Câmara Municipal de Ubá
ESTADO DE MINAS GERAIS

VOTAÇÃO:
☒ Aprovado ☐ Rejeitado
Por: Unanimidade
Em: 13/05/24
Vereador José Roberto Reis Filgueiras
Presidente da Câmara

ENCAMINHAMENTO:
Of.CMU. 118/2024
Em: 14/05/24

REQUERIMENTO N.º 187/2024

Envio ao Executivo de informações sobre danos ambientais da Copasa.

Senhor José Roberto Reis Filgueiras
Presidente da Câmara Municipal de Ubá
Nesta.

O vereador que abaixo assina requer, na forma regimental, o envio de correspondência ao Prefeito de Ubá, Sr. Edson Teixeira Filho, com estudo anexado do Ministério Público de Minas Gerais sobre os danos ambientais ocasionados pela Copasa ao não tratar os resíduos gerados no processo de potabilização da água nas ETAs da Miragaia e Peixoto Filho.

Segundo o estudo de 2020, "Valoração Econômica de Danos Ambientais", da Central de Apoio Técnico do Ministério Público de Minas Gerais, o lodo gerado no processo de potabilização da água em estação de tratamento é enquadrado como resíduo classe II A, sendo normalmente composto por sólidos suspensos, algas, bactérias, vírus, partículas orgânicas em suspensão, coloides, areais, argilas, siltes, cálcio e metais (alumínio, ferro, magnésio, manganês, etc.).

As Estações de Tratamento de Água (ETAs) de Ubá não dispunha de tratamento dos resíduos gerados no processo de potabilização da água, até 2020, data de publicação desse estudo. A disposição inadequada desse resíduo pode provocar a degradação do meio ambiente, a contaminação de manaciais e do solo.

Segundo o mesmo estudo, "a valoração dos danos pelo método de custos evitados resultou em um quantum debeatur de R$ 1.299.481,30, que correspondem ao que o empreendedor (COPASA) deixou de gastar no controle (tratamento e disposição) dos resíduos gerados no processo de potabilização da água fornecida em Ubá e que foram indevidamente lançados nos cursos de água no período de UM ANO."

Sabendo-se que as ETAs de Miragaia e Peixoto Filho operam há 29 anos e 41 anos respectivamente, até o ano de 2020 conforme informado pelo estudo em anexo (página 245) e sabendo que a valoração dos danos pelo lançamento irregular das duas estações de tratamento de água que

abastecem Ubá é R$ 25901,56/tonelada de lodo não tratado (massa seca) (considerando a mesma base de dados do estudo) e considerando que a ETA Miragaia produza 19,19 toneladas de lodo/ ano (massa seca) e a ETA Peixoto Filho produza 30,98 toneladas de lodo/ano (massa seca), conforme informado pelo estudo em anexo, páginas 243 e 244, os danos apurados foram valorados em mais de R$ 47 milhões, até o ano de 2020 (considerando a mesma base de dados do estudo).

O estudo sugere como medida de compensação a recuperação de 41,17 hectares de mata ciliar/ano na mesma bacia hidrográfica em que ocorreu o dano ambiental. Devido aos valores fornecidos no estudo daria para recuperar uma área de 1499,16 ha, até 2020.

Dessa forma, para a ciência do Sr. Prefeito e as providências cabíveis é que remetemos o estudo Valoração Econômica de Damos Ambientais, do MPMG. Solicitamos que seja remetida cópia a todos os membros do Conselho Municipal de Saneamento Básico, a Arsae (Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais), ao Procon e ao Ministério Público de Ubá.

Assim, na expectativa de contar com o apoio dos nobres pares, firma.

Plenário "Vereador Lincoln Rodrigues Costa", da Câmara Municipal de Ubá, aos 6 dias de maio de 2024.

José Damato Neto

VEREADOR JOSÉ DAMATO NETO
(Professor José Damato)

MPMG
Ministério Público
do Estado de Minas Gerais

VALORAÇÃO ECONÔMICA DE DANOS AMBIENTAIS

Coletânea da Central de Apoio Técnico do Ministério Público de Minas Gerais









As fotografias utilizadas neste material são de uso livre, conforme créditos abaixo:

Photo by Claire Satera on Unsplash
Photo by Jan Huber on Unsplash
Photo by Boris Smokrovic on Unsplash
Photo by Joseph Anson on Unsplash
Photo by Oliver Paaske on Unsplash
Photo by Ben Guerin on Unsplash
Photo by Ramin Khatibi on Unsplash
Designed by Freepik

M 663v Minas Gerais. Ministério Público. Procuradoria Geral de Justiça. Central de Apoio Técnico

Valoração econômica de danos ambientais: coletânea da Central de Apoio Técnico do Ministério Público de Minas Gerais/ Editores: Alexandra Fátima Saraiva Soares, Paula Santana Diniz. - Belo Horizonte: CEAF, 2020.

322p. : il.

ISBN: 978-65-88261-03-3.

1. Indenização ambiental. 2. Valoração ambiental. 3. Compensação ambiental. I. Título

CDU 349.6

Capa, projeto gráfico e diagramação: João Paulo de Carvalho Gavidia

Essa obra foi produzida pelo Centro de Estudos e Aperfeiçoamento Funcional do Ministério Público do Estado de Minas Gerais entre outubro de 2020 e abril de 2021 com o uso da fonte Gontserrat, de distribuição gratuita.

As opiniões expressas nesta obra são de responsabilidade dos próprios autores.

