# Proposta Ministério Público do Estado de Minas Gerais (MPMG) e AECOM

## Relatório para participação no edital da Consulta Pública para Debater Parâmetros de Quantificação de Danos Ambientais Decorrentes de Desmatamentos e de outras Atividades Poluidoras, do Conselho Nacional de Justiça (CNJ).

**Dezembro de 2022**

# LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Correntes metodológicas para valoração de danos ambientais 18
Tabela 2 – Síntese dos métodos de valoração ambiental 21
Tabela 3 – Fatores de correção socioeconômicos para valoração de danos ambientais 28
Tabela 4 – Fatores de correção socioeconômicos para valoração de danos ambientais 28
Tabela 5 – Custo de reposição (plantio de mudas) por Bioma, adaptado de Portaria MMA/IBAMA n° 118/2022 29
Tabela 6 – Fator de Correção por Bioma para valoração de danos ambientais 29
Tabela 7 – Cálculo do valor de estoque de carbono para cada Bioma brasileiro 30
Tabela 8 – Informações sobre as empresas multadas e locais dos desmatamentos 32
Tabela 9 – Informações das multas aplicadas e cálculo das multas corrigidas para as empresas autuadas 32
Tabela 10 – Cálculo do Fator Danos Múltiplos para cada empresa autuada 33
Tabela 11 – Cálculo do Custo de Reposição (CR) para cada empresa autuada 33
Tabela 12 – Cálculo do CR Corrigido para cada empresa autuada 34
Tabela 13 – Cálculo do Valor de Estoque de Carbono para cada empresa autuada 34
Tabela 14 – Cálculo do valor proposto do VONETO para cada empresa autuada 34
Tabela 15 – Cálculo dos valores finais de cada parâmetro e resultado final do Valor de Dano Ambiental para cada empresa autuada 35

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Danos ambientais relacionados ao desflorestamento. 22
Figura 2 – Primeiro lugar Prémio CNMP (2022) – Projeto Desativando bombas-relógio MPMG 37

# LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANM – Agência Nacional de Mineração

CAOMA – Centro de Apoio Operacional das Promotorias de Justiça de Defesa do Meio Ambiente, Patrimônio Cultural, Habitação e Urbanismo

CNJ – Conselho Nacional de Justiça

CNMP – Conselho Nacional do Ministério Público

CR – Custo de Reposição

DAP – Disposição a Pagar

DMC – Dano Moral Coletivo

DI – Dano Interino

DR – Dano Residual

EBITDA – *Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization*.

EC – Estoque de Carbono

MPF – Ministério Público Federal

MPMG – Ministério Público de Minas Gerais

LAJIDA – Lucros Antes de Juros, Impostos, Depreciação e Amortização

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IPCA-E – Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo Especial

PFPSA – Programa Federal de Pagamentos por Serviços Ambientais

PNPSA – Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais

POP – Procedimento Operacional Padrão

S.A. – Sociedade Anônima

TAC – Termo de Ajustamento de Conduta

TC – Termo de Compromisso

TDCF – Taxa de Desestímulo associada à Capacidade Financeira

VE – Valor de Existência

VERA – Valor dos Recursos Ambientais

VC – Valor do Estoque de Carbono

VO – Valor de Opção

VUD – Valores de Uso Direto

VUI – Valores de Uso Indireto

# SUMÁRIO


1 Introdução 5
2 Contexto 6
2.1 A AECOM do Brasil 7
3 Estado da Arte 17
4 Levantamento de multas aplicadas para desmatamento 24
4.1 Critérios para identificação das empresas multadas pelo IBAMA 24
5 Valor do Dano Ambiental 26
5.1 Fatores de Correção – Danos Múltiplos e Fator Bioma 27
5.2 Valor do Estoque de Carbono 29
5.3 VONETO – Taxa de Desestímulo associada à Capacidade Financeira 30
5.4 Compilação das fórmulas 31
6 Aplicação do Valor do Dano Ambiental 32
7 Considerações Finais 36
8 Referências bibliográficas 38

# 1 Introdução

As paisagens que constituem o Brasil derivam de complexos fluxos de matéria e energia entre a flora, a fauna, o clima, os solos, as rochas, o relevo e os componentes humanos ao longo do tempo. O território brasileiro se destaca no cenário mundial pela megadiversidade, abrigando de 10 a 20% das espécies registradas no planeta Terra (Pilon *et al.*, 2017). Porém, a fragilidade de políticas ambientais no Brasil historicamente foi responsável pela perda da biodiversidade e decadência econômica de municípios e regiões (Haddad, 2015).

A exploração dos recursos naturais no país ocorreu de forma predatória e com finalidade econômica desde o período colonial. Historicamente, a degradação das florestas brasileiras foi principiada com a extração do pau-brasil, tal atividade esgotou rapidamente a maior parte das matas costeiras e ocasionou a espécie vegetal em questão quase à extinção. O processo de uso e ocupação do território brasileiro e o modelo de crescimento econômico adotado, pouco sustentável, foi corroborado no passado por intensos incentivos fiscais e financeiros oficiais (Câmara, 2013; Haddad, 2015).

Durante as décadas de 1970 e 1980, consoante à mudança de mentalidade global rumo ao desenvolvimento de sociedades sustentáveis, iniciou-se no país o processo de consolidação de uma gestão ambiental em escala nacional. Nessa conjuntura, a fim de que as decisões relacionadas ao uso sustentável dos recursos naturais sejam tomadas racional e eficazmente, torna-se imprescindível a valoração técnica desses recursos e dos serviços ecossistêmicos, balizada por um conjunto de normas e preceitos científicos que constituem a governança ambiental no país. Haddad (2015) reitera que o maior desafio nesse contexto é demonstrar que os valores econômicos que derivam do uso sustentável dos recursos naturais são superiores aos gerados pelos usos predatórios.

Considerando a importância da valoração e quantificação dos recursos naturais, a presente proposta tem como objetivo, além de apresentar métodos tradicionalmente utilizados nessa área do conhecimento, propor uma abordagem de quantificação para danos ambientais em resposta ao Edital da Consulta Pública para Debater Parâmetros de Quantificação de Danos Ambientais Decorrentes de Desmatamentos e de outras Atividades Poluidoras, do Conselho Nacional de Justiça (CNJ).

Convidada pelo Ministério Público de Minas Gerais (MPMG), a AECOM do Brasil (ou, somente AECOM) tem como objetivo se manifestar na presente consulta pública a fim de contribuir com o debate do tema no país.

# 2 Contexto

O Conselho Nacional de Justiça divulgou o Edital da Consulta Pública para Debater Parâmetros de Quantificação de Danos Ambientais Decorrentes de Desmatamentos e de outras Atividades Poluidoras. Ele tem como objetivo "manifestações de autoridades e outros membros da sociedade civil que possam contribuir com esclarecimentos técnicos e jurídicos, metodologias, indicadores e boas práticas para a fixação e quantificação dos danos ambientais" [1]. O Conselho busca manifestações especificamente sobre os seguintes pontos:

> 1. Possibilidade do uso de ferramentas de geoprocessamento e do Sirenejud em auxílio à quantificação de dano ambiental;
>
> 2. Levantamento de indicadores, métricas e parâmetros (nacionais ou internacionais) para quantificação do dano ambiental que altera a condição da vegetação existente ou impacta outros recursos naturais;
>
> 3. Uso potencial de métricas baseadas em emissões de gases de efeito estufa ou supressão de sumidouros por hectare afetado pela conduta lesiva, a exemplo da utilização de instrumentos do mercado de carbono e sua adequação à realidade brasileira;
>
> 4. Formas, metodologias e boas práticas na quantificação de danos ambientais, entre outros, os decorrentes de poluição do ar, do solo e dos corpos de água, ou decorrentes de mineração ou de danos à fauna;
>
> 5. Formas de quantificação do impacto do dano ambiental em relação aos povos indígenas e comunidades tradicionais;
>
> 6. Método de quantificação dos dados referentes à perda da biodiversidade por hectare e forma de mensuração do impacto do dano ambiental em outros serviços ecossistêmicos.[2]

De acordo com a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, todos têm direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, cabendo à coletividade e ao Poder Público o dever de preservá-lo. O Conselho Nacional do Ministério Público (CNMP – Conselho Nacional do Ministério Público, 2021), afirma que, "como guardião dos interesses difusos e coletivos, em especial do bem jurídico meio ambiente, o Ministério Público brasileiro atua, planeja e executa ações capazes, muitas vezes, de alterar a realidade de degradação e de alcançar uma proteção efetiva do patrimônio natural"[3].

O MPMG tem o CAOMA como um dos seus órgãos, que objetiva "apoiar as Promotorias de Justiça de Defesa do Meio Ambiente de Minas Gerais e potencializar a tutela do meio ambiente o Centro de Apoio Operacional do Meio Ambiente – CAOMA atua como unidade de orientação e integração das atividades.[4]"

---

[1] https://www.cnj.jus.br/wp-content/uploads/2022/09/edital-convocacao-quantificacao-danos-ambientais.pdf.Página 3.
[2] https://www.cnj.jus.br/wp-content/uploads/2022/09/edital-convocacao-quantificacao-danos-ambientais.pdf.Página 3.
[3] https://www.cnmp.mp.br/portal/images/Publicacoes/documentos/2021/A-ATUAO-DO-MINISTRIO-PBLICO-NA-DEFESA-DO-MEIO-AMBIENTE-Abordagem-Prtica-e-Resolutiva.pdf. Página 11
[4] https://www.mpmg.mp.br/portal/menu/areas-de-atuacao/cidades-e-meio-ambiente.shtml

Desde 2016, a AECOM vem atuando no Brasil como Auditora Técnica Independente do MPMG conjuntamente ao CAOMA, após o rompimento das barragens de Fundão (2015), em Mariana e B-I, B-IV e B-IV_A em Brumadinho (2019), Minas Gerais. Estes rompimentos mudaram a forma com que a gestão de rejeitos é vista pela sociedade. A sensação de insegurança e perda de confiança na capacidade das mineradoras em gerir seus rejeitos exigiu uma nova abordagem do poder público e dos órgãos reguladores. Neste contexto, o MPMG, por meio dos Termos de Ajustamento de Conduta (TACs) e de auditorias técnicas independentes, passou a atuar criando uma cultura de acompanhamento, revisão e debate técnico, promovendo uma gestão proativa de riscos.

Dado este relacionamento prévio, o Dr. Carlos Eduardo Ferreira Pinto, Promotor de Justiça e Coordenador do CAOMA, convidou a AECOM para participar junto ao MPMG da consulta promovida pelo CNJ. O convite foi feito considerando a atuação do escritório da empresa em Belo Horizonte, que tem como foco questões de segurança geotécnica e meio ambiente, ao fazer o acompanhamento da recuperação ambiental da bacia do Rio Paraopeba e a auditoria de barragens de rejeitos da mineração. A empresa é composta por equipe especializada na área ambiental e gestão de risco e de projetos que se reuniu para apresentar a presente proposta.  Especificamente, o documento elaborado pela AECOM versa sobre os pontos:

> 2. Levantamento de indicadores, métricas e parâmetros (nacionais ou internacionais) para quantificação do dano ambiental que altera a condição da vegetação existente ou impacta outros recursos naturais;
>
> 3. Uso potencial de métricas baseadas em emissões de gases de efeito estufa ou supressão de sumidouros por hectare afetado pela conduta lesiva, a exemplo da utilização de instrumentos do mercado de carbono e sua adequação à realidade brasileira;
>
> 6. Método de quantificação dos dados referentes à perda da biodiversidade por hectare e forma de mensuração do impacto do dano ambiental em outros serviços ecossistêmicos.

A seguir, consta uma apresentação sobre a AECOM e como sua participação nessa consulta pública é justificada.

## 2.1 A AECOM do Brasil

### AECOM - experiência mundial, soluções locais

A AECOM é considerada a principal empresa de engenharia consultiva dentro dos temas de meio ambiente e infraestrutura no mundo. Nossa equipe é composta por coordenadores, projetistas, engenheiros, cientistas, consultores e gerentes de projeto e construção movidos pelo propósito comum de entregar um mundo melhor. Em planos, projetos e programas que abrangem escopos de recuperação ambiental, licenciamentos, planejamento urbano, transporte, edificações, abastecimento e tratamento de água, energia e projetos governamentais, a AECOM tem um histórico de construir legados para as gerações futuras, sempre trabalhando em colaboração com seus clientes.

Na AECOM, promovemos um local de trabalho inclusivo e de diversidade, criando oportunidades de crescimento para as nossas equipes, alavancando o poder da tecnologia e o espírito empreendedor de nossos profissionais em desenvolver e fornecer soluções inovadoras, aplicando as melhores práticas

internacionais e seguindo as legislações locais. A atuação da AECOM prima pela nossa ética de trabalho, na integridade, e na atenção central à segurança, que é definida pela meta de perseguir e atingir zero acidentes de trabalho.

Em todo o mundo, abraçamos a sustentabilidade nos esforçando para causar um impacto positivo e duradouro na sociedade e no meio ambiente por meio de compromissos ambiciosos.

