

Proposta de Metodologia para Valoração de Danos Ambientais em Perícias Criminais de Meio Ambiente

G.N. Silva^a, A.L. Garção^{a,d*}, K.J. Rocha^b, K.M. Quadros^b, N. Higuchi^c

^a Polícia Técnico-Científica do Estado de Rondônia, Porto Velho (RO), Brasil

^b Laboratório de Recuperação de Ecossistemas e Produção Florestal (REProFlor), Universidade Federal de Rondônia, Rolim de Moura (RO), Brasil

^c Laboratório de Manejo Florestal (LMF), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus (AM), Brasil

^d Laboratório de Isótopos Estáveis – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba (SP), Brasil

*Endereço de e-mail para correspondência: annagarcao@usp.br | Tel.: +55-69-99382-9565

Recebido em 28/01/2026; Revisado em 24/03/2026; Aceito em 25/03/2026

Resumo

O presente trabalho propõe uma metodologia de valoração de danos ambientais voltada à aplicação em perícias criminais ambientais, especificamente nos casos de desmatamento por corte raso de vegetação nativa com cobertura florestal no Bioma Amazônico. O objetivo é oferecer um modelo técnico-científico prático ajustado à realidade pericial da Amazônia que possibilite a fixação justa e reproduzível do valor econômico do dano ambiental, em consonância com os princípios da simplicidade, razoabilidade e proporcionalidade. O modelo adota a equação clássica do Valor Econômico dos Recursos Ambientais, com os devidos ajustes, mantendo os componentes de Valor de Uso Direto (VUD) e Valor de Uso Indireto (VUI). Os demais componentes foram desconsiderados por fundamentos técnico-científicos, notadamente a ausência de métodos para quantificação por se tratar de valores abstratos. Para aplicação pericial, o VUD foi calculado com base no Custo de Restauração Ambiental, enquanto o VUI foi estimado em razão do dano climático, tendo como referência o cálculo do estoque de carbono liberado em situações de desmate a corte raso. O Valor Total do Dano Ambiental resulta da soma desses dois parâmetros e, opcionalmente, do valor referente ao cercamento da propriedade. A metodologia, aplicada por meio de planilha automatizada, confere padronização, transparência e segurança técnica à valoração pericial, podendo ser adaptada a outras modalidades de dano ambiental. Conclui-se que a proposta representa um avanço científico e operacional para a criminalística brasileira.

Palavras-Chave: Perícia Criminal Ambiental; Dano ambiental; Valoração econômica; Amazônia; Desmatamento.

Abstract

This paper proposes a methodology for valuing environmental damages for criminal environmental investigations, specifically in cases of deforestation by clear-cutting of native forest cover vegetation in the Amazon Biome. The objective is to offer a practical technical-scientific model, adapted to the forensic reality of the Amazon, that enables the fair and reproducible determination of the economic value of environmental damage in accordance with the principles of simplicity, reasonableness, and proportionality. The model adopts the classic Economic Value of Environmental Resources (EVER) equation, but makes necessary adjustments, maintaining the Direct Use Value (DUV) and Indirect Use Value (IUV). The other components were disregarded for technical-scientific reasons, notably the absence of quantification methods, as they constitute abstract values. For forensic application, the DUV was calculated based on the Environmental Restoration Cost, while the IUV was estimated due to climate damage, based on the calculation of the carbon stock released in clear-cutting situations. The Total Value of Environmental Damage (VTDA) is calculated by adding these two parameters and the optional addition related to the property's fencing. The methodology, applied via an automated spreadsheet, provides standardization, transparency, and technical security to forensic assessments and can be adapted to other types of environmental damage. The conclusion is that the proposal represents a scientific and operational advancement for Brazilian forensics.

Keywords: Environmental Forensic Analysis; Environmental Damage; Economic Valuation; Amazon; Deforestation.

1. INTRODUÇÃO

A constitucionalização da proteção ao meio ambiente trouxe múltiplos benefícios, especialmente no

tocante ao reconhecimento deste como bem jurídico autônomo. A Constituição Federal de 1988 dispõe, em seu art. 225, que “[...] todos têm direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem como de uso comum do

povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

Além disso, há os dispositivos constitucionais do art. 225, § 3º, e do art. 14, § 1º, da Lei Federal nº 6.938/1981, que impõe ao poluidor, independentemente da existência de culpa, o dever de indenizar ou reparar os danos causados ao ambiente e a terceiros afetados por sua atividade.

Nesse contexto de responsabilização civil e criminal, os Ministérios Públicos dos Estados e da União são responsáveis pela apresentação das ações de responsabilidade pelos danos causados ao meio ambiente cabendo às Polícias Científicas e aos Institutos Periciais a produção da prova pericial, que traz autoria e materialidade para os casos concretos [1].

A perícia é uma das etapas do processo judicial, correspondendo à produção das provas embasadas em aspectos técnico-científicos, conforme previsto no Código de Processo Penal brasileiro (Decreto Lei nº 3.689/1941), em seu art. 158, o qual estabelece que, em todas as infrações penais, inclusive na área ambiental, será indispensável o exame pericial.