MPMG
Ministério Público
do Estado de Minas Gerais

VALORAÇÃO ECONÔMICA DE DANOS AMBIENTAIS

Coletânea da Central de Apoio Técnico do Ministério Público de Minas Gerais

Editores:

Alexandra Fátima Saraiva Soares
Paula Santana Diniz

Autores:

Alexandra Fátima Saraiva Soares
Almir Lopes Loures
Antônio Olinto Vieira Machado
Bárbara Janine Reis Silva Araújo
Carlos Mercês de Oliveira
Cláudia Lage Michalaros
Fabiano Palhares Silva
Fernanda Cristina de Souza Paz
Fernando Augusto Eto Lages
Flávio Guimarães Lana
Guilherme Henrique Costa
Lucas Rogério Vieira Silva
Luís Fernando de Morais Silva
Magno Cornélio Torres
Nadson Souza Carvalho
Nivaldo Caetano da Cunha
Paula Santana Diniz
Reinaldo Paulino Pimenta
Renato Cairo Faria Amaral
Thalles Henrique Rocha Claves
Wender Paulo Barbosa Ferreira

DOS EDITORES

Alexandra Fátima Saraiva Soares

Engenheira Civil e Sanitarista. Graduada em Direito. Pós-Doutorado em Direito Público pela Università degli Studi di Messina, Itália. Doutorado e Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (DESA/UFMG). Especialização em Direito Ambiental e Sustentabilidade (ESDHC); em Direito Sanitário (ESPMG) e em Gestão e Manejo Ambiental em Sistemas Agrícolas (UFLA). É Professora Universitária desde 2009, atualmente dos cursos de Pós-graduação em perícia ambiental da UNESP/Bauru e IEC PUC Minas, e Analista no MPMG, lotada na CEAT-MA, desde 2003. https://orcid.org/0000-0002-9894-627X

Paula Santana Diniz

Graduada em Engenharia Química, mestrado em Engenharia Nuclear e especialização em Meio Ambiente pela Universidade Federal de Minas Gerais. Tem experiência nas áreas de Meio Ambiente, com ênfase em poluição atmosférica, poluição de cursos de água por efluentes industriais e domésticos e contaminação do solo por diferentes resíduos e produtos químicos; Proteção Radiológica; Gerência de Rejeitos Radioativos, com ênfase em transporte, cimentação, armazenamento e disposição de rejeitos; Licenciamento de Transporte de Combustível Nuclear e Fontes Radioativas. Foi Supervisora de Proteção Radiológica das Usinas Nucleares Angra 1 e Angra 2 (2000-2003) e, desde 2003, Analista no Ministério Público - MG, onde realiza diversos trabalhos de apoio à proteção e preservação do meio ambiente.

DOS AUTORES

Almir Lopes Loures

Graduado em Engenharia Agronômica pela Universidade Federal de Viçosa (UFV); Especialista em Gestão e Manejo Ambiental em Sistemas Agrícolas pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Analista do MPMG desde 2004. Lotado na Central de Apoio Técnico Setor de Meio Ambiente - CEAT/MA.

Antônio Olinto Vieira Machado

Graduado em Engenharia Agronômica pelo Universidade Federal de Viçosa - UFV (1985); Graduado em Direito pelo Centro Universitário de Sete Lagoas - UNIFEMM (2008); Especialização em Gestão Ambiental, Faculdades Integradas de Jacarepaguá - FIJ (2009); Diretor de Limpeza Urbana e Destino Final de RSU do Município de Sete Lagoas/MG (2001/2004); Analista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais - MPMG, lotado na Central de Apoio Técnico Setor de Meio Ambiente - CEAT/MA (desde 2005).

Bárbara Janine Reis Silva Araujo

Geógrafa pelo Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), onde é pesquisadora, e Designer pela Escola de Design da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG). Possui experiência em geociências, com ênfase em geomorfologia, geografia de recursos hídricos e em análises espaciais, por meio dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG/GIS). Atua principalmente nos seguintes temas: análise ambiental, paisagem e gestão da paisagem, geodiversidade, geoprocessamento e representação cartográfica digital. Foi estagiária da Central de Apoio Técnico (CEAT) - Meio Ambiente, na Procuradoria Geral de Justiça do MPMG, no período entre 2017 e 2019.

Carlos Mercês de Oliveira

Graduado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa - UFV;Especialista em Gestão Ambiental e em Engenharia de Segurança do Trabalho; Engenheiro de Pesquisa e Desenvolvimento na Reflorestadora Água Azul, Tucuruí-Pa de 1991 a 1994. Engenheiro de Pesquisa na Bahia Sul Celulose de 1994 a 1997; Analista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais - MPMG, lotado na Central de Apoio Técnico Setor de Meio Ambiente - CEAT/MA.

Cláudia Lage Michalaros

Graduada em Ciências Biológicas pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC Minas. Especialista em Ciências do Ambiente, Educação Ambiental e Gestão Ambiental. Analista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais - MPMG, lotado na Central de Apoio Técnico Setor de Meio Ambiente - CEAT/MA.

Fabiano Palhares Silva

Graduado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Analista do Ministério Público de Minas Gerais (desde 2008), lotado na Central de Apoio Técnico Setor de Meio Ambiente - CEAT/MA.

Fernanda Cristina de Souza Paz

Graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (2003). Mestrado em Arquitetura e Urbanismo pela UFMG (2018). Analista no Setor de Meio Ambiente da Central de Apoio Técnico do Ministério Público do Estado de Minas Gerais, atuando, principalmente, na área de parcelamento do solo e patrimônio cultural desde o ano de 2005.

Fernando Augusto Eto Lages

Graduado em Engenharia Agronômica pela Universidade Federal de Viçosa – UFV. Ex-Analista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais - MPMG, lotado na Central de Apoio Técnico Setor de Meio Ambiente - CEAT/MA.

Flávio Guimarães Lana

Graduado em Engenharia Agronômica e em Administração pela Universidade Federal de Viçosa – UFV. Analista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais - MPMG, lotado na Central de Apoio Técnico Setor de Meio Ambiente - CEAT/MA.