Em 2021, a AECOM foi eleita uma das empresas mais éticas do mundo. Este reconhecimento da *Ethisphere's 2021 World's Most Ethical Companies* (https://www.worldsmostethicalcompanies.com) homenageia a AECOM por seu compromisso com a integridade e por causar um impacto positivo em nossa sociedade. Este é o quinto ano que a AECOM é homenageada com esta designação pelo compromisso da empresa com a integridade e com um impacto positivo. *A Ethisphere* (https://ethisphere.com) é líder global na definição e avanço dos padrões de práticas comerciais éticas e, em 2021, a organização reconheceu 135 empresas em 22 países e 47 setores.

A AECOM foi classificada como a empresa Nº 1 pela revista *Fortune* (https://fortune.com/company/aecom/worlds-most-admired-companies/) como a empresa mais admirada do mundo em seu setor. Este é o sétimo ano consecutivo em que a Companhia é reconhecida nesta lista.

A AECOM foi classificada como a empresa Nº 1 pela *ENR 2020 Top 200 Environmental Firms* (https://www.enr.com/toplists/2020-Top-200-Environmental-Firms-Preview). Este é o sexto ano consecutivo em que a AECOM é reconhecida no primeiro lugar desta lista.

A *Engineering News Record* (www.enr.com) ainda elegeu a AECOM a empresa Nº 2 no *ranking* das *Top 100 Green Buildings Design Firms* pelo quinto ano consecutivo, e a empresa Nº 2 no *ranking* das *Top 500 Design Firms* pelo terceiro ano consecutivo.

A *Human Rights Campaign Organization*, concedeu em 2021, pontuação máxima para a AECOM no *Human Rights Campaign Foundation's 2021 Corporate Equality Index.* A AECOM foi designada como uma das empresas listadas no ranking de melhores lugares para se trabalhar no quesito de Igualdade LGBTQ nos Estados Unidos pelo quarto ano consecutivo.

Com relação ao tema de Governança Ambiental, Social e Corporativa (*Environmental, Social and Corporate Governance - ESG*), a AECOM está focada em melhorar de forma contínua a sua posição como uma empresa líder no mundo. Iniciativas internas como a definição de metas de base científica (*Science-Based Targets initiative - SBTi*) tem este objetivo. A AECOM foi a primeira empresa sediada nos Estados Unidos em seu setor a definir metas formais de ESG. Neste sentido, a AECOM tem, entre outras, metas de redução de emissões, e iniciativas internas como o *Thrive with AECOM* para avançar seu compromisso com a Igualdade, Diversidade e Inclusão (*Equity, Diversity and Inclusion - ED&I*).

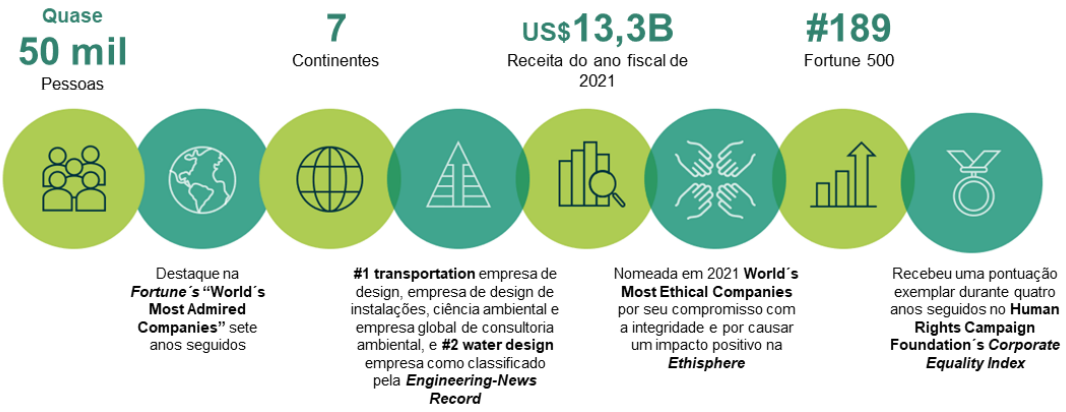
Outro importante avanço alcançado pela AECOM foi o aumento do número de mulheres em cargos de liderança em quase 100% em relação ao número de colaboradoras nestas posições em 2015.

Por meio de nossa plataforma de responsabilidade corporativa *Blueprint for a Better World*, nossos funcionários fazem a diferença em parceria com organizações sem fins lucrativos para ajudar a trazer soluções duradouras e escaláveis para comunidades carentes.

Embora nossa fundação oficial tenha ocorrido em 1990, muitas das empresas que se fundiram para formar a AECOM tiveram histórias notáveis que datam de mais de 120 anos. Desde então, mais de 50 empresas ingressaram na AECOM e, em 2007, nos tornamos uma empresa de capital aberto na Bolsa de Valores de Nova York. Hoje, listada na posição *#189* na *Fortune 500* como uma das maiores empresas da América, a AECOM é a principal empresa de infraestrutura do mundo com uma herança incomparável no fornecimento de soluções de remediação ambiental, design, planejamento, engenharia, consultoria e gerenciamento de construção.

No Brasil, a AECOM é uma das empresas líderes na prestação de serviços ambientais e de engenharia. A AECOM do Brasil é uma subsidiária integral da AECOM. Trabalhamos na prestação de serviços para clientes de diferentes indústrias.

Presente no país desde 1998, a AECOM do Brasil dispõe de mais de 240 profissionais técnicos altamente qualificados, trabalhando em diversas áreas relacionadas ao meio ambiente, ao planejamento urbano e à projetos de engenharia. Além de recursos locais, a AECOM do Brasil também aproveita os recursos da AECOM Global: são mais de 50.000 funcionários operando em mais de 150 países, sempre visando o bom desenvolvimento e a entrega de projetos em vários graus de complexidade. Desta forma, temos talento e experiência para entregar soluções eficientes em diversas áreas técnicas, aliada à nossa experiência global com a nossa presença local. No Brasil, a AECOM tem escritórios no Rio de Janeiro, em São Paulo e em Belo Horizonte.



**Fortune**

Nomeada uma das "Empresas Mais Admiradas do Mundo" da revista Fortune pelo sexto ano consecutivo

**Ethisphere world's most ethical companies**

Nomeada uma das empresas mais éticas do mundo em 2021 por seu compromisso com a integridade e causar um impacto positivo pelo Ethisphere

**ENR rankings**

Classificada em 1º lugar nas "200 principais empresas ambientais" da Engineering News-Record de 2020

**Human Rights Campaign Foundation**

100% de classificação no índice de igualdade corporativa da Campanha de Direitos Humanos "melhor lugar para trabalhar" considerando igualdade LGBTQ 2021

**RoSPA**

RoSPA President's Award (11 medalhas de ouro consecutivas) em 2020. Os vencedores alcançaram um nível muito alto de desempenho, demonstrando sistemas e cultura de gestão de saúde e segurança ocupacional bem desenvolvidos, excelente controle de risco e níveis muito baixos de erro, danos e perdas

**National Safety council**

Recebeu 155 Prêmios recorde exemplar por completar um período de pelo menos 12 meses consecutivos sem incorrer em lesão ou doença ocupacional que resultou em dias de afastamento do trabalho ou morte

**VIQTORY**

Dentre as 10 principais empresas, fornecedores, empregadores e seus cônjuges amigáveis aos militares e programa de diversidade 2020

## Nossas pessoas

Acreditamos que uma força de trabalho diversificada fortalece nosso pensamento.

De físicos a mecânicos de aeronaves, engenheiros geotécnicos a biólogos marinhos, abraçamos nossas semelhanças e alavancamos nossas diferenças para construir uma organização comunidade de **classe mundial.** e

Inspeção da ponte Glen Canyon
Condado de Coconino, Arizona, EUA

## Nossa cultura de segurança

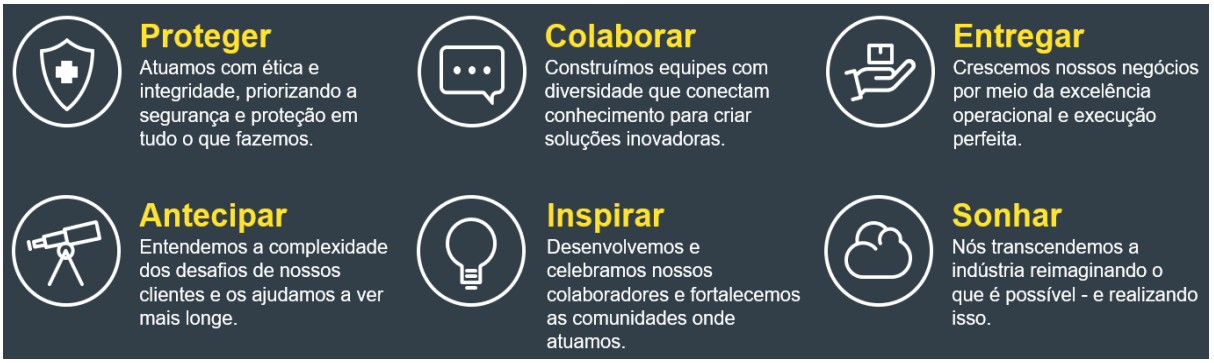
"Segurança para a Vida" define nosso compromisso em alcançar zero acidentes e/ou doenças relacionadas ao trabalho; prevenir danos à propriedade e ao meio ambiente; e manter um ambiente de trabalho sustentável e ambientalmente correto.

"Cultura de cuidado" define uma expectativa para que cada funcionário, contratado e parceiro de negócios assuma a responsabilidade pessoal de

manter nossos colegas e outras pessoas associadas ao nosso trabalho em segurança.

**Nossos valores**

Nossos valores definem quem somos, como agimos e o que aspiramos:




**Nosso projeto para um mundo melhor**

Nossa plataforma de Responsabilidade Corporativa – *Projeto para um Mundo Melhor* – reflete nosso propósito, valores centrais e prioridades estratégicas por meio de voluntariado baseado em habilidades, parcerias e filantropia. O programa Bolsa de Viagem é o coração de nossa plataforma, financiando viagens de serviço voluntário dirigidas por funcionários em parceria com organizações sem fins lucrativos para ajudar a trazer soluções duradouras e escaláveis para comunidades carentes.

**Nosso compromisso de sustentabilidade**

Abraçamos a sustentabilidade nos esforçando para causar um impacto duradouro e positivo na sociedade e no meio ambiente.

Desde a redução das emissões de gases de efeito estufa e o avanço de iniciativas de resiliência até o desenvolvimento de novas maneiras de conservar a água e promover energia renovável, soluções sustentáveis e inovação estão no centro do que fazemos.

**Nossos padrões éticos**

Uma cultura definida pela integridade é fundamental para o sucesso. Todos nós temos a responsabilidade pessoal de garantir que nós e aqueles com quem trabalhamos sempre forneçamos nossos serviços de maneira ética e em conformidade com a lei.

Embora os resultados de negócios sejam uma medida crítica de nosso sucesso, a forma como alcançamos esses resultados é igualmente importante.

**Experiência AECOM – Programa de auditoria e assessoria técnica independente**

A AECOM possui grande experiência internacional em prestação de serviços de estudos, projetos, consultoria, auditoria e peritagem técnicos e ambientais, englobando temas de segurança, saúde e meio ambiente, sendo a empresa número 1 no mundo de acordo *ranking* 2021 da ENR – *Engineering News-Record* para o setor de Barragens e Reservatórios.

No Brasil, desde a ruptura da barragem de Fundão em Mariana/MG, a AECOM passou a atuar como auditora técnica e ambiental independente em decorrência dos desastres causados pelos rompimentos das barragens de rejeito do Fundão e B-I, respectivamente, em Mariana e Brumadinho, no estado de Minas Gerais.

O escopo da auditoria técnica e ambiental independente prestada pela AECOM nos últimos seis anos, inclui entre outros, a resposta emergencial aos desastres, os planos de recuperação de áreas impactadas, a segurança geotécnica das estruturas remanescentes, a movimentação, a contenção e o manejo seguro dos rejeitos dispostos no meio ambiente, a segurança hídrica, a segurança dos alimentos, as análises de riscos e os plano de ações emergenciais para áreas rurais e urbanas sob o risco de novos desastres, os estudos de avaliação de risco à saúde humana e risco ecológico. Em todos estes casos a governança que regra a prestação dos serviços de auditoria técnica e ambiental independente é definida através de Termos de Ajustamento de Conduta (TACs), firmados entre os poluidores pagadores e o Ministério Público de Minas Gerias (MPMG), o Ministério Público do Espírito Santo (MPES), o Ministério Público Federal (MPF), o Estado de Minas Gerais (GEMG), o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) e a Agencia Nacional de Mineração (ANM).

A seguir são apresentados os Termos de Compromisso (TCs) e Termos de Ajustamento de Conduta (TACs) referentes aos serviços de auditoria técnica e ambiental independente prestados pela AECOM em decorrência dos desastres causados pela ruptura da barragem de Fundão em Mariana, na bacia do rio Doce, e pela ruptura da barragem B-I, B-IV e B-IV_A em Brumadinho, na bacia do rio Paraopeba. São apresentados também os dados de demais Termos de Compromisso e Termos de Ajustamento de Conduta que vêm sendo auditados pela equipe da AECOM em suporte ao MPMG e do contrato para a prestação de serviços de Assessoria Técnica Independente em suporte à ANM.