Segundo Vieira [2]: “[...] no caso da perícia ambiental, esta importância é ainda maior, em função das particularidades das ciências ambientais, principalmente seu caráter multidisciplinar, cujos conceitos, de forma geral, estão muito distantes dos conhecimentos normalmente dominados pelos operadores do direito”.

A valoração dos danos ambientais, no âmbito das atividades periciais, tem como referência normativa o art. 19 da Lei de Crimes Ambientais: “A perícia de constatação do dano ambiental, sempre que possível, fixará o montante do prejuízo causado para efeitos de prestação de fiança e cálculo de multa”. Convém destacar que o dispositivo, bem como a Lei Processual Penal, credencia o magistrado, sempre que possível, a fixar um valor mínimo em sentença penal condenatória, visando à reparação do dano de natureza ambiental, nos termos do art. 20 da Lei 9.605/1998.

Apesar de o dispositivo tratar da “fixação de um valor mínimo”, outro princípio igualmente relevante é o da Reparação Integral do Dano: consumada a supressão ilegal de vegetação nativa, o poluidor deverá responder pela integralidade da lesão causada ao patrimônio ecológico, isto é, por toda a dimensão dos danos causados ao meio ambiente, em atenção ao art. 225, § 3º da Constituição e ao art. 14 da Lei 6.938/1981.

Roquette [3] destaca que a reparação integral dos danos ambientais compreende três modalidades: a reparação *in situ*, a reparação *ex situ* (compensação) e a indenização pecuniária. No caso da restauração da Floresta Amazônica, esta requer um horizonte temporal, período em que seus bens e serviços ambientais não estarão

disponíveis, configurando-se, portanto, danos irreversíveis. Dessa forma, os danos ambientais devem ser reparados por meio de compensação e/ou indenização pecuniária.

Gaio e Moutinho [4] ressaltam que, para o dever de reparação integral do dano, devem ser consideradas todas as suas dimensões e contemplados todos os fatores que comprometam a integridade dos processos ecológicos. Depreende-se, da letra fria da lei e dos entendimentos correntes, que a valoração dos danos ambientais, enquanto atividade pericial, constitui ferramenta indispensável para o cálculo das ações indenizatórias e compensatórias, diante da possibilidade de fixação de valores que não correspondam ao caso concreto.

“Cabe ressaltar que a sentença criminal incumbe apenas a fixação de um valor mínimo e, para tanto, o art. 19 dessa Lei fornece os parâmetros através do laudo de constatação, todavia, sem excluir a possibilidade de indenizações por valores maiores na área civil” [5].

Segundo Carvalho e Castro [6], apesar da relevância do intento, a legislação ambiental não define critérios específicos e precisos sobre como proceder à valoração econômica do dano ambiental, ficando, assim, a critério do perito optar pelo método mais adequado.

“A escolha de um dentre os diversos métodos de valoração deve considerar as exigências, vieses, praticidade, tempo de execução, custos e plausibilidade da aceitação de cada método na esfera judicial. Como ciência aplicada, a criminalística também há de considerar a influência do ambiente de apuração e persecução penal, junto às fontes de dados e informações em que se baseiam os métodos de valoração” [7].

A garantia de proteção ao meio ambiente ecologicamente equilibrado exige, de todo o sistema de justiça, um comportamento estritamente vinculado aos saberes derivados da melhor ciência [4]. Assim, para além do efeito coercitivo, exigir dos desmatadores a reparação integral dos danos ambientais por eles provocados funciona também como instrumento de dissuasão de ilícitos e de prevenção de danos futuros, reforçando ainda mais sua relevância [4].

“O princípio da reparação integral, além de configurar um princípio geral do instituto da responsabilidade civil, revela-se como um princípio nuclear, com conotações bastante especializadas no âmbito do regime jurídico da responsabilidade civil ambiental. A devida compreensão do conteúdo desse princípio deve estar necessariamente associada ao bem jurídico ecológico e à sua relevância de conotação existencial, não apenas para o indivíduo, mas, em especial, para o conjunto da sociedade. Ademais, o instituto da responsabilidade civil em matéria ambiental tem por premissa e função não apenas a “reparação” numa perspectiva pontual – isto é,

de determinado caso concreto –, mas também possui funções pedagógicas e dissuasórias, voltadas a desestimular a repetição de práticas predatórias contra a Natureza. Sob essa ótica, a reparação integral do dano ecológico deve ser compreendida da forma mais ampla possível, abrangendo o dano ecológico difuso ou transindividual, danos ambientais individuais ou conexos, bem como o dano moral ambiental. Sua premissa básica, entretanto, tem por escopo a recuperação *in natura* e reestabelecimento do status *quo ante*, assegurando a integridade ecológica no local impactado pela ação ou omissão predatória” [8].

Convém destacar que o Superior Tribunal de Justiça consolidou o entendimento acerca da possibilidade de cumulação entre a obrigação de fazer, de não fazer e de indenizar pelos danos ambientais, por meio da Súmula 629: “Quanto ao dano ambiental, é admitida a condenação do réu à obrigação de fazer ou à de não fazer cumulada com a de indenizar”:

Processual Civil. Ação Civil Pública. Dano Ambiental. Possibilidade de cumulação de obrigação de fazer (reparação da área degradada) e de pagar quantia certa (indenização).