Guilherme Henrique Costa

Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Formação Técnica em Mecânica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG (2014). Estagiário do Ministério Público de Minas Gerais (2019), lotado na Central de Apoio Técnico Setor de Meio Ambiente - CEAT/MA.

Lucas Rogério Vieira Silva

Graduado em Geografia pelo Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG no ano de 2018. Experiência em órgãos públicos de meio ambiente (Instituto Estadual de Florestas - SISEMA, Prefeitura de Belo Horizonte - Secretária de Regulação Urbana, Ministério Público de Minas Gerais - Central de Apoio técnico de Meio Ambiente). Atuante na área de Geoprocessamento.

Luís Fernando de Morais Silva

Graduado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG. Foi estagiário da Central de Apoio Técnico/Setor de Meio Ambiente (pós-graduação), entre 2017 e 2019.

Magno Cornélio Torres

Graduado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa – UFV. Mestre em Ciências Florestais – UFV. Analista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais - MPMG, lotado na Central de Apoio Técnico Setor de Meio Ambiente - CEAT/MA.

Nadson Souza Carvalho

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Analista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais - MPMG, lotado na Central de Apoio Técnico Setor de Meio Ambiente - CEAT/MA.

Nivaldo Caetano da Cunha

Graduado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa – UFV. ós-Especialista em Ciências do Ambiente pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Especialista em Controle Externo pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Especialista em Botânica pela Universidade Federal de Lavras – MG. Mestre em Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pela Escola Superior Dom Helder Câmara - MG. Analista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais – MPMG, lotado na Central de Apoio Técnico Setor de Meio Ambiente - CEAT/MA

Reinaldo Paulino Pimenta

Graduado em Engenharia de Minas pela Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP. Graduado em Matemática e Física pela UTRAMIG. Mestre em Engenharia de Minas - área de Mecânica de Rochas pela Universidade Federal de Minas Gerais. Especialista em Matemática e Estatística pela Universidade Federal de Lavras. Analista do MPMG desde 2003. Lotado na Central de Apoio Técnico Setor de Meio Ambiente - CEAT/MA.

Renato Cairo Faria Amaral

Graduado em Direito pela Universidade Federal de Minas Geais – UFMG. Pós-graduado em Direito Público pela Universidade Candido Mendes. Pós-graduado em Direito Ambiental pela Escola Superior Dom Helder Câmara. Especialista em Direito Sanitário pelo Escola de Saúde Público do Estado de Minas Gerais. Analista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais, lotado da 12ª Promotoria de Saúde, Idoso, PcD e Consumidor de Ribeirão das Neves.

Thalles Henrique Rocha Claves

Graduado em Direito pelo Unileste/MG. Pós-graduado em Direito Processual Civil pela Universidade Cândido Mendes. Pós-graduado em Direito Ambiental e Sustentabilidade pela Escola Superior Dom Helder Câmara. Oficial do Ministério Público do Estado de Minas Gerais.

Wender Paulo Barbosa Ferreira

Graduado em Medicina Veterinária e em Direito pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Analista do MPMG, lotado na Central de Apoio Técnico Setor de Meio Ambiente - CEAT/MA.

> O mundo é um lugar perigoso de se viver, não por causa daqueles que fazem o mal, mas sim por causa daqueles que observam e deixam o mal acontecer. *(Albert Einstein)*

Apresentação

Foi com alegria que recebi o convite para prefaciar a presente obra, "Valoração Econômica de Danos Ambientais", que é resultado dos esforços de um time incomparavelmente qualificado, reunido na nossa Central de Apoio Técnico e coautores desta publicação.

De fato, desde que o assunto - Valoração Ambiental - começou a ser cogitado na literatura específica, os Analistas com especialidades voltadas ao meio ambiente no Ministério Público de Minas Gerais se debruçaram sobre as mais diferentes metodologias propostas e, dominando destemidamente o complexo tema, se tornaram referência em Minas e no Brasil.

A partir de então, a valoração de danos ambientais passou a integrar rotineiramente os pareceres técnicos do MPMG, testando, na prática, os conhecimentos teóricos. Hoje, são cerca de quinze anos de amadurecimento da técnica e das possibilidades de atingimento da tão almejada reparação integral dos danos ambientais.

"Só" esta vivência teórica e prática já seria suficiente para garantir a elevada qualidade desta obra, pois o seu conteúdo é um apanhado dos mais importantes trabalhos de valoração realizados ao longo deste exitoso percurso. Mas o fato é que a sua leitura detida proporciona ao leitor amplo espectro sobre o tema, pois aqui temos valorações que se valem de quase todas as metodologias presentes na literatura, como o VERA, a EMERGIA, o CATE, dentre outras.

Eu, na condição de Coordenador da Central de Apoio Técnico, tive o privilégio de ler cada um dos trabalhos, ao tempo de sua elaboração e antes mesmo de serem remetidos aos Promotores solicitantes, podendo garantir a excelência de cada um e, por via de consequência, o inestimável valor que esta obra assume.

Aos que com responsabilidade se ocupam do tema, na seara jurídica ou técnica, esta obra é leitura obrigatória, além de naturalmente prazerosa!

Edson de Resende Castro

Promotor de Justiça. Coordenador da Coordenadoria de Apoio Eleitoral e da Central de Apoio Técnico da Procuradoria-Geral de Justiça do Estado de Minas Gerais.