## Termos de Compromisso referentes à ruptura da barragem de Fundão em Mariana/MG, na bacia do rio Doce:

I. Termo de Compromisso firmado entre o MPMG, o ESTADO DE MINAS GERAIS e a empresa SAMARCO MINERAÇÃO S/A em 14 de março de 2016.

Procedimentos e Processos Vinculados: Auto 6132918-29.2015.8.13.0024.

II. Termo de Compromisso firmado entre o MPMG, a empresa SAMARCO MINERAÇÃO S/A., tendo como interveniente a AECOM DO BRASIL LTDA., em 13 de junho de 2017.

Procedimentos e Processos Vinculados: 6132918.29.2015.8.13.0024.

III. Termo de Compromisso firmado entre o MPMG, a empresa SAMARCO MINERAÇÃO S/A., tendo como interveniente a AECOM DO BRASIL LTDA., em 30 de outubro de 2017.

Procedimentos e Processos Vinculados: Inquérito Civil MPMG 0521.15.000648-9; Ação Civil Pública 6132918.29.2015.8.13.0024; Agravo de Instrumento 10001509871961000; Ação Civil Pública 69758-61.2015.4.01.3400.

IV. Termo de Compromisso firmado entre o MPMG e a empresa SAMARCO MINERAÇÃO S/A., tendo como interveniente a AECOM DO BRASIL LTDA., em 28 de setembro de 2018.

Procedimentos e Processos Vinculados: Inquérito Civil MPMG 0461.17.000029-7/PAAF 0024.17.002096-0; Inquérito Civil MPMG 0024.16.010647-2/PAAF 0024.16.017489-2.

V. Termo de Compromisso firmado entre o MPMG e a empresa SAMARCO MINERAÇÃO S/A., tendo como interveniente a AECOM DO BRASIL LTDA., em 09 de setembro de 2019.

Procedimentos e Processos Vinculados: Inquérito Civil MPMG 0461.17.000029-7/PAAF 0024.17.002096-0; Ação Civil Pública 0011757-76.2017.4.01.3800; Ação Civil Pública 6132918.29.2015.8.13.0024.

Termos de Compromisso referentes as rupturas das barragens de B-I, B-IV e B-IV-A em Brumadinho/MG, na bacia do rio Paraopeba:

VI. Termo de Compromisso firmado entre o MPMG e a empresa VALE S/A., tendo como interveniente a AECOM DO BRASIL LTDA., em 15 de fevereiro de 2019.

Procedimentos e Processos Vinculados: Inquérito Civil MPMG 0090.16.000311-8.

VII. Termo de Compromisso firmado entre o MPMG e a empresa VALE S/A., tendo como intervenientes a AECOM DO BRASIL LTDA., o ESTADO DE MINAS GERAIS, a COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS (COPASA MG) e o MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL (MPF), em 08 de julho de 2019.

Procedimentos e Processos Vinculados: Inquérito Civil MPMG Processo 5010709-36.2019.8.13.0024; Processo 5026408-67.2019.8.13.0024; Processo 5044954-73.2019.8.13.0024.

VIII. Termo de Compromisso firmado entre o MPMG e a empresa VALE S/A., tendo como intervenientes a AECOM DO BRASIL LTDA., o ESTADO DE MINAS GERAIS, o INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM) e o MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL (MPF), em 13 de novembro de 2019.

Procedimentos e Processos Vinculados: Inquérito Civil MPMG Processo 5010709-36.2019.8.13.0024; Processo 5026408-67.2019.8.13.0024; Processo 5044954-73.2019.8.13.0024.

IX. Termo de Compromisso firmado entre o MPMG e a empresa VALE S/A., tendo como intervenientes a AECOM DO BRASIL LTDA., o ESTADO DE MINAS GERAIS, a COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS (COPASA MG) e o MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL (MPF), em 07 de fevereiro de 2020.

Procedimentos e Processos Vinculados: Inquérito Civil MPMG Processo 5010709-36.2019.8.13.0024; Processo 5026408-67.2019.8.13.0024; Processo 5044954-73.2019.8.13.0024.

Termos de Compromisso referentes à auditoria de barragens, diques e pilhas nas minas da VALE em Itabira/MG (Cauê, Conceição e Minas do Meio) e do sistema de abastecimento e qualidade da água neste município:

X. Termo de Compromisso firmado entre o MPMG e a empresa VALE S/A, tendo como interveniente a AECOM DO BRASIL LTDA, em 16 de abril de 2019.

Procedimentos e Processos Vinculados: Ação Civil Pública 5000406-54.2019.8.13.0317 e Ação Civil Pública 5000402-17.2019.8.13.0317, 1ª Vara Cível da Comarca de Itabira/MG.

XI. Termo de Compromisso firmado entre o MPMG e a empresa VALE S/A, tendo como interveniente a AECOM DO BRASIL LTDA, em 03 de junho de 2019.

Procedimentos e Processos Vinculados: Ação Civil Pública 5000448-58.2019.8.13.0317 e Ação Civil Pública 5000549-43.2019.8.13.0317, 1ª Vara Cível da Comarca de Itabira/MG.

XII. Termo de Compromisso firmado entre o MPMG e a empresa VALE S/A, tendo como intervenientes a AECOM DO BRASIL LTDA e o ESTADO DE MINAS GERAIS, em 25 de maio de 2020.

Procedimentos e Processos Vinculados: Inquérito Criminal MPMG 0317.19.001379-5 e NF MPMG 0317.20.000117-8.

XIII. Termo de Compromisso firmado entre o MPMG e a empresa VALE S/A, tendo como intervenientes a AECOM DO BRASIL LTDA., o MUNICÍPIO DE ITABIRA e do SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO-SAAE DE ITABIRA, em 24 de agosto de 2020.

Procedimentos e Processos Vinculados: Inquérito Criminal MPMG 0317.19.001379-5.

Termo de Compromisso referentes à auditoria dos estudos de ruptura hipotética estruturas de propriedade da VALE no Estado de Minas Gerais – TC *Dam Break*:

XIV. Termo de Compromisso firmado entre o MPMG e a empresa VALE S/A, tendo como intervenientes a AECOM DO BRASIL LTDA. e a Advocacia Geral do Estado de Minas Gerais, em 23 de setembro de 2019.

Termo de Compromisso versando sobre as medidas de proteção dos animais domésticos e silvestres que se encontrem nas manchas de inundação da VALE em Minas Gerias – TC Fauna:

XV. Termo de Compromisso firmado entre o MPMG e a empresa VALE S/A, tendo como interveniente a AECOM DO BRASIL LTDA., em 23 de setembro de 2019.

Termo de Ajustamento de Conduta referente à Auditoria Técnica Ambiental Independente na Mina do Gama em Nova Lima/MG, de propriedade da CEDRO EXTRATIVA Mineração – TAC Cedro:

XVI. Termo de Ajustamento de Conduta firmado entre a Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), a 1ª Promotoria de Justiça da Comarca de Nova Lima/MG e a EXTRATIVA MINERAL em 30/12/2020. A AECOM foi selecionada como auditoria ambiental em cumprimento ao 27º condicionante do TAC.

Termo de Compromisso referente à auditoria do empreendimento Bloco 8, da Sul Americana de Metais S/A – TC SAM:

XVII. Termo de Compromisso celebrado entre o Ministério Público de Minas Gerais e a Sul Americana de Metais S/A para auditoria do empreendimento Bloco 8, objeto de licenciamento ambiental prévio, e de seus impactos, inclusive os impactos cumulativos e sinérgicos com foco em aspectos socioambientais, socioeconômicos e de segurança de barragens, tendo sido a AECOM do Brasil Ltda selecionada para a realização da auditoria.

Termo de Compromisso referente à auditoria do empreendimento Mina Pau Branco, da Vallourec Tubos do Brasil Ltda:

XVII. Termo de Compromisso celebrado entre o Ministério Público de Minas Gerais e a Vallourec Tubos do Brasil Ltda para auditoria da segurança e estabilidade das estruturas remanescentes da Mina Pau Branco, em Nova Lima/MG, bem como de todas as demais estruturas que venham a ser construídas com o objetivo de promover a contenção dos materiais que vazaram com o rompimento da Pilha

Cachoeirinha, bem como para aferir a efetividade das medidas que estão sendo adotadas pela empresa para a recuperação socioambiental de todas as áreas impactadas.

### Assessoria Técnica Independente suportando a ANM – Agência Nacional de Mineração:

XVIII. Contrato de assessoria técnica independente, especializada nas áreas de hidrologia, hidráulica, geotecnia e segurança de barragens, com transferência de conhecimentos e tecnologias, objetivando fornecer informações sobre as reais condições de determinadas estruturas de contenção de rejeitos de mineração existentes no país, a fim de subsidiar ações e decisões de competência da Agência Nacional de Mineração (ANM), em relação a 244 barragens distribuídas em diversos complexos minerários localizadas nos Estados de MG, PA, SC, SP, AM, AP, BA, GO, MS, MT, PA, RJ, RO, RS, SC, SP e TO. Contrato assinado em 31 de dezembro de 2019. Processo 48051.004772/2019-60.

O arcabouço teórico e metodológico que subsidiaram tecnicamente a formulação da proposta da AECOM é apresentado nas próximas seções.

# 3 Estado da Arte

Evitar o dano ambiental é uma obrigatoriedade constitucional, conforme Sarlet e Fensterseifer (2017) *apud* (CNMP – Conselho Nacional do Ministério Público, 2021), posto que, perante a inevitável ocorrência do dano, a aplicação de meios de restauração, reparação, compensação e/ou indenização devem ser correlacionados a fatores como o nexo da casualidade e disponibilidade de métodos para tal finalidade.

A Lei Federal n° 6.938/1981 que institui a Política Nacional de Meio Ambiente apresenta que as atividades devem ser desenvolvidas com os princípios da prevenção e precaução, sendo o desenvolvimento social e econômico sempre coerente à preservação do meio ambiente. Diante do cenário de danos ambientais, o Princípio Poluidor-Pagador para fins de aplicação, determina no art. 4°, inciso VII, a imposição, ao poluidor e ao pagador, da obrigatoriedade de restaurar, recuperar compensar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, de contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos.

Impacto ambiental, conforme o art. 1° da Resolução CONAMA n°01/1986, é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente derivadas das atividades humanas e que afetem de forma direta ou indireta a saúde, a segurança e o bem-estar das populações; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais. O art. 6°, inciso II, dessa resolução indica que os impactos podem ser positivos ou negativos; diretos e indiretos; imediatos ou a médio e longo prazos; temporários e permanentes; com diferentes graus de reversibilidade; com propriedades cumulativas e sinérgicas; e com ônus ou benefícios sociais.

Farenzena (2022) adverte que a abordagem e estudo de um impacto pressupõe uma qualificação positiva ou negativa. O autor destaca que impacto, positivo ou negativo, não é sinônimo de dano ambiental. Conforme Leite (2000) *apud* (CNMP – Conselho Nacional do Ministério Público, 2021), dano ambiental consiste em toda degradação do meio ambiente, incluindo dos aspectos naturais, culturais e artificiais que permitem e condicionam a vida. A definição de um dano ambiental constitui a configuração resultante de impactos positivos e negativos. A análise dos danos ambientais deve ser realizada por equipe multidisciplinar e capaz de atrelar conceitos de degradação e poluição. A resultante de todos os impactos em uma determinada área ou região, quando negativa, pode configurar um dano.

Conceitualmente, recuperação e restauração são termos distintos, sendo a recuperação utilizada em casos de restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada. Em contrapartida, a restauração é considerada quando há a restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre o mais próximo possível da população original e da funcionalidade (Brasil, 1988; Reis *et al.*, 2006; Rodrigues *et al.*, 2009; Nery *et al.*, 2013). Quando a restauração é considerada inviável, é indispensável alternativas em termos de compensação ecológica com funcionalidade equivalente ou indenização, sendo desafiador atribuir valores aos ecossistemas com todas as suas particularidades ecológicas. As peculiaridades dos diferentes danos ambientais condicionam a escolha do método de reparação mais adequado, quando possível de ser aplicado; caso contrário, deve-se determinar uma área de equivalência para compensação ecológica e/ou de indenização.

Os métodos de valoração econômica desenvolvidos no âmbito da Economia Ambiental estão baseados na teoria do bem-estar econômico da Economia Neoclássica, de abordagem utilitarista e visão

antropocêntrica. Segundo essa metodologia, o Valor Econômico Total (ou Valor Econômico do Recurso Ambiental) de um bem ou serviço ambiental deve incorporar um valor de uso e um valor de existência desse bem (Pinho, 2010).

