

Anais do



SICAM

Simpósio Interdisciplinar de  
Ciência Ambiental



21 a 23 outubro 2024

Universidade de São Paulo - Cidade Universitária



21 a 23 outubro 2024

Universidade de São Paulo - Cidade Universitária



## FICHA CATALOGRÁFICA

Simpósio Interdisciplinar de Ciência Ambiental. (5: 2024: São Paulo.)

V Simpósio Interdisciplinar de Ciência Ambiental. Anais. SICAM.  
[Recurso eletrônico] / organizadores Vitor Soares Miceli. [et al.] – São Paulo:  
IEE-USP, 2025.

288p

ISSN 2358-274X

1. Ciência ambiental. 2. Proteção ambiental. 3. Governança.  
4. Interdisciplinaridade. 5. Sustentabilidade. I. Miceli, Vitor Soares, org..  
II. Título.



# PROMOÇÃO

Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo



## COMISSÃO ORGANIZADORA

Ágata Grazielle dos Santos Brito  
Agnes de Oliveira Franco  
Beatriz Milz  
Gabriel Bernardes Fonseca Diório Menegazzo  
Henrique Castro Barbosa  
Tainá Ângela Vedovello Bimbati  
Vanessa Victor da Cruz de Souza  
Vítor Soares Miceli

## EDITORAÇÃO

Vítor Soares Miceli



EIXO 1

Conservação e  
Desenvolvimento  
Socioambiental



# GT 6: Economia Ecológica e Impactos Socioecológicos

Coordenação: Bruno Portes

Descrição: Promover um debate sobre a relação econômica e as suas consequências ambientais e a relação com a governança, tanto sob os pressupostos da Economia Ambiental quanto da Economia Ecológica. Promover um diálogo atual sobre este tema sob a perspectivas socioecologicas e de valores.



## VALORAÇÃO E COMPENSAÇÃO ECOLÓGICA DOS DANOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELO DESMATAMENTO ILEGAL

Claudio Angelo Correa Gonzaga<sup>1</sup>; José Guilherme Roquette<sup>2</sup>; Andrea Castelo Branco Brasileiro<sup>3</sup>; Paulo Antonio de Almeida Sinisgalli<sup>4</sup>

1 – Universidade de São Paulo. claudioangelo@usp.br

2 – Ministério Público do Estado de Mato Grosso. jose.roquette@mpmt.mp.br

3 – Universidade de São Paulo. andreacastelobranco@gmail.com

4 – Universidade do São Paulo. psinisgalli@usp.br

DOI: 10.6084/m9.figshare.28755011

**RESUMO:** Este estudo propõe critérios objetivos para a valoração monetária e não-monetária de todos danos ambientais, reconhecidos pela jurisprudência e doutrina brasileira, causados por desmatamentos ilegais e defende a compensação ecológica como instrumento eficaz para a reparação desses danos. A pesquisa, baseada em análise bibliográfica e documental, apresenta metodologias para quantificar diferentes tipos de danos ambientais, incluindo danos material, interino, residual, extrapatrimonial, o provento do ilícito e o dano ambiental climático. Propõe-se a compensação ecológica como alternativa à valoração monetária, utilizando instrumentos jurídicos como servidão ambiental perpétua, criação de Reservas Particulares do Patrimônio Natural e doação de áreas para unidades de conservação. O estudo conclui que a compensação ecológica pode ser uma estratégia eficaz para combater o desmatamento ilegal, promover a proteção da biodiversidade e mitigar as mudanças climáticas, contribuindo para o cumprimento das metas estabelecidas no Acordo de Paris. Palavras-chave: desmatamento ilegal; danos ambientais; compensação ecológica; valoração não monetária; métodos alternativos.

**Palavras-Chave:** desmatamento ilegal; danos ambientais; compensação ecológica; valoração não monetária; métodos alternativos

**ABSTRACT:** This study proposes objective criteria for the monetary and non-monetary valuation of all environmental damages recognized by Brazilian jurisprudence and doctrine caused by illegal deforestation. It advocates ecological compensation as an effective instrument for repairing these damages. The research, based on bibliographic and documentary analysis, presents methodologies to quantify different types of environmental damages, including material, interim, residual, non-pecuniary damages, illicit gains, and climate-related environmental damage. Ecological compensation is proposed as an alternative to monetary valuation, utilizing legal instruments such as perpetual environmental easements, the creation of Private Natural Heritage Reserves, and the donation of areas for conservation units. The study concludes that ecological compensation can be an effective strategy to combat illegal deforestation, promote biodiversity protection, and mitigate climate change, thereby contributing to the fulfillment of the goals established in the Paris Agreement.