SUMÁRIO

Introdução **24**

Dano ambiental, responsabilização civil e medidas de compensação **29**

Economia e meio ambiente **44**

Valoração ambiental **53**

- Métodos de valoração econômica **54**
- Métodos da função da produção **55**
- Métodos da função da demanda **56**
- Métodos normatizados **61**
- Valoração monetária dos serviços ecossistêmicos – Emergia **63**
- Distorções dos métodos de valoração **65**

Estudos de casos

Valoração de danos ambientais à fauna – meio biótico **71**

- Introdução **71**
- Metodologia **72**
- Custo da manutenção dos espécimes da fauna silvestre comumente resgatados **73**
- Estimativa média do tempo de monitoramento e cálculos de valoração **82**
- Danos intercorrentes (DI) **85**
- Conclusão **86**

Valoração de dano ambiental pela construção em Área de Preservação Permanente (APP) – margens de corpos hídricos **89**

Introdução **90**
Custos de demolição e limpeza da área - CD **90**
Compensação pelo não reflorestamento **92**
Valoração do dano **94**

Valoração de dano ambiental pela obtenção ilegal de um metro cúbico de madeira serrada originária de floresta estacional semidecidual **96**

Introdução **97**
Metodologia adotada e cálculos realizados **97**
Resultado e discussão **99**
Conclusão **100**

Valoração econômica de recurso ambiental referente ao abate ilegal de um exemplar de *Caryocar brasiliense* (pequizeiro) **101**

Introdução **102**
Metodologia **102**
Resultados e discussão **102**
Conclusão **105**

Valoração de dano ambiental ocasionado pela queimada de plantações de cana **106**

Introdução **106**
Valor de compensação em pecúnia **106**
Uso de tecnologia inadequada (CTI) **107**
Valor da palha queimada (VPQ) **108**

Perda dos serviços ambientais (PSA) **108**
Compensar, por hectare (C/ha) **109**
Compensação total, em pecúnia **109**

Valoração econômica de recurso ambiental referente a carga de carvão clandestino **111**

Introdução **111**
Carga de carvão clandestino **112**
Valoração dos danos ambientais **112**
Pressupostos das valorações **112**
Custos ambientais totais esperados (CATE) **113**
Valoração Econômica dos Recursos Ambientais (VERA) **116**
Emergia - Valoração ecológica-econômica - serviços ambientais **118**
Transformidade do carvão **120**
Emergia de uma carga de carvão (Ecc) **120**
Conversão da emergia em valor monetário (reais) **120**
Valor de compensação ambiental - VCP **121**

Valoração econômica referente a demolição de bem cultural **125**

Introdução **125**
Dano ao bem cultural **126**
Reparação do dano ao patrimônio cultural **128**
Medidas compensatórias **129**
Cálculo da estimativa econômica do dano a bem cultural **129**
Método adotado pela CEAT **129**
Aplicação do método de cálculo da estimativa econômica do dano **133**

Valoração de dano ambiental referente à atividade de sondagem (pesquisa mineral) **141**

Metodologia **141**
Mapa da propriedade Tesoureiro – Reserva Legal, APP, topografia e pontos de sondagem geológica **142**

Valoração ambiental devido à supressão de vegetação em APP e intervenções em Área de Preservação Florestal **146**
O método VCP **146**
Adequação do VCP(DFIM) às etapas do desmatamento **148**
Valoração dos danos ambientais decorrentes da supressão de três indivíduos da espécie Xaxim *(Dicksonia sellowiana)* **151**
Conclusão **152**

Valoração de dano ambiental pela empresa técnica industrial Tiph S.A. **154**

Introdução **154**
Valoração econômica dos danos ambientais **155**
CATE I - Custo ambiental total esperado devido a dano intermitente **156**
Cálculo do valor comercial (Vc) **156**
Cálculo dos custos ambientais para fins de reparação dos danos ambientais diretos (Cd) **159**
Fator de Conversão de Custos Ambientais Diretos em Indiretos ($F_{i/d}$) **161**
Taxa de Juros Anual (j) **162**
Cálculo do CATE I **163**
Conclusão **163**

Valoração econômica de danos ambientais decorrentes da emissão de poluentes atmosféricos pelas indústrias de ferro-liga situadas na sub-bacia do Rio Verde Grande (MG) **165**

Introdução **166**
Valoração econômica dos serviços ambientais afetados pelas indústrias de ferro-liga **170**
Estimativa das emissões de material particulado dos fornos **175**
Determinação das massas de ar para a diluição dos poluentes **175**
Cálculo da energia cinética das massas de ar **175**
Determinação da emergia das massas de ar **178**
Determinação do valor monetário dos serviços ambientais **179**
Resultados e discussão **180**
Conclusão **185**

Valoração de dano ocasionado pelo lançamento de esgotos sanitários ***in natura*** gerados em Divinópolis/MG no rio Itapecerica e correspondente medida de compensação ambiental **191**

Metodologia **192**
Caracterização da área de estudo **192**
Caracterização dos danos ambientais ocasionados aos recursos hídricos **194**
Valoração econômica dos danos ambientais **194**
Caracterização dos ecossistemas atingidos **194**
Definição da metodologia de valoração a ser aplicada **195**
Cálculo monetário dos serviços afetados **195**
Cálculo do VUD **196**
Cálculo do VUI **196**
Determinação da massa de água necessária à diluição das emissões **198**
Cálculo da energia potencial da massa de água **199**
Compensação ambiental **201**
Cálculo da área a ser recuperada **201**
Elaboração do mapa para identificação da mata ciliar a ser recuperada **202**
Valoração **203**
Quantificação da carga poluidora **203**
Valoração econômica dos danos ambientais **203**
Valor de Uso Direto - VUD **204**
Valor de Uso Indireto - VUI **204**
Cálculo da energia potencial da massa de água **205**
Cálculo da emergia **206**
Compensação ambiental **207**
Custos totais **209**
Cálculo da área a ser compensada **209**
Conclusão **210**
APÊNDICE A **211**
APÊNDICE B **215**