De forma geral, Pereira Jr. (2014) apresenta três correntes metodológicas para interpretar a valoração dos recursos naturais e ambientais. Os aspectos positivos e negativos constam na Tabela 1.

| | Correntes metodológicas | | |
|---|---|---|---|
| **Atributos** | **Valoração com base na identificação das preferências individuais** | **Valores obtidos por meio da expressão das preferências públicas** | **Valores obtidos por meio dos processos biofísicos** |
| Positivos | Deriva do entendimento entre economistas e ecólogos, contemplando, basicamente, valores referentes aos ecossistemas e seu papel como provedor de bens e serviços através de três conceitos:<br><br>Valor I: abrange todos os bens e serviços ambientais transacionados diretamente pelo mercado, sendo o valor, o preço de mercado do referido bem;<br><br>Valor II: bens e serviços ambientais que, por não serem transacionados no mercado, não apresentam um preço explícito, porém, os seus valores são determinados através de um mecanismo político de negociação e acordo;<br><br>Valor III: componentes excluídos do mecanismo institucional de determinação de valor, seja o mercado ou o processo político. | As regras e as normas são elaboradas de forma coletiva, assim como a valoração do recurso se dá com base em referendos coletivos e audiências públicas. | Pressupõe que todo o ecossistema seja avaliável direta ou indiretamente |
| Negativos | Dificuldade conceitual em distinguir os Valores II e III. | Dificuldade para induzir os indivíduos a revelarem suas verdadeiras disposições no sentido de pagarem pela conservação do recurso ambiental, dada a responsabilidade deles frente a possibilidade de aproveitamento coletivo advindo da conservação ambiental. | Superestimação de algum serviço do ecossistema que ainda não tenha valor reconhecido pelos seres humanos. |

**Tabela 1 – Correntes metodológicas para valoração de danos ambientais**
**Adaptado de Pereira Jr. (2014)**

Métodos específicos relativos à valoração de danos ambientais são categorizados em diretos e indiretos. Conforme (Silva, 2013; CNMP – Conselho Nacional do Ministério Público, 2021), os métodos indiretos procuram obter o valor do recurso através de uma função de produção relacionando o impacto das alterações ambientais a produtos com preços de mercado. Esses autores destacam que os métodos diretos objetivam alcançar o valor do recurso diretamente sobre as preferências das pessoas, utilizando-se de mercados hipotéticos ou de bens complementares para obter a Disposição a Pagar (DAP) dos indivíduos. Uma síntese dos métodos utilizados tradicionalmente nessa área do conhecimento é apresentada na Tabela 2, considerando a sua aplicação, os aspectos negativos e positivos e os respectivos autores.

| Método | | Aplicação | Atributos Positivos | Atributos Negativos | Referência |
|---|---|---|---|---|---|
| Indireto | Custos de Reposição | Baseado na reparação de algum dano ao recurso ambiental, o custo de reposição pode ser entendido como uma medida do seu benefício, frequentemente utilizado como uma medida do dano causado. | Diretamente aplicado aos Valores de Uso. | A validade do resultado encontrado depende da inclusão de todos os custos considerados relevantes. A falta de algum fator importante pode comprometer o resultado de todo o estudo. Os Valores de Existência não são contemplados. | Rodrigues, 2005 |
| Indireto | Custos de Relocalização | Considera que os benefícios em se preservar a qualidade ambiental podem ser comparáveis ao custo de realocação física do empreendimento responsável pela alteração ambiental. | Aplica-se ao Valor de Uso Direto e Valor de Uso Indireto. | Não considera o Valor de Opção e o Valor de Existência. | Lohani *et al.*, 1997 |
| Indireto | Custos Defensivos ou de Proteção Evitados | Estima o valor de um recurso ambiental por meio dos gastos evitados ou a serem evitados com atividades defensivas, substitutas ou complementares que podem ser consideradas como uma aproximação monetária das variações de bem-estar do recurso ambiental. | Aplica-se ao Valor de Uso Direto e Valor de Uso Indireto. | Não considera o Valor de Opção e o Valor de Existência. | Motta, 1997 |
| Indireto | Custos Evitados | Custo incorrido para se evitar um dano ambiental é adotado como forma de estimar o valor desse dano. Ou seja, não se trata de uma valoração direta do dano ambiental em si mesmo, mas do quanto devesse gastar para que, dado um distúrbio ambiental, que o recurso ambiental se mantenha inalterado, tanto em qualidade, quanto em quantidade. | Um dos métodos mais utilizados pelos economistas ambientais. | Necessita da realização de avaliações ecossistêmicas que formem uma base para a valoração dos reais impactos da poluição do ar. | Young, 2011 |
| Indireto | Custo de Oportunidade da Conservação | Mensura as perdas de renda nas restrições da produção e consumo de bens e serviços privados devido às ações para conservar ou preservar os recursos ambientais. | Busca estimar o uso alternativo do recurso natural, permitindo a valoração a partir o uso da área para outra finalidade, econômica, social ou ambiental. | Não valora diretamente o recurso ambiental, mas sim, o custo de oportunidade de mantê-lo. | Motta, 1997 |
| Direto / Indireto | VERA | Foco na recuperação do dano. | A dimensão temporal (uso no presente e uso no futuro) é incorporada na fórmula. Contempla incertezas que podem ser descobertos pelo avanço do conhecimento científico em relação a bens e serviços ecossistêmicos. O valor de não-uso (ou valor passivo) representa o valor | Um tipo de uso pode excluir outro tipo de uso do recurso ambiental. Portanto, deve-se tomar o devido cuidado de não somar valores mais de uma vez. | Ribeiro, 2009; CNMP – Conselho Nacional do Ministério Público, 2021 |

| Método | | Aplicação | Atributos Positivos | Atributos Negativos | Referência |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | de existência, ou de legado. | | |
| Direto | Produtividade Marginal | Avalia efeitos que as atividades econômicas podem gerar no meio ambiente afetando a produtividade de diversas formas, em recursos ambientais que estejam representados no mercado. | Atribui um valor ao uso da biodiversidade relacionando a quantidade ou qualidade de um recurso ambiental diretamente a outro produto com preço definido no mercado. | Quando as variações de qualidade ambiental induzem variações não marginais de preço, as estimativas podem ser bastante complexas e imprecisas. | Belli *et al.*, 1998; Silva, 2013 |
| Direto | Mercado de Bens Substitutos | Utilizam preços de mercado, e na hipótese de variações marginais de quantidade de Z devido a variação de E, podem ser adotados com base nos mercados de bens substitutos para Z e E. Estes métodos são importantes para os casos em que a variação de Z, embora afetada por E, não oferece preços observáveis de mercado ou são de difícil mensuração | A sustentabilidade do uso do recurso e a qualidade ambiental são tratadas como fatores de produção. | A análise pela perspectiva de uma determinada atividade pode desconsiderar outra igualmente (ou mais) relevante. | Motta, 1997 |
| Direto | Custo de Viagem | Objetiva avaliar a demanda por áreas naturais ou não, a partir da observação direta do comportamento dos usuários do local analisado. | Baseia-se em situações reais;<br>Apura o comportamento do consumidor para mensurar bens ambientais que não possuem mercado explícito. | O custo de meios de transporte, podem variar de uma situação para outra;<br>Dificuldade na seleção da amostra dos entrevistados para obter os dados. | Lipton *et al.*, 1995; Douglas & Taylor, 1998; Mota, 2006 |
| Direto | Preços Hedônicos | Tratam o valor de um determinado bem, do mercado imobiliário, como sendo derivado de um conjunto de características, entre as quais o meio ambiente é uma delas, que afetam a utilidade deste bem e, consequentemente, seu preço. | Permite mensurar o preço implícito do atributo ambiental no preço de mercado quando outros atributos são isolados. | Bens ambientais que não possuam preços de mercado podem sempre afetar preços de bens de mercados conhecidos;<br>Preços de propriedade podem ser subestimados por razões fiscais. | Pearce *et al.*, 1990; Dixon *et al.*, 1994; Hardarson & Hardarson, 2001; Alp *et al.*, 2002 |
| Direto | Valoração Contingente | Baseado na percepção ambiental dos indivíduos, de modo a captar a disposição a pagar (DAP) pela conservação a disposição a receber (DAR) para permitir a degradação. | Atualmente é o único capaz de obter estimativas de quais seriam os valores de existência dos atributos ambientais;<br>Mais versátil e o único capaz de avaliar o valor de não uso e o valor de opção. | Dúvidas quanto a real eficácia;<br>Avalia o que as pessoas estão dispostas a pagar por um benefício ambiental ou o que estão dispostas a aceitar para tolerar um custo ambiental. | Freitas *et al.*, 2010 |
| Outra abordagem | Método Dose-Resposta (MDR) | Estima valores econômicos para produtos ou serviços ecossistêmicos que contribuam para a produção de bens comercializados em mercados. O MDR associa diferentes níveis de degradação com diferentes níveis de produção. Por exemplo, para cada “dose” de poluição, existirá uma “resposta” em termos de redução na quantidade | O MDR não somente atrela os níveis de produção aos níveis perdidos de poluição, mas também permite que os custos necessários para repor uma determinada área possa ser medidos em mercados explícitos. | A aplicação do MDR exige a existência de informações sobre a relação física/biológica entre a degradação ambiental e o nível de produção obtida a partir do componente do meio ambiente.<br>Pearce afirma que o método é teoricamente correto, mas pode haver erros dos | CNMP – Conselho Nacional do Ministério Público, 2021 |

| Método | Aplicação | Atributos Positivos | Atributos Negativos | Referência |
|---|---|---|---|---|
| | produzida de uma determinada cultura e, consequentemente, no seu valor de produção. | O MDR, ao utilizar os preços de mercado ou o ajuste pelo preço-sombra, não se baseia na estimativa de curva de demanda para se chegar às medidas de bem-estar, mas relaciona as doses-resposta devido à degradação ambiental observada. | relacionamentos da dose-resposta (Pearce, 1993). Ou ainda, incertezas da aplicação dos modelos econômicos segundo considerações de Hanley & Spash (1993) | |

**Tabela 2 – Síntese dos métodos de valoração ambiental**
**Adaptado de Silva (2013); Alves (2016); CNMP – Conselho Nacional do Ministério Público (2021)**

Dentre as diversas metodologias, o chamado Valor dos Recursos Ambientais (VERA) tem se destacado por se propor a considerar, além dos valores de uso direto (VUD) e indireto (VUI), o valor de opção (VO) e o valor de existência (VE), a partir da seguinte fórmula:

$$VERA = (VUD + VUI + VO) + VE$$

Os valores de opção e de existência estão associados à conservação presente e futura de recursos naturais independentemente de sua utilidade conhecida, possibilitando que a valoração econômica dos recursos ambientais apresente um componente cultural, moral, ético e altruísta em relação ao direito de existência da biodiversidade (Motta, 2005).

Pela representação coletiva dos direitos transindividuais, o CNMP apresenta a publicação de 2021 *Diretrizes para Valoração de Danos Ambientais*, explorando a aplicabilidade da valoração de danos ambientais frente aos desafios de atuação do Ministério Público Federal. Na obra, são retratados casos aplicados em todo país que dizem respeito à atribuição monetária de danos para a flora, fauna e ao patrimônio cultural, decorrentes a diversas atividades como mineração e loteamento irregular. Os termos Dano Moral Coletivo (DMC), Dano Interino (DI) e Dano Residual (DR) são citados no trabalho e relacionados a dimensão material do dano, no qual a perda da qualidade ambiental pode ser associada para compor métricas da valoração.

Conforme apresentado na Figura 1, os danos socioambientais podem ser classificados em:

- Dano Moral Coletivo: relacionado ao princípio da integralidade do meio ambiente e o direito constituição de usufrutos pelo coletivo, como patrimônio histórico-cultural, à paisagem e o impedimento após os danos ambientais que comunidades tradicionais, no território ocupado, exerceram atividades que culturalmente estão habituadas.

- Danos Interinos: os que permanecem no ambiente em uma escala temporal intermediária, podendo ser classificados como de curto ou médio prazo, até o pleno restabelecimento das condições ambientais de forma semelhante às originais. As condições hídricas e do solo são aspectos comumente impactados devido ao desflorestamento. Após a aplicação de métodos de recuperação adequados, a qualidade ambiental, a depender da magnitude, é restabelecida.

- Danos Residuais: os que perduram no ambiente por uma longa escala temporal. A qualidade ambiental é comprometida e, a depender da magnitude do dano, dificilmente as condições anteriores são totalmente restabelecidas. A contaminação por metais pesados e danos à saúde

coletiva relacionadas ao desequilíbrio ecológico são casos complexos, que muitas vezes persistem por anos.