1. A jurisprudência do STJ está firmada no sentido de que a necessidade de reparação integral da lesão causada ao meio ambiente permite a cumulação de obrigações de fazer e indenizar.
2. Com efeito, a cumulação de obrigação de fazer, não fazer e pagar não configura *bis in idem*, porquanto a indenização não é para o dano especificamente já reparado, mas para os seus efeitos remanescentes, reflexos ou transitórios, com destaque para a privação temporária da fruição do bem de uso comum do povo, até sua efetiva e completa recomposição, assim como o retorno ao patrimônio público dos benefícios econômicos ilegalmente auferidos.
3. Agravo Interno não provido. (STJ, AgInt no REsp 1770219 / MG, rel. Min. Herman Benjamin, Segunda Turma, DJ 23.05.2019).

Desta forma, justifica-se o presente esforço em propor uma alternativa cientificamente robusta, validada entre especialistas e ajustada à realidade pericial.

Tem-se como objetivo apresentar uma metodologia de valoração dos danos ambientais ajustada à realidade pericial, aplicável a casos de desmatamento por corte raso de vegetação nativa com cobertura florestal no Bioma Amazônico. O método proposto baseou-se em uma revisão crítica da literatura sobre os métodos de valoração econômica ambiental, conduzida pela Comissão de Valoração de Danos Ambientais, composta por onze peritos de quatro diferentes regionais de criminalística do Estado de Rondônia. As atividades foram pautadas pelos princípios da simplicidade, razoabilidade e

proporcionalidade, que devem nortear a busca sistemática por métodos de valoração de danos ambientais.

2. METODOLOGIA DE VALORAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS

A análise do estado da arte sobre o valor dos recursos ambientais e os desafios de mensurar economicamente danos dessa natureza revela um paradoxo fundamental: de um lado, há a necessidade de atribuir um valor justo aos serviços ecossistêmicos que deixam de ser prestados à sociedade em contextos de desflorestamento; de outro, persistem limitações técnico-científicas, éticas e morais que impedem a adoção de uma metodologia ideal, capaz de produzir valores plenamente fidedignos.

Entende-se que os processos de responsabilização dos agentes vinculados ao desmatamento de floresta nativa requerem, como primeiro esforço, a cessação imediata da atividade danosa e a reparação *in natura* do bem lesado, por meio da recuperação ambiental da área danificada. A recuperação da área, por meio de estratégias de reflorestamento orientado, deve ser vista como prioridade, com vistas a mitigar, dentro de um horizonte temporal, os danos condicionados ao ambiente.

A despeito de a recuperação ambiental por meio do reflorestamento ou da regeneração natural constituir a base desta análise, a reparação *in natura* não é suficiente para compensar todos os danos decorrentes da supressão da vegetação nativa, uma vez que a área recuperada não desempenha o mesmo volume e qualidade de serviços ecossistêmicos de áreas não antropizadas. Nesse ínterim, destacam-se os danos irreversíveis e transitórios, sobre os quais o Supremo Tribunal Federal firmou entendimento quanto à aplicação de multa e indenização pecuniária.

O VERA – Valor Econômico dos Recursos Ambientais – é expresso pela equação que integra os valores de uso direto (VUD), uso indireto (VUI), valor de opção (VO) e valor de existência (VE); os três primeiros associados ao Valor de Uso e o último, ao Valor de Não Uso. Essa mesma metodologia é descrita na NBR 14.653-6 (Recursos Naturais e Ambientais) e é utilizada por referências clássicas da área, tais como [9, 10 e 11], dentre outros.

A expressão é definida como:

$$\text{VERA} = \text{VUD} + \text{VUI} + \text{VO} + \text{VE}$$

sendo:

VERA = valor econômico dos recursos ambientais;

VUD = valor de uso direto;

VUI = valor de uso indireto;

VO = valor de opção;

VE = valor de existência.

O Valor de Opção (VO) refere-se à disposição de preservar determinado recurso ambiental visando a um possível uso futuro, mesmo que este ainda não esteja

definido ou assegurado, estando associado à incerteza quanto às demandas e benefícios futuros desse recurso. O Valor de Existência (VE), por sua vez, decorre do simples fato de um bem ambiental existir, independentemente de seu uso presente ou futuro, traduzindo uma posição ética, moral, cultural ou altruísta em relação ao direito de existência de outras espécies e riquezas naturais, mesmo que estas não representem uso atual ou potencial. Segundo Vieira [2], esses componentes figuram entre os mais desafiadores no processo de valoração de danos ambientais, por envolverem critérios subjetivos que variam conforme os contextos social, econômico, cultural e político. Nesse sentido, em perícias ambientais voltadas à valoração de danos, tanto o VO quanto o VE tendem a ser desconsiderados, uma vez que sua mensuração não se fundamenta em parâmetros objetivos, verificáveis e tecnicamente quantificáveis, o que compromete a reprodutibilidade dos resultados e a segurança jurídica das conclusões, requisitos indispensáveis em análises periciais.

