasília. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td-43-compensacao-ambiental-os-fundamentos-e-as-normas-a-gestao-e-os-conflitos>> Acesso em :02 jun 2024.

FERREIRA, Silvia Aline Silva et al.. Impactos sociais e ambientais da usina hidrelétrica de porto primavera a partir do olhar dos sujeitos afetados. **Anais do XIV ENANPEGE...** Campina Grande: Realize Editora, 2021.

INSTITUTO FLORESTAL – **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo**. 2017. Disponível em: < <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/>>

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – Topodata – **Banco De Dados Geomorfométricos do Brasil**. 2008. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>

MapBiomas. **Cobertura e Uso da Terra**. 1998. Disponível em: < <https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>>

\_\_\_\_\_. **Cobertura e Uso da Terra**. 2010. Disponível em: < <https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>>

\_\_\_\_\_. **Cobertura e Uso da Terra**. 2022. Disponível em: < <https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>>

MOROZ-CACCIA GOUVEIA, Isabel Cristina. **TUTORIAL FRAGILIDADE AMBIENTAL QGIS**. Presidente Prudente: [s.n.], 2022.

RONQUIM, C. C.; FONSECA, M. F. **Avanço das áreas de cana-de-açúcar e alterações em áreas de agropecuária no interior paulista**. Campinas: embrapa, 2018 (Documento).

ROSS, J. L. S. ANÁLISE EMPÍRICA DA FRAGILIDADE DOS AMBIENTES NATURAIS ANTROPIZADOS. **Revista do Departamento de Geografia**, [S. l.], v. 8, p. 63-74, 2011. DOI: 10.7154/RDG.1994.0008.0006.

ROSS, J. L. S. Análise e Síntese na Abordagem Geográfica da Pesquisa para Planejamento Ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, nº 9, São Paulo, 1995. p. 165-175.

São Paulo. Secretaria de Meio Ambiente. Fundação Florestal. Instituto Florestal. **Plano de Manejo: Parque Estadual Aguapeí**. São Paulo, 2010.



SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação; Lei 9.985 de 18 de julho de 2000; Ministério do Meio Ambiente. **Diário Oficial**, Brasília – DF.

SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. Análise Comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 39-49, 2004. DOI: 10.11606/issn.2179-0892.geousp.2004.123868. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/123868>. Acesso em: 17 out. 2024.

TREVISAN, Cláudia. Porto Primavera será inaugurada na terça. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 21 de fevereiro de 1999. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/brasil/fc21029915.htm#:~:text=A%20usina%20est%C3%A1%20planejada%20para,de%20cada%20uma%20das%20turbinas.>> Acesso em: 01 mai 2024.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, Rio de Janeiro, 1977. p. 91

TAMANINI, M. S. A. **Diagnóstico físico-ambiental para determinação da fragilidade potencial e emergente da Bacia do Baixo Curso do Rio Passaúna em Araucária - PR**. 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