Valoração de dano ambiental ocasionado por efluente de lavanderia industrial **218**

Metodologia **218**
Resultados e discussão **219**
Valoração **220**
Conclusão **221**

Valoração de dano ambiental ocasionado por condomínio residencial horizontal **222**

Introdução **222**
Quantificação e valoração do dano ambiental **224**
Custos totais **227**
Conclusão **228**

Valoração de dano ambiental causado por lançamento irregular de efluentes oriundos de frigorífico **230**

Introdução **230**
Valoração do dano ambiental **232**
Cálculo da carga poluidora de SS **232**
Cálculo do Equivalente Populacional (EP) **233**
Conclusão **234**

Valoração de dano ambiental ocasionado pelo lançamento irregular de efluentes de laticínio em curso de água **235**

Introdução **235**
Quantificação do dano **236**
Cálculo da área recuperada pela reparação sugerida **237**
Conclusão **238**

Valoração ambiental de dano ocasionado por lançamento irregular de lodo gerado em estação de tratamento de água **239**

Introdução **239**
Quantificação e valoração do dano ambiental **242**
Sugestão de medida de compensação **245**
Custos totais **250**
Cálculo da área a ser compensada **251**
Conclusão **251**

Compensação ambiental por poluição hídrica: metodologia da Central de Apoio Técnico para a atuação do Ministério Público **253**

Introdução **253**
Metodologia **254**
Área de estudo **254**
Valoração e estimativa da área a ser recuperada **255**
Elaboração dos mapas **258**
Resultados **258**
Medida de reparação **259**
Custos totais **259**
Cálculo da área a ser compensada **260**
Instrumentos jurídicos **262**
Conclusão **267**

Valoração dos danos aos recursos hídricos decorrentes dos resíduos da barragem de mineração em Brumadinho/MG **269**

Introdução **270**
Metodologia **274**
Valoração econômica dos danos **276**
Cálculo do VUD **277**
Cálculo do VUI **277**
Resultados **279**

Turbidez **279**
Sólidos em suspensão total **280**
Manganês **280**
Chumbo total **281**
Alumínio e ferro dissolvidos **281**
Mercúrio total **281**
Valoração econômica – recursos hídricos **281**
Valor de Uso Direto – VUD **281**
Valor de Uso Indireto – VUI **283**
Quantificação da carga de rejeitos (lama) que atingiu o Rio Paraopeba **284**
Determinação da massa de água necessária à diluição dos rejeitos que atingiram o Rio Paraopeba **285**
Cálculo da energia potencial da massa de água **286**
Cálculo do Valor de Uso Indireto – VUI **286**
Conclusão **287**

Valoração ambiental por dano aos recursos hídricos ocasionado por falha na operação de estação elevatória de esgotos **289**

Introdução **289**
Metodologia **293**
Determinação da massa de água necessária à diluição das emissões **294**
Cálculo da energia potencial da massa de água **295**
Valoração monetária dos serviços ecossistêmicos **297**
Resultados **299**
Conclusão **300**

Considerações finais **301**

Glossário **321**

Valoração ambiental de dano ocasionado por lançamento irregular de lodo gerado em estação de tratamento de água

Alexandra Fátima Saraiva Soares
Paula Santana Diniz

RESUMO: O lodo gerado no processo de potabilização da água em estação de tratamento é enquadrado como resíduo sólido classe II A - não perigoso e não inerte, de acordo com a NBR 10.004/2004 (ABNT, 2004). A disposição inadequada desse resíduo pode provocar a degradação do meio ambiente, a contaminação de mananciais e do solo. Dessa forma, os danos ocasionados pelo lançamento irregular de duas estações que abastecem a cidade mineira de Ubá, pelo período de um ano, foram valorados em R$1.299.481,30 (um milhão duzentos e noventa e nove mil quatrocentos e oitenta e um reais e trinta centavos). Como medida de compensação, sugere-se recuperação de área equivalente a 41,17 hectares de mata ciliar na mesma bacia hidrográfica em que ocorreu o dano ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo de ETA. Estação de tratamento de água. Poluição hídrica, Valoração de dano ambiental.

Introdução

As estações de tratamento de água devem ser consideradas indústrias que têm a "água potável" como produto e o "lodo" como subproduto, de forma que a operação dessas ETAs não deve oferecer risco ou dano ambiental para atender à legislação pertinente quanto aos padrões ambientais.

Os resíduos gerados em ETAs vêm de água e de sólidos suspensos originalmente contidos na fonte de abastecimento (água bruta), acrescidos de produtos resultantes dos reagentes aplicados à água bem como suas impurezas durante o processo de tratamento. (RICHTER, 2001)

O lodo das ETAs é proveniente dos processos de floculação, decantação e filtração, além da água de lavagem dos filtros. Estudos de caracterização do lodo de ETAs apontam que, em geral, os valores dos parâmetros nos resíduos brutos ultrapassam os limites estabelecidos na legislação para lançamentos em cursos de água. (DN COPAM/CERH 01/2008 e Resolução Conama 430/2011)

Para lançar resíduos nos corpos d´água, faz-se necessário tratamento prévio a fim de adequar as características desses efluentes aos limites preconizados na legislação, de forma a não ocasionar poluição ou dano ambiental. Daí a importância de estudos para a disposição final correta do lodo, já que cada ETA gera lodo com características diferentes, dependendo do tratamento aplicado à água. Portanto, é preciso ter o conhecimento dessas características para se definirem os destinos adequados.