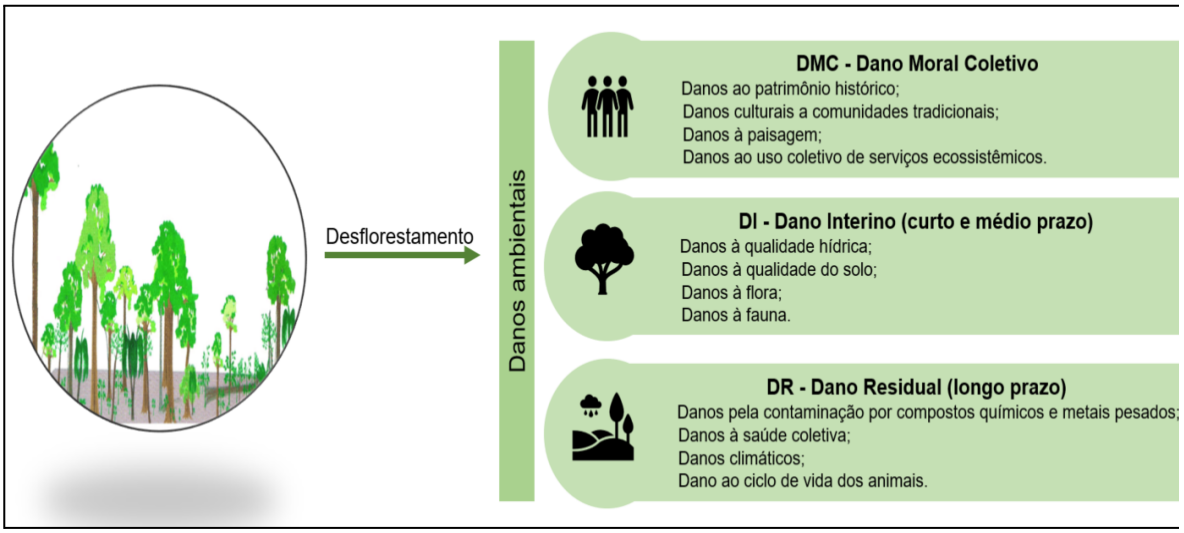



**Figura 1 – Danos ambientais relacionados ao desflorestamento.**

A Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA), estabelecida na Lei nº 14.119/2021, relaciona os serviços ecossistêmicos aos benefícios relevantes para a sociedade em termos de manutenção, produtividade e melhorias das condições ambientais. Ainda na normativa, é estabelecido o Programa Federal de Pagamentos por Serviços Ambientais (PFPSA) que atribui tal importância em monetizar aos pagadores as atividades individuais ou coletivas que favoreçam a manutenção, a recuperação ou melhoria nos serviços ecossistêmicos.

Outra importante referência legal, a Portaria MMA/IBAMA n° 118/2022, instituiu um Procedimento Operacional Padrão (POP) para estimativa dos custos de implantação e manutenção de projeto de recuperação ambiental nos biomas brasileiros, a fim de compor um valor mínimo da reparação por danos ambientais à vegetação nativa. Dessa forma, o Custo de Reposição (CR) é apresentado como um método usual e reconhecido pela legislação para gastos efetuados para se estabelecer o custo necessário para implementação da recuperação vegetacional através de técnicas estimadas em referências bibliográficas. Nessa Portaria, são citadas também três técnicas para atribuição monetária dos custos após o dano de supressão de vegetação: i) a restauração passiva com a regeneração natural sem intervenção humana, ii) a restauração assistida com a condução da regeneração natural mediante controle de plantas competidoras e métodos associados a fonte biológicas (insetos) e adubação, sem a necessidade de plantio ou semeadura, e iii) a restauração ativa baseada na introdução de indivíduos de espécies regionais por meio de plantio ou semeadura.

Dessa forma, a partir do cálculo dos custos mínimos de reposição para cada bioma, a Portaria supracitada estima o valor médio final por hectare, considerando a particularidade ecológica de cada um deles. Este cálculo pode ser apresentado como Custo de Reposição, através da seguinte fórmula:

$$CR = A * Cu * Puxa$$

As siglas utilizadas para a fórmula significam:

- A = Área total a ser revegetada ou quantidade semeada;
- $C_u$ = Custo unitário por espécime plantado;

- $P_{UxA}$ = proporção de espécies plantadas (ou semeadas) por hectare.

Segundo Vieira (2013), o Custo de Reposição vem sendo muito utilizado para valoração de dano ambiental no Brasil em função da sua praticidade e relativa simplicidade de aplicação, pois consiste basicamente em "orçar os custos para recompor uma determinada área degradada por atividades antrópicas". A utilização deste método, que determina custos pré-estabelecidos para reposição de vegetação por unidade de área e por bioma, é habitual em situações de desmatamento. Porém, em contraponto à sua simplicidade, o CR não considera em sua mensuração as perdas de serviços ambientais provocados no ecossistema e seus reflexos nas comunidades atingidas.

O Princípio da Reparação Integral (*in integrum*; Artigo 129, inciso I e III da Constituição Federal) institui ao infrator, além da reparação material do bem afetado, a exigência de indenizar a parcela irreparável da degradação ambiental. Quando se tem conhecimento sobre o funcionamento ecológico do ecossistema antes do dano (cenário *quo ante*), é possível mensurar com maior confiabilidade e, ainda de forma comparativa, ter informações sobre o quão restabelecido em termos de qualidade ambiental o cenário é retratado após o dano. Além disso, é possível verificar quando o dano ambiental persiste no ambiente em uma escala temporal e os efeitos percebidos incessantemente após os impactos. A privação de usufruir dos bens ambientais pela coletividade e a redução da qualidade ambiental são agravantes quanto à valoração do dano ambiental.

A Nota Técnica emitida em abril de 2021 pelo CAOMA, no âmbito da temática de *Valoração de Danos Ambientais em Procedimentos Ministeriais*, é categórica em relação a maneira mais segura de manter o ambiente ecologicamente equilibrado, sendo assinalado a gestão de riscos e a não realização de lesão ou dano ambiental. Entretanto, em relação à recorrência dos danos ambientais associados às atividades antrópicas atuais, mediante ao inevitável em quaisquer cenários, é imprescindível que as informações pretéritas e pós-dano estejam disponíveis para escolha e aplicação de um método condizente de reparação, restauração, compensação e/ou indenização. É reconhecido o esforço de diversas vertentes em busca de critérios para valoração do dano, incluindo a atuação e produção técnico-científica dos profissionais capacitados para tal verificação da magnitude dos cenários após os danos e da dimensão dos bens lesados.

O Edital de Convocação para Quantificação de Danos Ambiental objetiva discutir a temática voltada ao desmatamento e outras atividades poluidoras. Dentre os critérios e parâmetros norteadores da valoração, *a priori*, a metodologia proposta deve incorporar todos os impactos que ocasionem o dano ambiental resultante, de forma a dar cumprimento ao princípio da reparação integral. Dentre os impactos negativos atrelados ao desmatamento que podem ser incluídos nos cálculos de valoração, podemos citar os diretos, como a erosão ao solo, a perda de indivíduos da flora e impacto nos recursos utilizados em atividades extrativistas por povos indígenas e comunidades tradicionais. Como impactos indiretos, citam-se mudanças do microclima e alterações nos serviços ecossistêmicos que podem gerar epidemias e escassez hídrica.

Comparativamente aos métodos citados (Tabela 2), a aplicabilidade do método proposto adiante para valoração de danos associados ao desmatamento propõe uma interdependência decorrente da junção de exemplos na literatura que abarcam os indicadores fatoriais, os quais devem ser incorporados ao valor do dano ambiental em determinada área florestal, somados aos valores intangíveis reconhecidos.

# 4 Levantamento de multas aplicadas para desmatamento

Para desenvolver um parâmetro para a quantificação dos danos ambientais, foi necessário, primeiramente, compreender quem eram os principais infratores envolvidos em danos ambientais e quais eram os valores aplicados nas multas. Para isso, foram realizadas pesquisas em portais diversos para um levantamento das informações públicas disponíveis.

## 4.1 Critérios para identificação das empresas multadas pelo IBAMA

A partir dessas buscas, foi utilizado o Banco de Dados "Autos de Infração", disponibilizado no site[5] do IBAMA, no qual adotamos as seguintes premissas para elencar quais informações que seriam analisadas:

1) Multas cuja categorias se referem a desmatamento e queimadas;
2) Campo preenchido com valor da multa;
3) Campo preenchido com valor da área desmatada;
4) Campo preenchido com o nome do local (município) da multa;
5) Empresa necessariamente do tipo Sociedade Anônima de Capital Aberto na Bolsa de Valores brasileira – B3.

Foram executados filtros na base de dados levando em conta as premissas acima e, no caso das empresas, a busca foi realizada por "S/A" e similares no campo do "nome do infrator". Dessa forma, o banco que originalmente possuía 632.592 registros ficou restrito a 331, que continham as premissas adotadas. Depois, foram preenchidos na Planilha de Cálculo do Dano Ambiental, a partir do banco de dados filtrado, os campos de "data da multa", "valor da multa", "área desmatada" e "município da área desmatada".

O passo seguinte foi verificar quais dessas empresas estão listadas no *Ranking* do Valor Econômico, das 1.000 maiores empresas do Brasil[6]. Com este filtro, foi gerado um novo banco de dados com 9 registros, totalizando seis empresas. A partir dessa etapa, foi possível acessar dados financeiros como o "EBITDA[7]" e a "Receita Anual" dos anos 2020 e 2021, de forma a identificar a capacidade financeira de cada uma.

Ao se estabelecer as seis empresas que seriam analisadas, retornou-se ao Banco de Dados "Autos de Infração" do IBAMA para buscar as coordenadas das multas aplicadas às empresas e identificar em quais biomas se encontravam os crimes ambientais. As informações compiladas foram:

1. Biosev S.A. – Mata Atlântica
2. Cerradinho Bioenergia S.A. – Cerrado

[5] Fonte: https://dadosabertos.ibama.gov.br/dataset/fiscalizacao-auto-de-infracao

[6] Fonte: Ranking do Valor Econômico, das 1000 maiores empresas do Brasil. https://especial.valor.com.br/valor1000/2021/ranking1000maiores

[7] Por EBITDA entende-se os "Lucros antes de juros, impostos, depreciação e amortização" ou LAJIDA, em português. Entretanto, a sigla em inglês é amplamente usada no mercado financeiro, que significa: *earnings before interest, taxes, depreciation and amortization*.

3. SLC Agrícola S.A. – Cerrado
4. Tereos Açúcar e Energia Brasil S.A. – Cerrado
5. Vale S.A. – Amazônia
6. Veracel Celulose S.A. – Mata Atlântica

Um parâmetro ajustado foi o valor da multa, considerando que as informações recuperadas das empresas analisadas datam de 2006 a 2015. Assim, optou-se pela correção pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo Especial (IPCA-E), "criado em dezembro de 1991 e, a partir de janeiro de 1995, passou a ser divulgado trimestralmente. Desse modo, o IPCA-E é o acumulado trimestral do IPCA-15"[8].

[8]https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9262-indice-nacional-de-precos-ao-consumidor-amplo-especial.html?=&t=o-que-e.

# 5 Valor do Dano Ambiental

A valoração ambiental é uma ferramenta importante para a construção de políticas públicas voltadas ao pagamento por serviços ambientais. Porém, valorar os recursos ou serviços ambientais lesados em suas múltiplas dimensões (ecológica, econômica, social, espiritual, cultural, territorial) demanda a criação de uma metodologia prática e simples, capaz de mensurar em termos monetários questões intangíveis que podem causar perdas para a sociedade (Young & Medeiros, 2018).

A aceitação de uma estimativa de valor econômico para um dano ao meio ambiente ou ao patrimônio cultural pressupõe que as partes envolvidas reconheçam, ainda que implicitamente, que os conceitos elementares das Ciências Ambientais e Econômicas sejam observados, e também que foram admitidas as limitações do método de valoração empregado (MPF, 2014).

Ao longo do processo de estudo para proposição de um método de valoração, buscou-se o atendimento a quatro critérios, de acordo com Vieira (2013), listados a seguir:

1. O método prático, de baixo custo, fácil entendimento e de aplicação rápida (simplicidade);
2. As estimativas dos valores devem variar de acordo com a magnitude dos danos (proporcionalidade);
3. A efetividade do método será consolidada se este for reconhecido por órgãos e/ou instituições competentes (reconhecimento legal);
4. Os conceitos que embasam o método e a escolha dos parâmetros utilizados no cálculo devem ser claros (transparência).

Adicionalmente, seguindo a lógica da objetividade e praticidade, optou-se também pela adoção do método Custo de Reposição, como uma das bases desta proposta de mensuração do valor do dano ambiental. A utilização deste método, que determina custos pré-estabelecidos para reposição de vegetação por unidade de área, é comum em situações de desmatamento.

Para contornar as limitações deste método, são propostos fatores de correção e aditivos econômicos com o objetivo de agregar à valoração de dano ambiental as múltiplas dimensões dos danos ambientais e de suas consequências para a sociedade. Foi criado um fator de correção que engloba os danos ambientais à coletividade (Fator Danos Múltiplos), que é uma junção dos Danos Morais Coletivos (DMC), o Dano Interino (DI) e o Dano Residual (DR); adicionado a outro fator de correção que considera a complexidade de cada bioma (Fator Bioma). Além destes, o valor total do dano ambiental será calculado por meio do acréscimo do valor do Carbono (ou carbono sequestrado) e o valor VONETO (Taxa de Desestímulo associada à Capacidade Financeira), que leva em consideração a capacidade financeira pela empresa infratora no período relacionado ao cálculo da valoração do dano. Cada um desses parâmetros mensurados irá compor o Valor do Dano Ambiental (VDA). Dessa maneira, fórmula para se chegar ao VDA é expressa da seguinte forma:

$$VDA = (Valor\ CR * fator\ DM) + Valor\ do\ carbono + VONETO$$

Os conceitos-chave para elaboração dos fatores de correção e dos índices de agregação de valor são apresentados com maiores detalhes nas próximas seções.