2.1. Valor do Uso Direto

O Valor de Uso Direto (VUD) refere-se ao valor dos bens e serviços utilizados diretamente pelo homem, correspondendo ao valor quantitativo e qualitativo de uso de um bem ambiental. Trata-se do único componente da equação para o qual é possível utilizar preços de mercado tradicionais, ainda que estes não representem o valor real em termos de recursos consumidos.

A presente proposta associa o Valor de Uso Direto ao Custo de Reposição. Para tanto, buscou-se uma metodologia que mais se aproximasse da realidade dos casos periciais e que estivesse intrinsecamente vinculada à realidade regional.

No que se refere à valoração dos impactos ambientais associados à alteração da cobertura florestal, utilizou-se o método proposto por Tronco et al. [12], os quais realizaram estimativas de custos para a recuperação de áreas degradadas em Rondônia, a partir de listas de materiais e serviços necessários para a recuperação de 1 (um) hectare, elaboradas pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental de Rondônia (SEDAM).

Segundo a metodologia proposta por Tronco et al. [12], os custos a serem considerados são:

- Materiais – insumos necessários à execução do projeto, como madeiras, adubo, enxadas, entre outros;
- Serviços para preparo do solo e plantio – análises e mão de obra necessárias à execução do projeto, como análise de solo, construção de cercas, abertura e preparo de cova, entre outras;
- Mudanças e sementes – preço de aquisição das mudas e sementes florestais em viveiros especializados; e,
- Manutenção do reflorestamento – insumos e mão de obra necessários ao sucesso do projeto, como replantio de

mudas, adubação de cobertura, roçada e limpeza da área, entre outros.

Salienta-se que os valores apresentados pela metodologia supracitada sofreram ajustes para adequação ao presente estudo. Foram realizadas adaptações visando à subestimação dos custos; por exemplo, desconsideraram-se insumos como enxada e EPI, de modo a garantir maior confiabilidade às estimativas e facilitar o cálculo do Custo de Restauração Ambiental, obtido pela multiplicação do custo por hectare pela quantidade de hectares degradados.

Dessa forma, foi necessário calcular o custo de cercas de forma apartada, uma vez que, em determinados locais, pode-se utilizar a infraestrutura já presente na propriedade. Assim, a inclusão desse item é opcional, cabendo ao perito avaliar a metragem efetivamente necessária para compor o cálculo.

Verificou-se, ainda, que alguns dos itens utilizados na metodologia de Tronco et al. [12] não se aplicavam a todas as propriedades, como implementos agrícolas. Por essa razão, optou-se pela exclusão de determinados elementos, de modo a manter o valor apurado justo e coerente.

Nestes moldes, estabeleceu-se como referência o Custo de Restauração Ambiental, interpretado como Valor de Uso Direto, no montante de R\$ 25.913,77 (vinte e cinco mil novecentos e treze reais e setenta e sete centavos) por hectare.

Adicionalmente, fixou-se o valor do metro linear de cerca (MLC) em R\$ 32,83/MLC, também a partir de levantamentos de preços de mercado. Ressalta-se, contudo, que a adoção desse componente deve ser avaliada caso a caso, considerando as especificidades da área e a necessidade efetiva de isolamento para viabilizar o processo de recuperação ambiental. Em situações em que estudos técnicos mais detalhados indiquem a desnecessidade da implantação de cercamento, ou quando essa medida não se mostrar adequada às condições locais, o referido item poderá ser desconsiderado, a critério do perito ou da autoridade competente.

2.2 Valor do Uso Indireto

O Valor de Uso Indireto (VUI), por sua vez, corresponde aos benefícios proporcionados à sociedade pelos processos naturais que ocorrem nos ecossistemas. Esses benefícios se materializam em serviços ambientais essenciais à sobrevivência humana [2]. Nesta proposta, inclui-se, no âmbito do VUI, uma métrica de valoração do dano climático, entendida como simplificação necessária, tendo em vista que diversos serviços ecossistêmicos ainda possuem valores abstratos, variáveis ou pouco compatíveis com os princípios de simplicidade, razoabilidade e proporcionalidade que orientam a presente metodologia.

Em referência ao dano climático, destaca-se o artigo 14 da Resolução do Conselho Nacional de Justiça nº

433/2021, que orienta atuação do Judiciário em relação à proteção ambiental:

“Art. 14 Na condenação por dano ambiental, o(a) magistrado(a) deverá considerar, entre outros parâmetros, o impacto desse dano na mudança climática global”.

A valoração monetária do dano climático é realizada a partir do estoque de carbono liberado na atmosfera pela supressão da vegetação nativa primária no Bioma Amazônico.

O desmatamento da vegetação nativa e a exploração madeireira impactam diretamente a dinâmica ambiental, contribuindo para a emissão contínua de gases de efeito estufa (GEE), a redução da evapotranspiração, o aumento da incidência de queimadas em função da desregulação climática e a expansão de áreas não florestadas, entre outros processos deletérios.