Destaque-se que, além da obrigação de atendimento aos padrões legais, os efluentes devem atender também ao enquadramento estabelecido para o respectivo trecho. Portanto, antes do lançamento no ambiente, deve-se proceder à remoção dos poluentes de forma a se adequar ao disposto na legislação vigente, que apresenta limites máximos toleráveis para diversos parâmetros tanto para os efluentes do processo de tratamento quanto para a classificação do corpo de água receptor, se for o caso.

Ademais, conforme o art. 3.°, III, "e" da Lei Federal 6.938/1981, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente, lançar matérias ou energia nos corpos de água em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos constitui poluição. (BRASIL, 1981)

Em geral, o conteúdo de sólidos totais no lodo de tanques de decantação varia entre 1.000 e 40.000mg/L (0,1% a 4%) e entre

40mg/L e 1.000mg/L (0,004% a 0,1%) na água de lavagem de filtros. (RICHTER, 2001)

Ainda segundo esse autor, 75-90% desses valores representam sólidos suspensos, 20-35% compostos voláteis, apresentando também uma pequena proporção de substâncias biodegradáveis e valores de pH próximos ao neutro.

Além dos sólidos, o lodo das ETAs caracteriza-se por conter resíduos como algas, bactérias, vírus, partículas orgânicas em suspensão, coloides, areias, argilas, siltes, cálcio, metais (alumínio, ferro, magnésio, manganês, etc.) – Portella *et al.* (2003). Alguns desses metais são potencialmente tóxicos a organismos aquáticos.

O potencial tóxico de resíduos depende de características físico-químicas do curso d´água, mas principalmente do teor de metais dissolvidos, adsorvidos à fase sólida, complexados, etc., da qualidade/tipo/dosagem dos coagulantes e de outros produtos químicos, pH de coagulação e o tipo de tecnologia de tratamento (operações e processos). Muitas vezes, as concentrações dos metais presentes nesses resíduos extrapolam os padrões estabelecidos na legislação.

Os metais mais concentrados nos lodos das ETAs são alumínio e ferro. A presença desses metais pode ser atribuída ao uso de sulfato de alumínio e do cloreto férrico como coagulantes no processo de tratamento de água. Também o chumbo, cobre, manganês e níquel podem estar presentes em concentrações acima dos limites legais nos resíduos amostrados. (SARAIVA SOARES *et al.*, 2009)

Os contaminantes dos lodos de ETAs – principalmente os metais – podem ter suas concentrações reduzidas por meio de ações simples de controle de uso e dosagem. Adoção de medidas operacionais como, por exemplo, "jar-test" para determinar dosagens mais econômicas de coagulantes, objetivando adequar as concentrações de alumínio nos lodos, também devem ser consideradas. Outro fator é a escolha de maior grau de pureza conforme critérios da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) dos produtos químicos utilizados no tratamento de água, o que contribui para a

adequação das concentrações de metais nos lodos. Adotadas essas medidas de "tecnologias limpas", deve-se proceder ao tratamento do resíduo final antes de seu lançamento no ambiente.

Quantificação e valoração do dano ambiental

As ETAs de Ubá operam na modalidade de tratamento de ciclo completo ou convencional e não dispõem de tratamento dos resíduos gerados no processo de potabilização da água. (Tabela 1)

Tabela 1 - Informações acerca das ETAs de Ubá

ETA	Manancial	Tipo de Tratamento	Coagulante	Tratamento Lodo
Peixoto Filho	Córrego Ubá Pequeno	Convencional	Sulfato de alumínio líquido	Não há
Miragaia	Ribeirão Ubá[48]	Convencional	Cloreto férrico	Não há

Fonte: Parecer Técnico de Meio Ambiente. IC 0699.17.001115-8; SGDP 2976047; SISCEAT 34603045, 2019.

De acordo com Mark Hammer e Andreoli (2006), o volume de lodo removido das unidades da etapa de clarificação da água não deve exceder a 5%. Destaque-se que cada ETA gera resíduos com características diferentes, em função da água bruta e do tratamento aplicado.

Em média, nas ETAs de Ubá a geração de resíduos corresponde a 1,5% da produção de água informada pela concessionária de saneamento por meio da CE 020/2015 – DPSE/DTAR (COPASA, 2020), bem como a densidade média do lodo gerado nas ETAs[49] e

48 Esse ponto de captação que se localizava na região de Pires da Luz foi alterado devido à contaminação por esgoto sanitário proveniente do bairro Santa Rosa. Atualmente, o ponto de captação situa-se a montante do ponto anterior.

49 Foi considerada a densidade de 1,236kg/m³ (valor médio para o lodo extraído da ETE, o qual, desidratado, possui uma concentração de sólidos de 30%) apresentada

o período de funcionamento das estações apresentado pela Arsae (2013)[50], estimados o volume e a massa anual de lodo. (Tabela 2)

Tabela 2 - Quantificação da massa de lodo gerada por ano nas ETAs de Ubá

ETA	Vazão de água tratada (m^3/h)51	Período de funcionamento ETA (h/dia)[52]	Volume de lodo líquido – a ser tratado (m^3/ano)[53]	Massa de lodo – base úmida (ton/ano)[54]	Massa seca de lodo – a ser disposto (ton/ano)[8]
Miragaia	450	21	51.738,75	63,95	19,19
Peixoto Filho	663,6	23	83.563,83	103,28	30,98
Total	1.113,6		135.302,58	167,23	50,17

Para proceder à valoração, a metodologia considera os custos de operação/manutenção para tratamento (desidratação) e disposição final de lodo de ETA. Como referência, utilizou-se a memória de cálculo apresentada por Odebrecht Ambiental (valores-base 2015).

por RITCHER, Carlos A. Tratamento de lodos de estações de tratamento de água. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

50 ARSAE. Relatório de Fiscalização do Sistema de Abastecimento de Água da sede do município de Ubá. Disponível em: <http://www.arsae.mg.gov.br/images/documentos/rf_tec_op_saa_uba.pdf>.