**Keywords:** illegal deforestation; environmental damages; ecological compensation; non-monetary valuation; alternative methods



**RESUMEN:** *Este estudio propone criterios objetivos para la valoración monetaria y no monetaria de todos los daños ambientales reconocidos por la jurisprudencia y doctrina brasileña causados por la deforestación ilegal, y defiende la compensación ecológica como un instrumento eficaz para la reparación de estos daños. La investigación, basada en análisis bibliográfico y documental, presenta metodologías para cuantificar diferentes tipos de daños ambientales, incluyendo daños materiales, interinos, residuales, extrapatrimoniales, beneficios ilícitos y daño ambiental climático. Se propone la compensación ecológica como alternativa a la valoración monetaria, utilizando instrumentos jurídicos como servidumbres ambientales perpetuas, la creación de Reservas Particulares del Patrimonio Natural y la donación de áreas para unidades de conservación. El estudio concluye que la compensación ecológica puede ser una estrategia eficaz para combatir la deforestación ilegal, promover la protección de la biodiversidad y mitigar el cambio climático, contribuyendo al cumplimiento de las metas establecidas en el Acuerdo de París..*

**Palabras Clave:** *deforestación ilegal; daños ambientales; compensación ecológica; valoración no monetaria; métodos alternativos.*

**INTRODUÇÃO:** O desmatamento ilegal no Brasil, especialmente na Amazônia Legal, é um dos principais contribuintes para as emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) do país. Em 2021, as emissões decorrentes do desmatamento e queimadas na Amazônia Legal corresponderam a 49% das emissões totais brasileiras (AZEVEDO et al., 2023). Após anos de queda, o desmatamento na Amazônia voltou a aumentar entre 2019 e 2021 (AMARAL, 2022).

No estado de Mato Grosso, uma característica marcante é a concentração do desmatamento em áreas privadas. No período de agosto de 2020 a julho de 2021, 86% do desmatamento ilegal ocorreu em imóveis privados e 10% em assentamentos (ICV, 2021). Isso significa que uma parte significativa desse desmatamento ocorreu em áreas que, em tese, eram suscetíveis de algum tipo de supressão de vegetação nativa.

A reparação civil do dano ambiental, prevista na Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), é um importante instrumento de comando e controle relativo ao desmatamento, mas requer prévia valoração dos danos ambientais. Este estudo propõe critérios para a valoração monetária e não-monetária dos danos ambientais causados por desmatamentos ilegais e sustenta que a compensação ecológica pode ser um instrumento importante para a reparação de tais danos, conferindo proteção a remanescentes de vegetação nativa e mitigando emissões de GEE.

**MATERIAIS E MÉTODOS:** Este estudo foi conduzido por meio de pesquisa bibliográfica e documental, com foco na análise de dados secundários obtidos a partir de relatórios institucionais, artigos científicos e decisões judiciais sobre desmatamento ilegal e danos ambientais. As principais fontes de dados incluem relatórios do Instituto Centro de Vida (ICV) e do Observatório do Clima, além de normas e precedentes judiciais relevantes.

A pesquisa documental concentrou-se na identificação dos critérios legais e ecológicos aplicáveis à identificação e valoração das diversas espécies de danos ambientais reconhecidos no ordenamento jurídico brasileiro, bem como no delineamento legal do conceito de compensação ecológica e identificação, por analogia, de critérios positivados aplicáveis à reparação dos danos ambientais decorrentes de desmatamentos ilegais.





**RESULTADOS:** Com base na jurisprudência do Superior Tribunal de Justiça e na doutrina especializada, foram identificados diversos tipos de danos ambientais causados por desmatamentos ilegais. Estes incluem o dano material, que consiste na destruição da biota em si; o dano interino, que representa a privação temporária da sociedade do bem ecológico até sua restauração; o dano residual, que é a ruína que subsiste após todos os esforços de restauração; o dano imaterial, que se refere à ofensa ao patrimônio imaterial da sociedade; o provento do ilícito, que é o ganho ilícito obtido com a atividade danosa; e o dano climático, que representa a contribuição para as mudanças climáticas através da emissão de GEE.

Para cada tipo de dano, foram propostos critérios específicos de valoração. O dano material é valorado em função da dimensão da área e dos custos de reparação, que podem ser obtidos pelas estimativas constantes na Portaria nº 118, de 10 de janeiro de 2022, do Ministério do Meio Ambiente.