Para isso, faz-se necessária a sistematização do conhecimento e a análise crítica das correntes propostas de valoração monetária do dano climático. Destacam-se, nesse sentido, as premissas propostas por Higuchi [13], cuja metodologia se fundamenta na estimativa dos estoques de carbono, a saber:

A) O art. 1º da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei nº 12.651, de 25/05/2012) estabelece que as florestas e demais formas de vegetação nativa situadas no território nacional constituem bens de interesse comum, exercendo o proprietário os direitos de uso, domínio e disposição da propriedade rural condicionados à observância das limitações impostas pela própria lei e demais normas ambientais aplicáveis.

B) O § 4º do art. 225 da Constituição Federal de 1988 define como patrimônios nacionais a Floresta Amazônica, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Matogrossense e a Zona Costeira. A utilização dessas áreas deve seguir a legislação vigente, garantindo a preservação ambiental, incluindo o uso sustentável dos recursos naturais.

C) As florestas desempenham importantes funções, tais como:

- (i) garantir a coevolução de plantas e animais, preservando a biodiversidade;
- (ii) regular o clima em níveis local e regional;
- (iii) controlar o ciclo hidrológico local e regional;
- (iv) proteger os solos contra a erosão; e
- (v) preservar todas as formas de vida.

D) Esta metodologia foca na função climática das florestas, especialmente no que se refere aos gases de efeito estufa e às mudanças climáticas globais.

E) Aproximadamente 50% da biomassa seca de uma floresta é composta por carbono (C).

F) O carbono presente nas florestas pode ser convertido em gases de efeito estufa, como dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄).

G) No contexto das mudanças climáticas globais, um crédito de carbono equivale a uma tonelada de CO₂.

H) Durante queimadas, são emitidos CO (na fase inicial) e CO₂ (no decorrer do processo).

I) Com uma eficiência de combustão inferior a 30%, a biomassa que não é queimada é decomposta ao longo do tempo, liberando CH₄.

J) Nos inventários florestais, o carbono total (incluindo a parte aérea e as raízes) é estimado indiretamente, utilizando equações de carbono com margem de incerteza inferior a 5%.

K) Para converter o carbono total em CO₂ total, utiliza-se um fator multiplicador de 3,6667.

L) Todo o carbono de florestas desmatadas pode ser liberado na atmosfera como CO₂ ou CH₄.

M) A metodologia foi desenvolvida para áreas que não foram inventariadas antes do desmatamento.

N) A estimativa do estoque de carbono emitido baseia-se na média de 14 inventários florestais realizados pelo Laboratório de Manejo Florestal (LMF) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Tabela 1).

Conforme a Tabela 1, a estimativa média (considerando a incerteza de 8%) mais conservadora por hectare é de 522,2114 tCO₂eq (toneladas de dióxido de carbono equivalente). Considerando que cada crédito de carbono¹ corresponde a 1 (uma) tCO₂eq, conclui-se que cada hectare possui 522,21 créditos de carbono.

O preço de um crédito de carbono (1 tCO₂eq) foi fixado em R\$ 40,50, valor praticado no 1º Leilão de Carbono realizado no Brasil em 26/09/06 pela BM&F2. Ainda que haja valores praticados internacionalmente, até no mercado de ações futuras, no Brasil ainda não há uma atualização oficial para os valores de crédito de carbono. Dessa forma, na ausência de outro parâmetro atualizado para o mercado nacional, adotar-se-á este valor como

¹ Crédito de Carbono: ativo transacionável, autônomo, com natureza jurídica de fruto civil no caso de créditos de carbono florestais de preservação ou de reflorestamento - exceto os oriundos de programas jurisdicionais, desde que respeitadas todas as limitações impostas a tais programas por esta Lei -, representativo de efetiva retenção, redução de emissões ou remoção, nos termos dos incisos XXX e

XXXI deste caput, de 1 tCO₂e (uma tonelada de dióxido de carbono equivalente), obtido a partir de projetos ou programas de retenção, redução ou remoção de gases de efeito estufa (GEE), realizados por entidade pública ou privada, submetidos a metodologias nacionais ou internacionais que adotem critérios e regras para mensuração, relato e verificação de emissões, externos ao SBCE [14].

referência. Assim, a valoração do Valor do Uso Indireto (VUI) é obtida pela seguinte equação:

$$\text{VUI: } 522,21 \text{ tCo2eq/ha} \times \text{R\$40,50/tCo2eq} = \text{R\$21.149,56/ha}$$

3. PROPOSTA – VALOR DO DANO AMBIENTAL

De posse desse entendimento, foram sistematizados os elementos constitutivos do Valor do Dano Ambiental (VDA), conforme a Equação VERA:

$$\text{VDA} = \text{VUD} + \text{VUI}$$

$$\text{VDA} = \text{R\$25.913,77/ha} + \text{R\$21.149,56/ha} = \text{R\$47.063,33/ha}$$

Portanto, o valor do dano ambiental é constituído pela soma do Valor de Uso Direto – associado ao custo de reposição ou restauração – e do Valor de Uso Indireto (VUI) – vinculado ao estoque de carbono. A equação final para o cálculo do Valor Total do Dano Ambiental (VTDA) é:

$$\text{VTDA} = \text{R\$47.063,33/ha} \times \text{ATD} + \text{R\$32,83/m} \times \text{MLC}$$

em que:

VTDA = Valor Total do Dano Ambiental, em R\$/ha;

ATD = Área Total de Desmatamento, em hectare;

MLC = Metro Linear de Cerca, em metros.