51 COPASA Comunicação Externa 020/2015 - DPSE/DTAR, de 27/05/2015 (fls. 51/52 do IC).

52 ARSAE (2013) *apud* Parecer Técnico de Meio Ambiente – IC 0699.17.001115-8; SGDP 2976047; SISCEAT 34603045, de 22/5/2019.

53 Consideraram-se para fins de cálculo 365 dias por ano. Volume [m^3/a] = vazão [m^3/h] x percentual geração de lodo [1,5%] x 365 [d/a] x período de funcionamento ETA [h/d].

54 Massa [kg/a] = Densidade [kg/m^3] x Volume [m^3/a]. Foi considerada a densidade de 1,236 kg/m^3 (ver nota 8).

Na composição dos custos operacionais foram considerados mão de obra, energia elétrica, produtos químicos e materiais (geobag) e manutenção, conforme documento em anexo e Tabela 3.

A metodologia de valoração utilizada neste Parecer Técnico consta na ABNT NBR 14653-6/2008 no item 8.6.1.4 - custos de controle evitados.

Tabela 3 - Custos de operação para o tratamento (desidratação) e disposição final de lodo de ETA

Tratamento (desidratação)	Ref.	Valores (R$/ano)	Valores ajustados[55] (R$/ano)
Geobag com polímero	Odebrecht Ambiental (2015)	R$979.443,3756	R$ 1.291.542,51
Disposição final			
Aterro sanitário	Odebrecht Ambiental (2015)	R$ 6.020,4057	R$ 7.938,79
TOTAL			R$1.299.481,30

A valoração dos danos pelo método de custos evitados resultou em um *quantum debeatur* de R$1.299.481,30, que correspondem ao que o empreendedor deixou de gastar no controle (tratamento e disposição) dos resíduos gerados no processo de potabilização da água fornecida em Ubá e que foram indevidamente lançados nos cursos de água no período de um ano. Esse valor corresponde a R$1,11/mês por habitante da área urbana.[58]

55 Correção conforme fator de atualização monetária do TJMG por meio do mecanismo interno da CEAT/MPMG. Disponível em: https://aplicacao.mpmg.mp.br/siscat/calcularAtualizacaoMonetaria.do. Acesso em: 1.° set. 2020. Data do valor histórico: 1.°/1/2015; mês/ano de referência para atualização: agosto de 2020.

56 Valor obtido pela memória de cálculo da Odebrecht Ambiental, excluindo transporte e disposição de lodo, que corresponde a R$ 718.100 para o tratamento de 99.200m³/ano de lodo de ETA.

57 Considerando R$120/ton./ano de lodo desidratado – transporte e disposição final do lodo desidratado. Fonte: Odebrecht. Valores na base 2015.

58 Considerado a população urbana de Ubá (censo 2010, IBGE) de 97.636 habitantes.

Embora as ETAs de Miragaia e Peixoto Filho estejam operando há 29 anos e 41 anos, respectivamente[59], para fins de cálculos da valoração considerou-se o período de um ano.

Sugere-se que esse valor seja revertido na recomposição/recuperação de matas ciliares de cursos de água situados nas mesmas bacias hidrográficas em que o dano foi ocasionado.

Sugestão de medida de compensação

Resultados dos trabalhos apresentados pela Fundação SOS Mata Atlântica (2015)[60] e pela ANA (2013)[61] refletem a influência da inadequada gestão das bacias hidrográficas, especialmente em áreas urbanizadas, sobre a deterioração da qualidade das águas superficiais, indicando a relevância de se preservarem os mananciais.

Em vistoria realizada pela CEAT em 12/4/2019 nas ETAs Miragaia e Peixoto Filho[62] foram constatados processos erosivos e precária vegetação ciliar nas margens do Córrego Ubá Pequeno e Ribeirão Ubá, mananciais e receptores dos resíduos (lodo), sem prévio tratamento, gerados nos processos de potabilidade da água – Figuras 1 a 4.

A vegetação ciliar dos corpos de água desempenha função ambiental de extrema importância na manutenção da qualidade da água porque reduz processos erosivos (solapamento das

59 COPASA Comunicação Externa n.º 020/2015 - DPSE/DTAR. Miragaia: instalada em 1991 (2020 -1991 = 29 anos) e Peixoto Filho: instalada em 1979 (2020-1979 = 41 anos).

60 A Fundação SOS Mata Atlântica (2015) realizou um levantamento com a análise da qualidade da água em 301 pontos de coleta situados em 111 rios, córregos e 6 lagos de cinco estados brasileiros e o Distrito Federal. FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. Análise da qualidade da água 2015. São Paulo. Disponível em: https://www.sosma.org.br/projeto/rededasaguas/analisedaqualidadedaagua2015/. Acesso em: 12 jun. 2015.

61 ANA (2013) apresentou relatório sobre a qualidade das águas no Brasil, baseado em dados coletados em 2011. ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013. Agência Nacional de Águas, 432 p., Brasília, DF, 2013.

62 Parecer Técnico de Meio Ambiente CEAT/MPMG – IC 0699.17.001115-8; SGDP 2976047; SISCEAT 34603045.

margens) e o assoreamento, estabilidade dos solos, regularização dos ciclos hidrológicos e conservação da biodiversidade. Também contribui para reduzir a velocidade das águas que chegam aos corpos de água, o que mantém a qualidade do recurso hídrico ao impedir a entrada de poluentes para o meio aquático. (SARAIVA SOARES et al., 2018)

Figura 1 - Canalização do córrego Ubá Pequeno a jusante da captação na área da ETA Peixoto Filho.



Fonte: dos autores.

Figura 2 - Detalhe da figura anterior. Nota-se o processo erosivo e ausência de mata ciliar.