O dano interino é calculado considerando juros sobre o valor do dano material, levando em conta o tempo necessário para recuperação e um decréscimo linear deste dano, em razão da paulatina recuperação da área.

O levantamento de três meta-análises (BENAYAS et al. 2009; MORENO-MATEOS et al., 2012; CROUZEILLES et al., 2016) aponta o consenso científico em torno da ruína permanente que subsiste aos esforços de recuperação. Considera-se que 14% do valor do dano material é um valor conservador para a estimativa do dano residual.

O prejuízo extrapatrimonial causado pelo desmatamento ilegal a serviços e marcas brasileiros é reportado também por setores empresariais, como explicita trecho da matéria de capa da Revista Veja (VEJA, 2020), em que associações empresariais do agronegócio relatam o prejuízo causados aos seus produtos e atividades pelo desmatamento e queimadas.

Propõe-se, nesse sentido, como um valor mínimo objetivamente aferível para estimar o dano extrapatrimonial a disposição a pagar pela tonelada de CO<sub>2</sub> no mercado voluntário de carbono (o valor que empresas voluntariamente estão pagando no mercado voluntário para melhorar a imagem de suas marcas, produtos e serviços).

O provento do ilícito (“mais-valia ecológica”) pode ser estimada como uma função dos ganhos econômicos decorrentes da valoração da terra e do rendimento médio esperado pela pecuária e agricultura nas áreas convertidas, conforme dados dos institutos de economia, como proposto por Schmitt (2016).

Já o dano climático deve ser calculado com base no Custo Social do Carbono (CSC), uma medida que visa atribuir um valor monetário aos impactos das mudanças climáticas, representando o custo para a sociedade de cada tonelada adicional de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) emitida. Essa medida leva em consideração danos materiais, perda de produtividade e impactos na renda das famílias, entre outros.



Tabela 1: Espécies de danos ambientais causados por desmatamentos ilegais segundo a jurisprudência do STJ (REsp 1198727/MG) e doutrina especializada.

<b>Danos Ambientais Causados por Desmatamentos Ilegais</b>		
<b>Tipo de dano</b>	<b>Fonte</b>	<b>Definição</b>
Material	STJ	É a destruição da biota em si, a destruição da flora e, muitas vezes, da fauna (ninhos, tocas, etc.) causada pelo desmatamento.
Interino	STJ	Dano que decorre da privação da sociedade do bem ecológico até sua restauração, é “o prejuízo ecológico que medeia, temporalmente, o instante da ação ou omissão danosa e o pleno restabelecimento ou recomposição da biota, vale dizer, o hiato passadiço de deterioração, total ou parcial, na fruição do bem de uso comum do povo” (Ibid).
Residual	STJ	Trata-se da ruína que subsiste a todos os esforços de restauração já que, rigorosamente, não é possível restaurar um ecossistema exatamente ao que era antes de sua destruição.
Imaterial	STJ	Também chamado de danos morais coletivos ou extrapatrimoniais, é a ofensa ao patrimonio imaterial da sociedade.
Provento do ilícito	STJ	É o ganho ilícito que se obteve com a atividade danosa.
Climático	S T J , MOREIRA	É a “faceta ou dimensão do dano ambiental relativa ou proveniente, direta ou indiretamente, das emissões de GEE que extrapolam o limite de tolerabilidade.” (MOREIRA, 2021)

Fonte: os Autores

Como alternativa à valoração monetária e a reparação em pecúnia, propõe-se a compensação ecológica, especialmente para desmatamentos em áreas não protegidas. Os critérios para compensação incluem a definição de uma área no mínimo equivalente à extensão da área desmatada, preferencialmente contínua à área de reserva legal ou área de preservação permanente do mesmo imóvel ou imóveis lindeiros, a fim de formar corredores ecológicos; a localização no mesmo bioma e estado (preferencialmente na mesma bacia hidrográfica); a equivalência em termos de fitofisionomia e florística; e a garantia de proteção permanente da área compensante, mediante à renúncia perpétua à expectativa de direito de supressão de vegetação nativa para uso alternativo do solo. Sustenta-se que tais critérios decorrem de uma interpretação sistemática e teleológica dos dispositivos previstos nos arts. 66, § 6º, I, II e III, da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 e art. 17, da Lei nº 11.428, de 16 de maio de 2006.



Tabela 1 – Normas contidas na legislação federal tratando da compensação ambiental.