Com o objetivo de otimizar e automatizar esse processo de cálculo, foi elaborada uma planilha eletrônica no Microsoft Excel online.

A planilha foi estruturada para permitir a aplicação prática e padronizada da metodologia proposta,

facilitando o cálculo do Valor Total do Dano Ambiental (VTDA) a partir dos parâmetros de área total desmatada e extensão de cercamento necessário, garantindo maior precisão, transparência e reprodutibilidade aos laudos periciais.

Trata-se de um procedimento técnico com sólido embasamento científico, ajustado à realidade pericial. Embora não se almeje que seja perfeito ou plenamente justo face à magnitude dos danos constatados ao meio ambiente – bem jurídico difuso e de direito de todos – representa um avanço significativo nos exames de constatação de crimes ambientais.

O método aqui apresentado poderá ser utilizado em outras modalidades de perícia voltadas à valoração econômica de desmatamento, desde que os parâmetros sejam ajustados de forma fundamentada e com respaldo científico.

Por fim, destaca-se que a Comissão de Valoração de Danos Ambientais, de caráter permanente, será responsável pela atualização bianual dos parâmetros adotados, bem como pelo recebimento de críticas e sugestões que possam aprimorar continuamente a metodologia.

Tabela 1. Estoque de Carbono e Emissões Equivalentes de CO₂ em Sítios de Floresta Amazônica

Sítios	Ano	Unidades amostrais	Amostra em hectares	C tot (tC ha ⁻¹)	tCo2eq ha ⁻¹
1. Resex Baixo Juruá	2006	83	20,75	161,28	591,3654
2. Rio Preto da Eva (Embrapa)	2005	15	15,00	177,39	650,4359
3. Fonte Boa	2004	72	18,00	167,57	614,4289
4. Jutai	2004	64	16,00	164,01	601,3755
5. Floresta Estadual de Maués	2005	100	25,00	135,27	495,9945
6. Resex Auati-Paraná	2007	107	26,75	184,51	676,5428
7. UHE Balbina	1982	120	60,00	157,46	577,3586
8. Trombetas	1982	60	15,00	178,83	655,7160
9. Manacapuru	2004	32	8,00	152,60	559,5384
10. T0 Bionte (ZF-2, Manaus)	2007	3	3,00	198,07	726,2633
11. Lábrea ST-Manejo Florestal	2005	87	21,75	114,68	420,4972
12. MIL Madeireira	2005	185	46,25	139,64	512,0180
13. Sul de RR	1994	57	22,80	110,50	405,1704
14. Colégio Adventista (Rio P. da Eva)	2004	40	10,00	139,92	513,0447
Média				155,84	571,4185
Desvio-padrão				25,62	93,9409

Sítios	Ano	Unidades amostrais	Amostra em hectares	C tot (tC ha ⁻¹)	tCo ₂ eq ha ⁻¹
1. Resex Baixo Juruá	2006	83	20,75	161,28	591,3654
2. Rio Preto da Eva (Embrapa)	2005	15	15,00	177,39	650,4359
3. Fonte Boa	2004	72	18,00	167,57	614,4289
Coeficiente de variação (%)				16,44	16,44
IC (95%)				13,42	49,2071
Incerteza (%)				8,61	8,61
Estimativa mínima				142,42	522,2114
Estimativa máxima				169,26	620,6256

Fonte: adaptado de Higuchi [13].

3. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

A área de Floresta Ombrófila Aberta selecionada para a aplicação da metodologia está localizada na zona rural do município de Porto Velho/RO, no distrito de Nova Mutum. Trata-se de área objeto de Auto de Infração, emitido pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

Com o objetivo de detectar as alterações do meio físico a Equipe Pericial procedeu a análise cronológica e comparativa das cenas de imagens de satélite da área delimitada como de interesse pericial.

Por padrão os exames periciais são iniciados com cenas de imagens de satélite datadas de 2008 e anteriores

para fins de verificação da cobertura vegetal em relação ao marco legal (Decreto n° 6.514).

Na continuidade dos exames, são analisadas todas as alterações do meio físico com características compatíveis e evidências materiais de ação humana e intencional orientadas a conversão da mata nativa em outras formas de uso e ocupação.

Para o caso em tela o primeiro desmatamento foi constatado a partir de cena de imagem de satélite datada de 31/10/2021, sendo constatado 1,787ha desmatados a corte raso. Importante ressaltar que o evento não esteve limitado a propriedade, conforme pode ser observado em Carta Imagem (Figura 1).