## 5.1 Fatores de Correção – Danos Múltiplos e Fator Bioma

O fator de correção para danos múltiplos adiciona à valoração de danos ambientais a dimensão social e cultural da perda de qualidade de vida humana causada pela degradação do patrimônio biológico e cultural deflagrados pelo desflorestamento, em curto, médio e longo prazo. A adição de danos usualmente não valorados reitera a lógica da multidimensionalidade dos danos ambientais e permite sua valoração econômica a partir das suas múltiplas e complexas facetas.

***Fator Socioambiental: Danos Morais Coletivos, Danos Interinos e Danos Residuais***

A valoração econômica de danos ambientais requer autos completos, com análises técnicas abrangentes para mensurar adequadamente os impactos ecológicos (físico-químicos e biológicos) decorrentes da ação. Porém, a existência de equipes multidisciplinares de prontidão para realização de perícias socioambientais *in loco* ainda está muito aquém da demanda real, levando a dificuldades na utilização de métodos mais abrangentes, que incorporam valor de existência, custos sociais e culturais.

A proposta em tela utiliza fatores de correção que consideram questões ainda pouco mensuráveis, de natureza socioambiental, visando tornar o método mais fidedigno. Para isso, consideram-se os seguintes índices:

- Danos Morais Coletivos (DMC), que consideram a perda de qualidade de vida, a não fruição do bem comum e a degradação do patrimônio cultural e ético decorrentes de danos ambientais (adaptado de Laschefski & Zhouri, 2019; CNMP – Conselho Nacional do Ministério Público, 2021);

- Danos Interinos (DI), que englobam os riscos múltiplos a que a população está exposta enquanto durarem as medidas de remediação, como a privação de fruição plena dos serviços ecossistêmicos prestados antes do dano ambiental (adaptado de CNMP – Conselho Nacional do Ministério Público, 2021);

- Danos Residuais (DR), que agregam os danos que, após as intervenções de recuperação, permaneceram regionalmente, gerando riscos à saúde única (humana, animal e ambiental) (adaptado de CNMP – Conselho Nacional do Ministério Público, 2021).

Para o cálculo dos índices DMC, DI e DR, roteiros de perícia socioambiental (MPF, 2014) foram consultados e serviram de base para a construção de uma matriz técnica de relação simplificada de danos e critérios ambientais. Inspirado na proposta metodológica utilizada por Vieira (2013), uma equipe multidisciplinar foi convidada a preencher a matriz técnica de relação. Para cada critério ambiental foi atribuída uma nota associada à relação dos prováveis danos em um cenário de desmatamento, utilizando a pontuação para a relação: Muito alta (100), Alta (80), Moderada (60), Baixa (40) e Muito Baixa (20).

A Tabela 3 contém a média das respostas dos especialistas para cada critério ambiental no cenário pós-desmatamento.

| Critérios Ambientais | DMC | DI | DR |
|---|---|---|---|
| Proteção do solo e do substrato físico | 80 | 100 | 60 |
| Habitat para fauna | 60 | 100 | 80 |
| Biodiversidade | 100 | 100 | 100 |
| Fonte de recursos naturais | 100 | 80 | 60 |
| Regulação climática | 100 | 60 | 80 |
| Estoque de $CO_2$ | 60 | 100 | 80 |
| Regulação do ciclo hidrológico | 100 | 100 | 80 |
| Proteção hídrica (águas superficiais e águas subterrâneas) | 100 | 100 | 80 |
| Regulação de doenças humanas | 100 | 80 | 80 |
| Equilíbrio ecossistêmico | 80 | 80 | 100 |
| Manutenção da paisagem | 100 | 80 | 60 |
| Regulação do metabolismo territorial | 100 | 80 | 80 |
| Regulação da qualidade do ar | 80 | 80 | 60 |
| Moderação de eventos ambientais extremos | 100 | 100 | 80 |
| Manutenção dos ciclos de vida | 100 | 100 | 100 |
| Valor científico | 80 | 100 | 100 |
| Patrimônio histórico / cultural / arqueológico / paleontológico | 100 | 100 | 80 |
| **Pontuação Total** | **90,59** | **90,59** | **80,00** |

**Tabela 3 – Fatores de correção socioeconômicos para valoração de danos ambientais**

Uma média simples de todas as respostas foi gerada para cada componente, e a soma dos componentes DMC, DI e DR, gerou um fator de correção Socioambiental (Tabela 4). Estes fatores podem ser customizados de acordo com a especificidade de cada evento de dano ambiental.

| DMC | DI | DR | Fator de correção Socioambiental |
|---|---|---|---|
| 0,905 | 0,905 | 0,8 | **2,61** |

**Tabela 4 – Fatores de correção socioeconômicos para valoração de danos ambientais**

### Fator Bioma

O método CR apresenta o valor considerado para a revegetação, pelo método de plantio de mudas por hectare. É importante atentar que cada bioma possui particularidades como a capacidade de regeneração, o grau de endemismo e o *status* de ameaça dos tipos vegetacionais. Diante disso, foi incorporado à proposta de valoração do dano ambiental, o fator de correção por Bioma.

A partir da Portaria MMA/IBAMA n°118/2022 os custos de reposição com plantio de mudas e manutenção foram determinados, por meio de levantamento bibliográficos, referentes ao período de 2016 a 2019 no intervalo de 30 a 36 meses para a Amazônia, Mata Atlântica, Caatinga, Cerrado, Pantanal e Pampa. Para se determinar o Fator Bioma para composição da valoração, esta proposta traz como referência o valor declarado na normativa, sendo a Caatinga com o maior montante em reais por hectare, com o custo estimado em R$ 20.860,75 (Tabela 5).

| Bioma | Valor considerado (R$ por hectare) |
|---|---|
| Amazônia | 15.170,15 |
| Mata Atlântica | 19.382,87 |
| Cerrado | 16.132,50 |
| Caatinga | 20.860,75 |
| Pampa | 14.796,50 |
| Pantanal | 18.347,00 |

**Tabela 5 – Custo de reposição (plantio de mudas) por Bioma, adaptado de Portaria MMA/IBAMA n° 118/2022**

Para elaboração do Fator Bioma, buscou-se criar uma relação aos custos de reposição, e a partir da Caatinga, que possui custo de reposição mais elevado, foi determinado um coeficiente proporcional de referência para os seis Biomas. Dessa maneira, o Fator Bioma da Caatinga obteve peso 2 e os demais obtiveram pesos proporcionais (Tabela 6).

| Bioma | Fator Bioma |
|---|---|
| Amazônia | 1,72 |
| Mata Atlântica | 1,93 |
| Cerrado | 1,77 |
| Caatinga | 2,00 |
| Pampa | 1,71 |
| Pantanal | 1,88 |

**Tabela 6 – Fator de Correção por Bioma para valoração de danos ambientais**

Por sua vez, o Fator Danos Múltiplos (DM) considera a amplitude dos prejuízos decorrentes do dano ambiental por meio destes quatro componentes, sendo representado pela seguinte fórmula:

$$Fator\ DM = (DMC + DI + DR) * Fator\ Bioma$$

## 5.2 Valor do Estoque de Carbono

Para determinação do valor de carbono a ser acrescido ao método de valoração ambiental, o Relatório de Referência da Quarta Comunicação Nacional e Relatórios de Atualização Bienal do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas Sobre Mudança do Clima (BRASIL, 2020), utiliza bases técnicas para estabelecer o estoque de carbono em tonelada por hectare para cada Bioma brasileiro. O documento em questão apresenta atualização das estimativas de emissões com base na aplicação da metodologia do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, no acrônimo em inglês) do ano de 2006. As estimativas realizadas pelo IPCC serviram de subsídio para elaboração do capítulo “Inventário Nacional de Emissões Antrópicas e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal", parte integrante da Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção do Clima.

Para este estudo, utilizado como referência para valoração do carbono na metodologia proposta, foram consideradas as informações oficiais públicas de emissões para o período de 1990 a 2016 (BRASIL, 2020).

De posse dos dados quantitativos de estoque de carbono (tonelada por hectare), realizou-se uma busca pelo preço praticado no mercado voluntário de $CO_2$ por tonelada estocada em áreas com formações florestais, sendo utilizado como referência o documento *State of the Voluntary Carbon Markets*

(Ecosystem Marketplace, 2022). A *Ecosystem Marketplace*, utilizada neste método de valoração, atua a aproximadamente 20 anos, sendo considerada a principal fonte global de informações confiáveis sobre o mercado de carbono (Donofrio *et al.*, 2022).

De acordo com este documento, em agosto de 2022 o preço por tonelada de $CO_2$ estava fixado em U$ 5,80. O valor do carbono a ser acrescido ao método de valoração proposto levou em consideração a quantidade de $CO_2$ em tonelada estocada por hectare, considerando o bioma e o preço praticado no mercado voluntário de $CO_2$. Dessa maneira, foi elaborada a seguinte formula para cálculo do valor do carbono estocado:

$$VC = EC \ * preço\ (R\$)$$

As siglas utilizadas para a fórmula significam:

- VC = Valor do Estoque de Carbono (R$ por hectare);
- EC = Estoque de Carbono (toneladas por hectare);
- Preço = Preço do Carbono praticado no mercado voluntário (em reais).

De acordo com os dados coletados, o Valor do Estoque de Carbono a ser acrescido ao método de valoração de dano ambiental é apresentado na Tabela 7.

| Bioma | Estoque de Carbono – EC (tC/ha) | Valor (U$/t.$CO_2$) | Valor (U$/ha) | Valor do Estoque de Carbono – VC (R$/ha) * |
|---|---|---|---|---|
| Amazônia | 114,43 | 5,80 | 663,69 | 3451,21 |
| Cerrado | 71,37 | 5,80 | 413,95 | 2152,52 |
| Mata Atlântica | 71,00 | 5,80 | 411,80 | 2141,36 |
| Caatinga | 75,33 | 5,80 | 436,91 | 2271,95 |
| Pantanal | 83,80 | 5,80 | 486,04 | 2527,41 |
| Pampa | 78,45 | 5,80 | 455,01 | 2366,05 |

**Tabela 7 – Cálculo do valor de estoque de carbono para cada Bioma brasileiro**
***Cotação do dólar a R$5,20**

## 5.3 VONETO – Taxa de Desestímulo associada à Capacidade Financeira

Adicionalmente aos métodos supracitados e visando desestimular o desmatamento foi incorporado à proposta metodológica um coeficiente que leva em consideração o porte da empresa, baseado no EBITDA do empreendedor que praticou o desmatamento. Dessa forma, grandes empresas arcarão com valores maiores devido as suas capacidades financeiras e suas respectivas responsabilidades socioambientais, pressupondo que, quanto maior a empresa, maior o seu compromisso com a sociedade. Esse modelo baseia-se na teoria jurídica do valor de desestímulo (Bittar Filho, 1994), na qual cria-se uma taxação extra de valores pecuniários significativos em indenizações, de forma que o possível infrator, ao ponderar acerca das consequências financeiras decorrentes da atividade ilegal, não concretize a ação.

Portanto, a proposta apresentada prevê a multiplicação de 0,0001% do EBITDA da empresa pela quantidade de hectares desmatados. O resultado encontrado é denominado **VONETO**. A seguir é apresentada a fórmula do VONETO:

$$VONETO = 0,0001\% \, do \, EBITDA * quantidade \, de \, hectares \, desmatados$$

Esta taxação extra, além de prever o desestímulo aos danos ambientais pela diminuição da vantagem financeira, é um aporte de recursos que pode ser utilizado para assegurar a fiscalização das ações de recomposição da área desmatada, incluindo estudos ecológicos que atestem a recuperação da área degradada e o restabelecimento das ações socioeconômicas prejudicadas.

De acordo com a presente proposta metodológica, o valor do VONETO é acrescido aos demais parâmetros apresentados para a composição final do Valor Dano Ambiental (VDA). Destaca-se que, caso a empresa apresente EBITDA negativo, este parâmetro deverá ser desconsiderado e substituído por outro equivalente que represente o potencial financeiro do causador do dano ambiental.

## 5.4 Compilação das fórmulas

De forma geral, a fórmula proposta no presente documento é composta por:

$$VDA = (CR * fator\ DM) + Valor\ do\ carbono + VONETO$$

Nesta fórmula:

$CR = A * Cu * Puxa$
$Fator\ DM = (DMC + DI + DR) * Fator\ Bioma$
$VC = EC * preço\ (R\$)$
$VONETO = 0,0001\% \, do \, EBITDA * quantidade \, de \, hectares \, desmatados$

# 6 Aplicação do Valor do Dano Ambiental

Como forma de avaliar a metodologia proposta, foram realizados estudos de casos com base nas informações encontradas no Banco de Dados “Autos de Infração” disponibilizado pelo IBAMA. Conforme mencionado na seção 4 do presente documento, as informações preenchidas no Banco de Dados do IBAMA foram utilizadas como premissas para filtrar e apontar essas empresas, sendo estas:

- Multas cuja categoria se referem a desmatamento e queimadas;
- Campo preenchido com valor da multa;
- Campo preenchido com valor da área desmatada;
- Empresa deve ter capital aberto na Bolsa de Valores brasileira - B3.