<b>Lei / Instrumento Legal</b>	<b>Artigo</b>	<b>Contexto / Aplicação</b>	<b>Mecanismo de Compensação</b>	<b>Características Principais</b>
Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN) - Lei nº 12.651/2012	Art. 66, § 6º, I, II e III,	Compensação de déficit de Área de Reserva Legal (ARL)	Compensação por outra área de igual valor ecológico e dimensão	Restrita à compensação de ARL; permite compensação fora da propriedade por outra área de igual valor ecológico e dimensão, no mesmo bioma.
Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) - Lei nº 9.985/2000	Art. 36	Licenciamento ambiental de empreendimentos com impacto significativo	Contribuição para criação ou manutenção de Unidade de Conservação	Exige que o empreendedor invista em Unidades de Conservação de Proteção Integral proporcionalmente ao impacto causado.
Lei da Mata Atlântica - Lei nº 11.428/2006	Art. 17	Supressão autorizada de vegetação nativa no bioma Mata Atlântica	Compensação por restauração ou proteção de áreas equivalentes em importância ecológica	Foca na compensação de perda de vegetação nativa; inclui recuperação de áreas degradadas ou proteção de áreas equivalentes.
Código Florestal (Lei nº 4.771/1965, revogada)	Art. 44, § 6º	Compensação de Reserva Legal	Doação de área localizada no interior de unidade de conservação pendente de regularização fundiária	Permitia a desoneração da obrigação de recomposição da Reserva Legal mediante doação de área em unidade de conservação pendente de regularização fundiária.

Fonte: os Autores

Para implementar a compensação ecológica, foram identificados diversos instrumentos jurídicos capazes de conferir perpetuidade à renúncia ao direito de promover a supressão de vegetação com vistas à mudança do uso do solo. Estes incluem a servidão ambiental perpétua (SAP), a SAP com características de reserva extrativista, a criação de Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN), a doação de área para instituição de unidade de conservação pública, e a compra e doação de áreas em unidade de conservação já constituída para regularização fundiária. Cada instrumento apresenta vantagens e desvantagens específicas, adaptando-se a diferentes contextos e necessidades de compensação.

**DISCUSSÃO:** Mais da metade da vegetação nativa brasileira (53%) está em propriedades privadas, com 88±6 Mha potencialmente suprimível conforme a LPVN (SOARES FILHO et al. 2014). Esta área, maior que França e Reino Unido somados, não apenas estoca carbono, mas oferece serviços ecossistêmicos cruciais



(ASSESSMENT, 2005) e conserva biodiversidade em ecossistemas como a Floresta Amazônica, o Pantanal, e em dois hotspots da biodiversidade: o Cerrado e a Mata Atlântica (MYERS, 2000).

Uma das medidas de maior impacto para mitigação das mudanças climáticas e proteção da biodiversidade no Brasil é prevenir a mudança do uso do solo nessas áreas. A compensação ecológica surge como uma estratégia promissora, utilizando estas áreas como ativos verdes na reparação civil dos danos ambientais decorrentes de desmatamentos em outras áreas.

A definição de critérios objetivos para reparação de todos os danos ambientais causados por desmatamentos permite o dimensionamento preciso dos danos e proporciona aos órgãos de aplicação da lei ambiental fundamentos sólidos para sua reparação. A compensação ecológica, através de instrumentos como a servidão ambiental perpétua, a criação de RPPNs e a doação de áreas para unidades de conservação, pode resultar no desmatamento evitado de significativas áreas de vegetação nativa desprotegidas.

As vantagens desta abordagem são múltiplas: simplifica a valoração do dano ambiental, proporciona maior efetividade na execução de títulos judiciais ou extrajudiciais, preserva importantes processos ecológicos, aumenta o percentual de área de vegetação nativa perpetuamente protegida em imóveis privados e pode estimular a exploração sustentável.

A proposta apresentada neste estudo tem o potencial de mudar a forma como os danos ambientais são avaliados e reparados no Brasil. Ao basear-se em critérios objetivos e no consenso científico, oferece uma alternativa simples à indenização monetária apenas do dano material direto. Isso não apenas beneficia o meio ambiente, mas também pode proporcionar maior segurança jurídica e econômica para proprietários rurais e empresas.

**CONCLUSÃO:** Este estudo propõe uma abordagem mais abrangente para a valoração e reparação de danos ambientais causados por desmatamentos ilegais no Brasil. Ao oferecer critérios objetivos para a valoração dos diversos tipos de danos ambientais identificados no ordenamento jurídico e apresentar a compensação ecológica como uma alternativa viável, o trabalho contribui para a exequibilidade da legislação ambiental vigente.