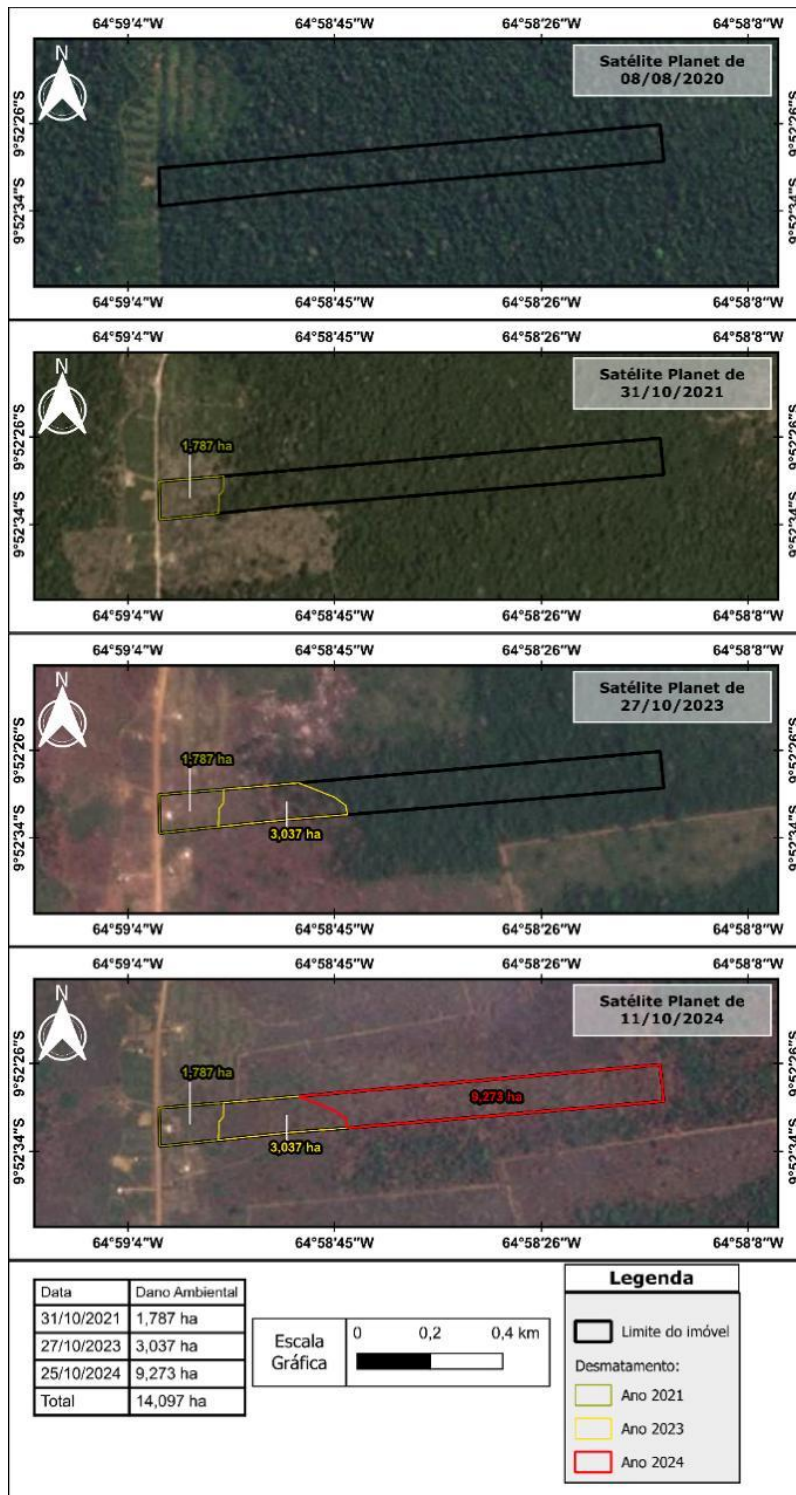


Figura 1. Evolução do desmatamento entre os anos de 2020 e 2024. Fonte:

As imagens de satélite datadas de 27/10/2023 apontam para expansão da área desmatada em mais 3,037 ha. No ano seguinte, em 2024, ocorreu o desmatamento a corte raso de toda a área remanescente, totalizando 9,273 ha. Importante destacar que, após o último evento de supressão, foi identificada uma cicatriz de incêndio regional que atingiu a propriedade em período anterior a 11/11/2024.

Diante das informações levantadas, constatou-se desmatamento a corte raso em 14,097 ha. Ao calcular o

perímetro da área degradada, verificou-se a necessidade de 2.900 metros de cercamento para isolamento e recuperação ambiental. Portanto, o Valor Total do Dano Ambiental (VTDA) para a área em análise é de R\$ 758.645,79 (Figura 2).

GOVERNO DO ESTADO DE RONDÔNIA SECRETARIA DE ESTADO DA SEGURANÇA, DEFESA E CIDADANIA SUPERINTENDÊNCIA DE POLÍCIA TÉCNICO-CIENTÍFICA	
CÁLCULO DO VALOR TOTAL DO DANO AMBIENTAL (VTDA)	
Área Total de Desmatamento (ATD) [hectares]:	14,097
Metro Linear de Cercamento (MLC) [metros]:	2.900,00
Valor do Dano Ambiental (VTDA) [Reais]:	R\$ 758.658,76
INTERPRETAÇÃO PERICIAL	
Com base nos valores informados, o cálculo do Valor Total do Dano Ambiental (VTDA) foi realizado conforme a fórmula oficial:	
$VTDA = 47.063,33 \times ATD + 32,83 \times MLC$	
O valor apurado representa a estimativa do dano ambiental decorrente do desmatamento e da instalação de cercamento necessárias para a recuperação, servindo como subsídio técnico para responsabilização, eventual reparação dos danos ambientais constatados e determinação do valor do dano ambiental.	