Fonte: dos autores.

Figura 3 - Processo erosivo de área de preservação permanente do córrego Ubá Pequeno.



Fonte: dos autores.

Figura 4 - Outra vista da figura anterior.
Ao fundo, vista das instalações da ETA Peixoto Filho.



Fonte:dos autores.

Calculou-se, como medida de reparação pelos danos ocasionados pelo lançamento irregular dos resíduos gerados nas ETAs de Ubá, o custo de revegetação de áreas degradadas, tendo como referência estudo de recuperação de área degradada do Parque Sucupira realizado pela Faculdade UnB de Planaltina – FUP (RODRIGUES, 2016)

Tabela 4 - Atividades do programa de recuperação de áreas degradadas nas fases de implantação, manutenção e monitoramento

IMPLANTAÇÃO	
Cercamento da área	Isolamento da extensão revegetada com estacas de madeira e fio de arame farpado.
Sinalização da área	Confecção e alocação de placas de aviso em locais estratégicos ao longo do perímetro da área de recuperação.
Manejo de pragas	Controle de formigas e cupins por meio de iscas com substâncias e quantidades previamente aprovadas segundo as normas vigentes.
Preparo do solo	Coveamento para plantio, propondo covas para todas as mudas com as dimensões de 45 x 45 x 60cm (largura x comprimento x profundidade).
Plantio de mudas	O plantio, preferencialmente na época chuvosa, com espaçamento de 3x2m, utiliza entre 50% e 60% de espécies pioneiras, que são de crescimento rápido, cerca de 10% de climácicas e entre 30% e 40% de espécies secundárias.
Coroamento	Limpeza manual da vegetação herbácea e subarbustiva exótica, focando mais na redução da densidade da vegetação ao longo da linha de plantio das mudas.
Tutoramento	Fixação de tutores de bambu para suporte às mudas que também servirão para a fácil localização e monitoramento.
Calagem	Distribuição de 100g de calcário dolomítico por cova para corrigir a acidez do solo.
Adubação	Aplicação de 150g de adubo químico NPK 4:14:8 (4 partes de nitrogênio, 14 partes de fósforo e 8 partes de potássio), mais vinte litros de adubo orgânico (esterco de curral).
MANUTENÇÃO	
Adubação de cobertura	Adubação realizada no início do ciclo das chuvas de 30 a 90 dias pós-plantio.

IMPLANTAÇÃO	
Replantio de mudas	Avaliação da sobrevivência e reposição e replantio de mudas mortas preferencialmente no período chuvoso para diminuir os custos.
Tratos silviculturais	Coroamento ao final do período chuvoso, roçadas de acordo com a avaliação da área e controle de pragas com iscas e roçagem.
Medidas de prevenção de incêndios	Controle de incêndios por meio de aceiramento e vigilância da área durante o período de seca.
MONITORAMENTO	
Plano de Monitoramento	Atividades de adubação de cobertura, tratos silviculturais e prevenção de incêndios com supervisão de profissional habilitado.
Supervisão técnica	Acompanhamento das atividades de implantação, manutenção e monitoramento por profissional técnico habilitado.

Custos totais

Cercamento: R$19,24/m* 300m = R$ 5.772/ha

Sinalização da área: R$ 316,31/m² * 2 = R$ 632,62/ha

Manejo de pragas: R$ 84,21/ha

Preparo do solo: R$ 3.230/ha

Insumos para preparo do solo e para o plantio das mudas (calagem, adubação, mudas): R$ 12.765/ha

Plantio das mudas, coroamento, adubação e tutoramento: R$ 5.871,50/ha

Manutenção (adubação de cobertura, combate a pragas e replantio das mudas mortas): R$ 3.015,20

Prevenção de incêndios: R$190/ha

Assim o custo total da recomposição da flora nativa é de:

R$ 5.772/ha + R$ 632,62/ha + R$ 84,21/ha + R$ 3.230/ha + R$ 12.765,00/ha + R$ 5.871,50/ha + R$ 3.015,20 + R$190/ha = **R$ 31.560,53/ha**

Logo, o custo para revegetar um hectare de área degradada totaliza **R$ 31.560,53.**

Cálculo da área a ser compensada

A área a ser compensada considera o valor total da valoração dos danos ocasionados pelo lançamento irregular de resíduos das ETAs no ambiente e o custo estimado para recuperar um hectare. Logo, a área sugerida para ser recuperada é:

$$Área = \frac{R\$1.299.481,30}{R\$31.560,35} = 41,17 \text{ ha}$$

Sugere-se que a área a ser recuperada seja definida junto com a Secretaria de Meio Ambiente do município e Instituto Estadual de Florestas, preferencialmente na mesma bacia hidrográfica onde ocorreu o dano, conforme art. 1.°, V, da Lei 9.433/1997 (Política Nacional de Recursos Hídricos).

Conclusão

O método utilizado pela concessionária de saneamento em Ubá para a potabilização da água gera resíduos (lodos) que podem causar poluição e, portanto, Dessa forma, esses resíduos (lodo) gerados no tratamento de água devem ser devidamente tratados e dispostos.

Os danos ocasionados pelo lançamento irregular de lodo das ETAs Miragaia e Peixoto Filho em cursos de água, pelo perí-

odo de um ano, foram valorados em R$1.299.481,30 (um milhão duzentos e noventa e nove mil quatrocentos e oitenta e um reais e trinta centavos).

Como medida de compensação, sugere-se recuperação de área equivalente a 41,17 hectares de mata ciliar[63] na mesma bacia hidrográfica em que ocorreu o dano ambiental.

63 área que pode variar em função dos custos envolvidos no caso concreto, como contenção de taludes/margens de cursos de água e outros.