Dessa forma, foi possível identificar as empresas multadas por desmatamento ou queimadas que possuem as demais informações para este estudo de caso. Abaixo, são apresentadas as informações das empresas identificadas, municípios onde ocorreram os desmatamentos ou queimadas e os seus respectivos biomas (Tabela 8). Das seis multas aplicadas, cinco são por desmates e uma por queimada, sendo a VALE S.A. a empresa autuada por queimadas.

| Responsáveis | CNPJ ou CPF | Área de Atuação | Estado | Município | Bioma |
|---|---|---|---|---|---|
| BIOSEV S.A. | 15527906000802 | Açúcar e Álcool | Rio Grande do Norte | Tibau do Sul | Mata Atlântica |
| CERRADINHO BIOENERGIA S.A. | 08322396000103 | Açúcar e Álcool | Goiás | Chapadão do Céu | Cerrado |
| SLC AGRÍCOLA S.A. | 89096457002603 | Agropecuária | Bahia | Barreiras | Cerrado |
| TEREOS ACUCAR E ENERGIA BRASIL S.A. | 47080619003051 | Açúcar e Álcool | São Paulo | Palestina | Cerrado |
| VALE S.A. | 33592510000901 | Metalurgia e Mineração | Pará | Parauapebas | Amazônia |
| VERACEL CELULOSE S.A. | 40551996000148 | Papel e Celulose | Bahia | Eunápolis | Mata Atlântica |

**Tabela 8 – Informações sobre as empresas multadas e locais dos desmatamentos**

Abaixo são apresentadas as áreas afetadas por desmatamento ou queimadas, data das autuações, valor da multa e multa corrigida para valores atuais (Tabela 9). Para se fazer uma correta correlação, o valor da multa foi corrigido para a data de dezembro de 2021, através da aplicação do IPCA-E (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo Especial), comumente utilizado para correção de impostos e medido pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

| Responsáveis | Área desmatada ou queimada (ha) | Data da Multa | Multa original (R$) | Multa corrigida pelo IPCA-E (dez/2021) (R$) |
|---|---|---|---|---|
| BIOSEV S.A. | 14,41 | 07/12/2011 | 75.000,00 | 135.627,52 |
| CERRADINHO BIOENERGIA S.A. | 39,56 | 26/05/2009 | 1.384.600,00 | 2.880.914,65 |
| SLC AGRÍCOLA S.A. | 577,14 | 08/04/2015 | 310.000,00 | 451.880,24 |
| TEREOS ACUCAR E ENERGIA BRASIL S.A. | 61,22 | 29/09/2009 | 15.600,00 | 32.001,96 |
| VALE S.A.* | 130,00 | 31/08/2006 | 195.000,00 | 461.777,67 |
| VERACEL CELULOSE S.A. | 31,60 | 13/03/2007 | 400.000,00 | 926.386,56 |

**Tabela 9 – Informações das multas aplicadas e cálculo das multas corrigidas para as empresas autuadas**

Destaca-se que os valores das multas anteriormente aplicadas não possuem uma relação direta com as áreas afetadas (hectares), já que existem diversos aspectos a serem considerados para o cálculo das

multas que não estão disponibilizados para consulta pública e, portanto, não fazem parte deste estudo de caso. Tais como, o grau de preservação da área, a reincidência do executor, dentre outros fatores.

Para cada uma das empresas selecionadas foi realizado o cálculo do VDA a partir da metodologia proposta. Assim sendo, foi determinado o fator de correção (Fator Danos Múltiplos) que leva em consideração o Fator Socioambiental, resultado da soma do Dano Moral Coletivo (DMC), Dano Interino (DI) e Dano residual (DR), sendo este compensado pela complexidade (custo) de reposição de cada Bioma (Fator Bioma). A partir dos cálculos propostos nesta metodologia chegou-se ao Fator Socioambiental de **2,61**. Sobre esse valor foi multiplicado o Fator Bioma para Mata Atlântica (**1,93**), Cerrado (**1,77**) e Amazônia (**1,72**). Abaixo são apresentados os valores estipulados para o fator Socioambiental, fator Bioma e o fator Danos Múltiplos (Tabela 10). Dessa maneira, foi estabelecida a seguinte fórmula:

$$Fator\ Danos\ Múltiplos = (DMC + DI + DR) * Fator\ Bioma$$

| Empresas | DMC+DI+DR Socioambiental | Bioma | fator Bioma | Fator Danos Múltiplos |
|---|---|---|---|---|
| BIOSEV S.A. | 2,61 | Mata Atlântica | 1,93 | **5,04** |
| CERRADINHO BIOENERGIA S.A. | 2,61 | Cerrado | 1,77 | **4,62** |
| SLC AGRÍCOLA S.A. | 2,61 | Cerrado | 1,77 | **4,62** |
| TEREOS ACUCAR E ENERGIA BRASIL S.A. | 2,61 | Cerrado | 1,77 | **4,62** |
| VALE S.A. | 2,61 | Amazônia | 1,72 | **4,49** |
| VERACEL CELULOSE S.A. | 2,61 | Mata Atlântica | 1,93 | **5,04** |

**Tabela 10 – Cálculo do Fator Danos Múltiplos para cada empresa autuada**

O fator de correção foi aplicado ao Custo de Reposição (CR) para cada um dos 6 casos analisados. O CR foi calculado para cada empresa, sendo o resultado obtido pelo produto da área desmatada ou queimada pelo custo do plantio de mudas por Bioma apresentado na Portaria MMA/IBAMA n°118/2022 (Tabela 11).

| Empresas | Área desmatada ou queimada (ha) | Bioma | Custo do plantio (R$) | Custo de reposição – CR (R$) |
|---|---|---|---|---|
| BIOSEV S.A. | 14,41 | Mata Atlântica | 19.382,87 | **279.307,16** |
| CERRADINHO BIOENERGIA S.A. | 39,56 | Cerrado | 16.132,50 | **638.201,70** |
| SLC AGRÍCOLA S.A. | 577,14 | Cerrado | 16.132,50 | **9.310.711,05** |
| TEREOS ACUCAR E ENERGIA BRASIL S.A. | 61,22 | Cerrado | 16.132,50 | **987.631,65** |
| VALE S.A. | 130,00 | Amazônia | 15.170,17 | **1.972.122,10** |
| VERACEL CELULOSE S.A. | 31,60 | Mata Atlântica | 19.382,87 | **612.498,69** |

**Tabela 11 – Cálculo do Custo de Reposição (CR) para cada empresa autuada**

A partir da obtenção do CR, seu valor foi multiplicado pelo Fator Danos Múltiplos e o resultado obtido foi denominado CR Corrigido, conforme apresentado na Tabela 12.

| Empresas | Custo de Reposição – CR (R$) | Fator Danos Múltiplos – DM | Valor CR Corrigido (R$) |
|---|---|---|---|
| BIOSEV S.A. | 279.307,16 | 5,04 | **1.407.708,09** |
| CERRADINHO BIOENERGIA S.A. | 638.201,70 | 4,62 | **2.948.491,85** |
| SLC AGRÍCOLA S.A. | 9.310.711,05 | 4,62 | **43.015.485,05** |
| TEREOS ACUCAR E ENERGIA BRASIL S.A. | 987.631,65 | 4,62 | **4.562.858,22** |
| VALE S.A. | 1.972.122,10 | 4,49 | **8.854.828,23** |
| VERACEL CELULOSE S.A. | 612.498,69 | 5,04 | **3.086.993,40** |

**Tabela 12 – Cálculo do CR Corrigido para cada empresa autuada**

Para mensuração do parâmetro Valor do Estoque de Carbono, é estipulado o estoque de carbono por bioma (tonelada por hectare) e de seu valor praticado no mercado voluntário de $CO_2$. Dessa forma, o valor estipulado por hectare é multiplicado pela área desmatada ou queimada em hectares, considerando os diferentes biomas (Tabela 13).

| Empresas | Área desmatada ou queimada (ha) | Valor do carbono (R$/ha) | Valor do Estoque de Carbono - VC (R$) |
|---|---|---|---|
| BIOSEV S.A. | 14,41 | 2.141,36 | **30.857,00** |
| CERRADINHO BIOENERGIA S.A. | 39,56 | 2.152,52 | **85.153,69** |
| SLC AGRÍCOLA S.A. | 577,14 | 2.152,52 | **1.242.305,39** |
| TEREOS ACUCAR E ENERGIA BRASIL S.A. | 61,22 | 2.152,52 | **131.777,27** |
| VALE S.A. | 130,00 | 3.451,21 | **448.657,30** |
| VERACEL CELULOSE S.A. | 31,60 | 2.141,36 | **67.666,98** |

**Tabela 13 – Cálculo do Valor de Estoque de Carbono para cada empresa autuada**

Para a elaboração do VONETO, utilizou-se as áreas afetadas descritas nos autos de infração e o valor do EBITDA das empresas no ano de 2021[9]. Posteriormente multiplicou-se 0,0001% do EBITDA a área desmatada ou queimada conforme os autos de infração, gerando o valor do VONETO (Tabela 14).

| Empresas | Área desmatada ou queimada (ha) | EBITDA – 2021 (R$) | 0,0001% EBITDA – 2021 (R$) | VONETO (R$) |
|---|---|---|---|---|
| BIOSEV S.A. | 14,41 | 3.929.000.000,70 | 3.929,00 | **56.616,89** |
| CERRADINHO BIOENERGIA S.A. | 39,56 | 756.000.000,00 | 756,00 | **29.907,36** |
| SLC AGRÍCOLA S.A. | 577,14 | 1.022.000.000,10 | 1.022,00 | **589.837,08** |
| TEREOS ACUCAR E ENERGIA BRASIL S.A. | 61,22 | 2.361.000.000,00 | 2.361,00 | **144.540,42** |
| VALE S.A. | 130,00 | 68.747.000.000,00 | 68.747,00 | **8.937.110,00** |
| VERACEL CELULOSE S.A. | 31,60 | 439.000.000,70 | 439,00 | **13.872,40** |

**Tabela 14 – Cálculo do valor proposto do VONETO para cada empresa autuada**

Portando, a composição da valoração proposta por esta metodologia considera 3 parâmetros centrais, sendo eles:

- Valor CR * Valor DM = (Custo de Reposição x Fator de correção Danos Múltiplos);
- Valor do carbono = Custo da tonelada de $CO_2$ por hectare em cada bioma x tamanho da área desmatada;

[9] Fonte: Ranking do Valor Econômico, das 1000 maiores empresas do Brasil. https://especial.valor.com.br/valor1000/2021/ranking1000maiores

- VONETO = Percentual do EBITDA da empresa x área desmatada ou queimada pela empresa em hectare.

A fórmula final da equação para se obter o Valor do Dano Ambiental (VDA) é a soma de cada um destes 3 parâmetros, sendo:

$$VDA = (CR * fator\ DM) + Valor\ do\ carbono + VONETO$$

A Tabela 15 resume os finais obtidos para cada parâmetro utilizados no método proposto, visando o cálculo do Valor de Dano Ambiental dos estudos de casos das seis empresas autuadas pelo IBAMA.

| Responsáveis | CR * Fator Danos Múltiplos (R$) | Valor do Carbono (R$) | VONETO (R$) | VDA final (R$) |
|---|---|---|---|---|
| BIOSEV S.A. | 1.268.054,49 | 30.857,00 | 56.616,89 | **1.355.528,38** |
| CERRADINHO BIOENERGIA S.A. | 2.795.323,45 | 85.153,69 | 29.907,36 | **2.910.384,50** |
| SLC AGRÍCOLA S.A. | 40.780.914,40 | 1.242.305,39 | 589.837,08 | **42.613.056,87** |
| TEREOS ACUCAR E ENERGIA BRASIL S.A. | 4.325.826,63 | 131.777,27 | 144.540,42 | **4.602.144,32** |
| VALE S.A. | 8.539.288,69 | 448.657,30 | 8.937.110,00 | **17.925.055,99** |
| VERACEL CELULOSE S.A. | 2.780.744,06 | 67.666,98 | 13.872,40 | **2.862.283,44** |

**Tabela 15 – Cálculo dos valores finais de cada parâmetro e resultado final do Valor de Dano Ambiental para cada empresa autuada**

# 7 Considerações Finais

A temática sobre valoração econômica de danos ambientais é complexa, principalmente quanto aos seus aspectos intangíveis e irreversíveis. Questões fundamentais e avanços quanto ao estabelecimento das métricas e processos para se avaliar os serviços ecossistêmicos são elucidados de forma desafiadora. Em contrapartida, frente a ocorrência de danos ambientais decorrentes de atividades antrópicas, mesmo mediante a obrigatoriedade de evitá-lo, existe a necessidade de utilizar ferramentas de avaliação e obtenção de indicadores que direcionam o processo de reparação ou suporte para a compensação e/ou indenização.

Estabelecer uma relação entre os critérios ambientais referentes a proteção do solo, *habitat* para a fauna, biodiversidade, patrimônio e aos danos relativos a cada cenário demonstra o quão as relações entre os diferentes fatores ambientais são complexos e estão se inter-relacionados. Ressalta-se que uma caracterização ambiental com conhecimento técnico pretérito da área poderá ser usada e incorporada a esta metodologia, possibilitando maior customização. Contudo, a escassez de equipes multidisciplinares voltadas às perícias socioambientais impede que os autos contenham informações completas descrevendo a magnitude dos danos e as consequências socioambientais nas comunidades influenciadas pela vegetação suprimida. Assim como, dependendo da área afetada, a caracterização das condições pré-existentes pode se mostrar uma discussão complexa e longínqua. Portanto, esta proposta objetivou criar parâmetros diretos de aplicação. Assim, a proposta tenta contornar a falta de informações detalhadas das áreas desmatadas e danos causados, gerando fator de correção de danos múltiplos fixos.