A implementação dessas medidas pode ser uma estratégia eficaz para coibir o desmatamento ilegal, promover a proteção da biodiversidade e mitigar as mudanças climáticas. Essas ações são fundamentais para o cumprimento das metas estabelecidas no Acordo de Paris e para garantir um futuro sustentável.

Futuros estudos poderiam explorar a valoração de desmatamentos ilegais a partir destes critérios, comparando a metodologia aqui sugerida a critérios utilizados naqueles em casos concretos, inclusive à luz da teoria econômica do crime.

## REFERÊNCIAS:

AMARAL, A. C. Prometer queda no desmatamento ficou fácil, desafio é reverter patamar. **Folha de São Paulo**, 12 ago. 2022. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2022/08/prometer-queda-no-desmatamento-ficou-facil-desafio-e-reverter-patamar.shtml>. Acesso em: 14 mai. 2023.

ASSESSMENT, M. E. *Ecosystems and human well-being*. v. 5. *United States of America: Island Press*, 2005.



AZEVEDO, T.; SOTERRONI, A.; ROCHEDO, P.; SCHAEFFER, R.; SZKLO, A.; LUCENA, A.; GALDOS, ...; ABRANCHES, S. **Análise das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil / 1970-2021**. Observatório do Clima. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2023/03/SEEG-10-anos-v4.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2023.

BENAYAS, J. M. R.; NEWTON, A. C.; DIAZ, A.; BULLOCK, J. M. *Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: a meta-analysis*. **Science**, v. 325, n. 5944, p. 1121-1124, 2009. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1172460>. Acesso em: 18 set. 2024.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm). Acesso em: 10 jun. 2023.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Regulamenta o art. 225, § 1.º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 19 jul. 2000. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9985.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm). Acesso em: 10 jun. 2023.

BRASIL. Superior Tribunal de Justiça (STJ). REsp 1198727/MG, Rel. Ministro HERMAN BENJAMIN, SEGUNDA TURMA, julgado em 14 ago. 2012, DJe 09 maio 2013. Disponível em: <https://www.stj.jus.br/websecstj/cgi/revista/REJ.cgi/ATC?seq=13806316&tipo=5&nreg=201001113499>. Acesso em: 10 jun. 2023.

ICV (INSTITUTO CENTRO DE VIDA). **Características do desmatamento na Amazônia Mato-Grossense em 2021**. Cuiabá, MT, 2021. Disponível em: <https://www.icv.org.br/website/wp-content/uploads/2021/11/caracteristicas-do-desmatamento-na-amazonia-2021-v2.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2023.

MOREIRA, D. A. **Litigância climática no Brasil: argumentos jurídicos para a inserção da variável climática no licenciamento ambiental**. Rio de Janeiro: Editora PUC-Rio, 2021. E-book (159 p.) (Coleção Interseções. Série Estudos). Disponível em: [http://www.editora.puc-rio.br/media/Litigancia%20climatica\\_ebook\\_final.pdf](http://www.editora.puc-rio.br/media/Litigancia%20climatica_ebook_final.pdf). Acesso em: 18 mai. 2023.

MORENO-MATEOS, D.; POWER, M. E.; COMÍN, F. A.; YOCKTENG, R. *Structural and functional loss in restored wetland ecosystems*. **PLoS Biology**, v. 10, n. 1, p. e1001247, 2012. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.1001247>. Acesso em: 22 set. 2024.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A.; KENT, J. *Biodiversity hotspots for conservation priorities*. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/35002501>. Acesso em: 11 jun. 2023.

SCHMITT, J. **Crime sem castigo: a efetividade da fiscalização ambiental para o controle do desmatamento ilegal na Amazônia**. 2016. Disponível em: [http://www.realp.unb.br/jspui/bitstream/10482/19914/1/2015\\_JairSchmitt.pdf](http://www.realp.unb.br/jspui/bitstream/10482/19914/1/2015_JairSchmitt.pdf). Acesso em: 22 set. 2024.

SOARES-FILHO, B.; RAJÃO, R.; MACEDO, M.; CARNEIRO, A.; COSTA, W.; COE, M. et al. *Cracking Brazil's forest code*. **Science**, v. 344, n. 6182, p. 363-364, 2014. Disponível em: <https://science.sciencemag.org/content/344/6182/363>. Acesso em: 11 jun. 2023.



VEJA. Os 10 fazendeiros que mais desmataram a Amazônia nos últimos meses. **Revista Veja**, São Paulo, 31 jul. 2020. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/brasil/os-10-fazendeiros-que-mais-desmataram-a-amazonia-nos-ultimos-meses>. Acesso em: 22 set. 2024.