Figura 2. Planilha para auxílio do cálculo do Valor Total do Dano Ambiental (VTDA).

O valor apurado representa a estimativa de dano ambiental decorrente do desmatamento e da instalação de cercamento necessários para a recuperação, servindo como subsídio técnico para responsabilização, eventual reparação dos danos ambientais constatados e determinação do valor do dano ambiental.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia proposta de Valoração Total de Danos Ambientais (VTDA) resulta de um trabalho técnico com sólido embasamento científico, ajustado à realidade pericial. Embora não se almeje que seja perfeita ou plenamente justa frente à magnitude dos danos constatados ao meio ambiente – bem jurídico difuso e de direito de todos – representa um avanço significativo nos exames de constatação de crimes ambientais.

É fato que a proposta apresentada tem caráter simplificado e não contempla outros fatores potencialmente degradantes. Tais ausências condicionam eventual subestimação dos valores relacionados aos danos ambientais. Entretanto os autores entendem que ainda não há metodologias robustas o suficiente para valoração por tais danos, como os relacionados ao solo, fauna, água e outros. Espera-se que em um futuro breve novos parâmetros possam ser incorporados visando maior robustez da valoração proposta.

O método aqui apresentado poderá ser utilizado em outras modalidades de perícia voltadas à valoração econômica de desmatamento, desde que os parâmetros sejam ajustados de forma fundamentada e com respaldo científico.

Por fim, destaca-se que a Comissão de Valoração de Danos Ambientais, de caráter permanente, será responsável pela atualização bianual dos parâmetros adotados, bem como pelo recebimento de críticas e sugestões que possam aprimorar continuamente a metodologia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Polícia Científica do Estado de Rondônia pelo apoio institucional à realização deste estudo, bem como a Comissão de Valoração de

Danos Ambientais pelas contribuições técnicas. Agradece ainda ao Ministério Público do Estado de Rondônia, a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental de Rondônia e ao apoio técnico do Perito Federal Mauro Magliano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J.E. Viglio; L. da C. Ferreira. A atuação dos peritos do Ministério Público no licenciamento ambiental do Projeto Mexilhão, São Paulo, Brasil. *Sustainability in Debate* 13(1): 368-383 (2022).
- [2] J.P.P. Vieira. Valoração de danos ambientais em ecossistemas florestais: adaptação do método de custo de reposição com vistas à sua aplicação da perícia criminal ambiental. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Perícias Criminais Ambientais, Universidade Federal de Santa Catarina (2013).
- [3] J.G. Roquette. Reparação de danos ambientais causados por desflorestamento na Amazônia: uma proposta metodológica. *Revista Direito Ambiental e Sociedade* 9(3): 137-166 (2019).
- [4] A. Gaio; P. Moutinho (Coord.). Nota Técnica ABRAMPA e IPAM: Sobre a exigibilidade e a quantificação do dano climático no âmbito da responsabilidade civil por desmatamento ilegal da vegetação nativa (2024).
- [5] P.M. Galvão. *Direito Penal Ambiental*, 2. ed., Mizuno, Leme (SP) (2024) 197.
- [6] G.R. Carvalho; J.D.B. Castro. Valoração econômica como instrumento de responsabilização de danos ambientais. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais* 13(11): 336-349 (2022).
- [7] M.M. Magliano. De quanto é o rombo ambiental no Brasil? *Perícia Federal* 13(29): 8-13 (2012).
- [8] I.W. Sarlet; T. Fensterseifer. *Curso de Direito Ambiental*, 4ª ed., Forense, Rio de Janeiro (2023) 692.
- [9] D.W. Pearce. Economic valuation and the natural world. *Police Research Working Paper, Series 988*, The World Bank, Washington (1992).
- [10] R.S. da Motta. *Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais*, 1. ed., Ministério do Meio Ambiente, Brasília (1997).
- [11] A.G. Maia. *Metodologias de Valoração Econômica Ambiental: teoria, prática e aplicações*, MMA, Brasília (2002).
- [12] K.M. de Q. Tronco; J.N.A. de Oliveira; K.J. da Rocha; G.D. da Cunha; G.N. da Silva. Estimativa de custos na recuperação de áreas degradadas em Rondônia. *Brazilian Journal of Development* 7(2): 13353-13367 (2021).
- [13] N. Higuchi. Danos ambientais decorrentes de desmatamento não autorizado, com ênfase nas emissões de gases de efeito-estufa derivados de carbono. *Perícia técnica: Fazenda Palotina, municípios de Lábrea e Boca do Acre*, [s.n.], [s.l.] (2008).

[14] BRASIL. Lei nº 15.042, de 11 de dezembro de 2024. Institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa – SBCE e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 11 dez. 2024.