A proposta de valoração apresentada traz o incremento de considerar o poder econômico do autor do desmatamento ilegal, utilizando a teoria de desestímulo, com isso, o fator VONETO foi proposto. O valor monetário resultante da aplicação do VONETO poderá ser posteriormente aplicado em ações de fiscalizações, perícias e assessorias e na obtenção da coleta de informações confiáveis para embasamento e análise dos danos e consequentemente, na tomada de decisão. Adicionalmente, o fator aplicado neste exercício (0,0001%) pode ser customizado de acordo com cada caso, reforçando a autonomia das instituições de justiça de acordo com a razoabilidade e proporcionalidade requerida em cada evento.

Destaca-se que o VONETO já foi aplicado no Projeto Desativando Bombas Relógios, desenvolvido pelo MPMG vencedor da 10ª edição do Prêmio CNMP (2022), categoria Integração e Articulação (Figura 2). O projeto foi concebido com o objetivo de promover, mediante uma atuação preventiva, a descaracterização de 45 barragens alteadas pelo método a montante, em Minas Gerais. Estas estruturas são consideradas bombas-relógio por ameaçar o meio ambiente e a sociedade. A atuação proativa do MPMG resultou em 16 Termos de Compromisso com empreendedores. Tais acordos extrajudiciais objetivam viabilizar a descaracterização das estruturas geotécnicas em prazo tecnicamente possível e o pagamento de compensação por danos morais coletivos no valor de R$426 milhões de reais. Este recurso será aplicado em prol da sociedade de Minas Gerais.

**Figura 2 – Primeiro lugar Prémio CNMP (2022) – Projeto Desativando bombas-relógio MPMG**

Os fatores de correção do método proposto foram delineados para danos decorrentes de ações de desmatamento e queimada. No entanto, o método apresentado é flexível e permite futuros aperfeiçoamentos para que os fatores de correção socioambientais (danos morais coletivos, danos interinos e danos residuais) sejam mais sensíveis para os casos de mineração, poluição do ar, barragens, dentre outros.

Por fim, é importante tecnicamente o entendimento que, mesmo que o ambiente seja submetido aos métodos para restauração e recuperação, a natureza da composição física e biológica e as interações previamente existentes não será restabelecida exatamente ao estado original.

Essa proposta, elaborada em resposta ao Edital da Consulta Pública para Debater Parâmetros de Quantificação de Danos Ambientais Decorrentes de Desmatamentos e de outras Atividades Poluidoras, do Conselho Nacional de Justiça, visa contribuir com o debate técnico acerca das questões associadas à valoração do dano ambiental. Tal como explanado no decorrer do texto, este tema é repleto de desafios e traz de forma intrínseca o anseio da sociedade brasileira em promover uma relação sustentável com o meio ambiente.

Esta proposta tem por objetivo contribuir com o debate acerca do tema e auxiliar futuras decisões judiciais, apresentando fatores e premissas que visam desestimular ações de desmatamento, associando a valoração do dano ambiental à capacidade financeira do infrator e considerando fatores de correção para bens intangíveis do ecossistema afetado. Não é intenção desta proposta se estabelecer como ferramenta única e definitiva para a valoração ambiental, contudo, desde sua concepção, essa abordagem visa ampliar o debate do tema, trazendo a experiência dos seus autores e o compromisso com a promoção de uma sociedade ambientalmente consciente.

# 8 Referências bibliográficas


Alp, E., Clark, D.E., Melching, C.S. & Novotny, V. (2002) Application of benefit transfer with contingent valuation method to the root river watershed. *Institute for Urban Environmental Risk Management*.

Alves, G. de F. (2016) *Valoração ambiental : uma revisão teórica*.

Belli, P., Anderson, J., Barnum, H., Dixon, J. & Tan, J.P. (1998) Handbook on economic analysis of investment operations. *World Bank*, 17–28.

Brasil (1981). Lei Federal nº 6.938/1981 – Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

Brasil (2021). Lei Federal nº 14.119/2021 – Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis n os 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembrode 1973, para adequá-las à nova política.

Brasil. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos (1998). Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.

Brasil. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos (1998). Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

Brasil. Ministério da Ciência Tecnologia e Informação – MCTI (2020). Quarto relatório de atualização bienal do Brasil à convenção-quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/cgcl/clima/arquivos/relatorios-de-atualizacao-bienal-bur/quarto-relatorio-de-atualizacao-bienal-do-brasil.pdf>. Acesso em 07/11/2022.

Câmara, J.B.D. (2013) Governança ambiental no Brasil: ecos do passado. *Revista de Sociologia e Política*, **21**, 125–146.

CAOMA – Centro de Apoio Operacional do Meio Ambiente (2021). Nota Técnica: Valoração dos danos ambientais em procedimentos ministeriais.

CNMP – Conselho Nacional do Ministério Público. (2021) *Diretrizes para valoração de danos ambientais*. Conselho Nacional do Ministério Público, Brasília.

Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986. Dispões sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.

Dixon, J., Scura, L., Carpenter, R. & Sherman, P. (1994) *Economic Analysis of Environmental Impacts*. Routledge.

Donofrio, S., Maguire, P., Daley, C., Calderon, C. & Lin, K. (2022) The Art of Integrity - State of the voluntary carbon markets 2022 Q3. *2022*.

Douglas, A.J. & Taylor, J.G. (1998) A new model for the travel cost method: the total expenses approach. *Environmental Modelling & Software*, **14**, 81–92.

Ecosystem Marketplace. 2021. State of the Voluntary Carbon Markets 2021. 40 p. Disponível em: <www.ecosystemmarketplace.com/publications/state-of-the-voluntary-carbon-markets-2022>. Acesso em 03/11/2022.

Farenzena, C. (2022). Diferença entre dano ambiental e impacto ambiental. Disponível em: <https://advambiental.com.br/artigo/diferenca-entre-dano-ambiental-e-impacto-ambiental>. Acesso em 25/10/2022.

Filho, C.A.B. (1994) Do dano moral coletivo no atual contexto jurídico brasileiro. *Revista de Direito do Consumidor*, **12**, 44–62.

Freitas, K.A.A., Barbosa Filho, J., Pio, N.S., Silva, F.F. & Moraes, L.S. (2010) Valoração econômica dos benefícios ambientais percebidos pela população da bacia do Educandos provenientes do PROSAMIM. *Acta Amazonica*, **40**, 509–514.

Haddad, P.R. (2015) *Meio ambiente, planejamento e desenvolvimento sustentável*. 1st edn. Saraiva, São Paulo.

Hanley, N. & Spash, C.L. (1993) *Cost-benefit analysis and the environment*. Edward Elgar Publishing Ltd., Cheltenham.

Hardarson, M. & Hardarson, P. (2001) *The Economic Value of the Environment*. Nordic Council of Ministers.

Laschefski, K. & Zhouri, A. (2019) Indigenous Peoples, Traditional Communities and the Environment: The 'Territorial Question' Under the New Developmentalist Agenda in Brazil. pp. 205–236.

Lipton, D.W., Wellman, K.F., Sheifer, I.C. & Weiher, R.F. (1995) *Economic valuation of natural resources: a handbook for coastal resource policymakers*. Silver Spring.

Lohani, B.N., Evans, J.W., Everitt, R.R., LudwingWIG, H., Carpenter, R.A. & Tu, S.T. (1997) *Environmental Impact Assessment for Developing Countries in Asia*.

MMA – Ministério do Meio Ambiente, Ibama – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Portaria MMA/Ibama nº 118/2022 – nstitui Procedimento Operacional Padrão (POP) para Estimativa dos Custos de Implantação e Manutenção de Projeto de Recuperação Ambiental nos Biomas Brasileiros, para Compor Valor Mínimo da Reparação por Danos Ambientais à Vegetação Nativa, em Processos Administrativos no âmbito do Ibama.

Mota, J.A. (2006) *O Valor da Natureza: Economia e Política dos Recursos Naturais*. 1st edn. Garamond.

Motta, R.S. (1997) Manual para valoração econômica de recursos ambientais. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal.

Motta, R.S. (2005) Instrumentos econômicos e política Ambiental. In *Instrumentos econômicos para o desenvolvimento sustentável na Amazônia brasileira: experiências e visões*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p. 124.

MPF – Ministério Público Federal (2014). Valoração de danos em matéria de meio ambiente e patrimônio cultural – roteiros para vistoria expedita e perícia multidisciplinar em procedimentos do Ministério Público Federal. Disponível em: <www.cnmp.mp.br/portal/images/Comissoes/CMA/links/valoracao/Manual_MPF_valoracao_de_danos_ambientais_e_patr_cultural.pdf>. Acesso em 02/11/2022.

Nery, E.R.A., Saraiva, C.S., Cruz, L.M.S., Souza, M.M.O.R., Gomes, F.S., El-Hani, C.N., *et al.* (2013) The restoration concept in the scientific literature and in the Brazilian law. *Revista CAITITU - aproximando pesquisa ecológica e aplicação*, **1**, 43–56.

Pearce, D.W. (1993) *Economic values and the natural world*. Earthscan Publications, Londres.

Pearce, D.W., Turner, R.K. & Turner, R.K. (1990) *Economics of natural resources and the environment*. Johns Hopkins University Press.

Pereira Jr., J. C. (2014). Valoração Econômica Ambiental – Conceitos e Métodos. Ecodebate. Disponível em: <www.ecodebate.com.br/2014/01/15/valoracao-economica-ambiental-conceitos-e-metodos-artigo-de-joao-charlet-pereira-junior>. Acesso em 02/11/2022.

Pilon, A.C., Valli, M., Dametto, A.C., Pinto, M.E.F., Freire, R.T., Castro-Gamboa, I., *et al.* (2017) NuBBEDB: an updated database to uncover chemical and biological information from Brazilian biodiversity. *Scientific Reports*, **7**, 7215.

Pinho, H.G. (2010) *Prevenção e reparação de danos ambientais. As medidas de reposição natural, compensatórias e preventivas e a indenização pecuniária*. GZ, Rio de Janeiro.

Reis, A., Tres, D.R. & Bechara, F.C. (2006) A nucleação como novo paradigma na restauração ecológica:"espaço para o imprevisível." In *Simpósio sobre recuperação de áreas degradaddas com ênfase em matas ciliares*. São Paulo, pp. 104–121.

Ribeiro, G.D. (2009) *Valoração ambiental: síntese dos principais métodos*.

Rodrigues, R.R., Lima, R.A.F., Gandolfi, S. & Nave, A.G. (2009) On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation*, **142**, 1242–1251.

Rodrigues, W. (2005) Valoração econômica dos impactos ambientais de tecnologias de plantio em região de Cerrados. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, **43**, 135–153.

Silva, A.G. da. (2013) *Valoração e sustentabilidade ambiental do primeiro manancial de abastecimento público de Curitiba - Carvalho*.

Vieira, J.P.P. (2013) *Valoração de danos ambientais em ecossistemas florestais: adaptação do método do custo de reposição com vistas à sua aplicação na perícia criminal ambiental*.

Young, C.E.F. Valoração Ambiental: Como fazer? O que faz mais sentido para o meu negócio? Oficina de Capacitação sobre Valoração da Biodiversidade e Serviços Ambientais. IE/UFRJ: Rio de Janeiro, 2011.

Young, C.E.F. & Medeiros, R. (2018) *Quanto vale o verde: a importância econômica das unidades de conservação brasileiras*. Conservação Internacional, Rio de janeiro.

A presente proposta foi desenvolvida em conjunto entre o Ministério Público de Minas Gerais (MPMG) e a AECOM do Brasil.

Dr. CARLOS EDUARDO FERREIRA PINTO
*Promotor de justiça Coordenador do CAOMA – MPMG*

Dr. FELIPE FARIA DE OLIVEIRA
*Promotor de Justiça Coordenadoria Estadual de Meio Ambiente e Mineração – MPMG*

Dr. LUCAS MARQUES TRINDADE
*Promotor de Justiça Coordenadoria Regional das Promotorias de Justiça de Defesa do Meio Ambiente das Bacias dos Rios das Velhas e Paraopeba – MPMG*

Dra. HOSANA REGINA ANDRADE DE FREITAS
*Promotora de Justiça Coordenadoria Regional das Promotorias de Justiça de Defesa do Meio Ambiente da Bacia do Rio Doce – MPMG*

VICENTE MELLO
*Diretor Executivo AECOM*

CAIO PRADO
*Diretor AECOM*

ALEX DE LIMA CASTRO
*Diretor AECOM*

LUIZ EDUARDO FARIAS VILLAS BÔAS
*Diretor AECOM*

RUI FEIJÃO
*Diretor AECOM*

ALESSANDRO NASSER
*Diretor AECOM*

FÁBIO MEDEIROS
*Diretor AECOM*