

Débora do Vale Schaper

**PROPOSIÇÃO E APLICAÇÃO DE UM ÍNDICE DE
RELEVÂNCIA, TEMPORALIDADE E ABRANGÊNCIA PARA
VALORAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS**

Dissertação submetida ao Programa de
Mestrado Profissional em Engenharia
Ambiental da Universidade Federal de
Santa Catarina para a obtenção do
Grau de Mestre em Engenharia
Ambiental.

Orientador: Prof^a. Nadia Bonumá Dr^a.

Florianópolis

2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

do Vale Schaper, Débora

Proposição e aplicação de um índice de relevância,
temporalidade e abrangência para valoração de danos
ambientais / Débora do Vale Schaper ; orientadora, Nadia
Bernardi Bonumá - Florianópolis, SC, 2015.

98 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade
Federal de Santa Catarina, . Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Ambiental.

Inclui referências

1. Engenharia Ambiental. 2. Valoração Ambiental. 3.
Valoração de Danos Ambientais. 4. Recuperação. 5. Serviços
Ecosistêmicos. I. Bernardi Bonumá, Nadia. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós
Graduação em Engenharia Ambiental. III. Título.

Débora do Vale Schaper

**PROPOSIÇÃO E APLICAÇÃO DE UM ÍNDICE DE
RELEVÂNCIA, TEMPORALIDADE E ABRANGÊNCIA, PARA
VALORAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Engenharia Ambiental”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental.

Florianópolis, 25 de setembro de 2015

Prof. Maurício Luiz Sens, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof.^a Nadia Bernardi Bonumá, Dr.^a
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto, Dr.^a
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Guilherme Farias Cunha, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Pablo Heleno Sezerino, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Ao término de um curso de mestrado a realização pessoal vem da certeza que conseguimos progredir academicamente, tecnicamente e humanamente. A convivência durante todo este período com professores, colegas e orientadores, todos dedicados ao meio ambiente, renova as esperanças de que podemos ter um futuro melhor. Tratar de questões ambientais é tratar de um bem coletivo, é pensar no todo e em todos, agora e no futuro.

Eu gostaria de agradecer especialmente aos meus colegas de mestrado que fizeram com que esses meses de aulas, mesmo após o cansaço de um dia de trabalho, fossem mais leves, e diversas vezes muito divertidos.

Ao Gustavo gostaria de agradecer pelo amor, companheirismo e por ser a minha melhor torcida sempre! A vida e todas as conquistas são mais felizes estando ao seu lado.

Aos meus queridos pais, Vilma e Wando, que se dedicaram e se doaram tanto à nossa família. O amor e os ensinamentos de vocês me possibilitaram seguir o meu caminho com confiança. A minha irmã Marinão por ser mais que parte da minha família e ser também uma grande amiga.

A Universidade Federal de Santa Catarina que se propôs a fornecer um curso de mestrado que pudesse atender a profissionais que estão no mercado de trabalho, mas que têm o desejo de se aperfeiçoar e ampliar seus conhecimentos sem abrir mão da qualidade. Esta iniciativa eleva o padrão do que vem sendo desenvolvido nas empresas, e aproxima o conhecimento acadêmico da prática.

A Giani, Marta e Joaquim pelos meus primeiros fundamentos em meio ambiente aplicado à mineração e por compartilharem comigo seus conhecimentos.

A Professora Nadia Bonumá pela disponibilidade em me orientar e pelas contribuições para este trabalho.

Ao Professor Geraldo Wilson Fernandes da UFMG que com seu entusiasmo pela natureza cultivou em mim o encantamento pela área ambiental.

*“Tendo em conta as condições de que dispõe e na medida do possível,
é a natureza que faz sempre as coisas mais belas e melhores.”*

Aristóteles

RESUMO

Em situações específicas, onde se comprova a ocorrência de danos ambientais, a valoração econômica do recurso ambiental afetado pode constituir em uma ferramenta que fornece embasamento técnico para o alcance da reparação integral dos mesmos. Existem diversos métodos de valoração que objetivam captar as distintas parcelas do valor econômico dos recursos naturais. No caso de danos ambientais a avaliação tem foco nas alterações causadas no meio ambiente que direta ou indiretamente causaram uma degradação ambiental. Esta diretriz encontra-se alinhada com o disposto na legislação ambiental vigente, que prevê primeiramente, a recuperação do bem lesado; e posteriormente, de forma subsidiária, a indenização pecuniária. O objetivo deste trabalho é consolidar um índice passível de ser aplicado na valoração econômica de danos ambientais. O referido índice integra fatores de relevância, temporalidade e abrangência. O Fator de Relevância - FR – é composto por indicadores ambientais que foram selecionados com base nas restrições e grau de proteção impostos pelos instrumentos e dispositivos legais, e busca representar a relevância ambiental da área afetada por determinado dano. O Fator de Temporalidade - FT busca refletir o período em que o recurso ambiental ficou comprometido em decorrência do dano, enquanto o Fator de Abrangência – FA busca refletir a extensão total da degradação. O somatório dos fatores de relevância, temporalidade e abrangência compõe o índice que pode chegar ao valor máximo de 1 ou 100%. O valor obtido a partir do índice pode ser aplicado sobre o total da valoração ambiental realizada buscando representar alguma parcela do recurso que não havia sido computada ou ainda fornecer subsídio técnico para cálculo de multa e indenizações. Um exemplo prático de valoração de danos ambientais e da aplicação do índice foi realizado para o caso da ruptura da Cava C1, ocorrida em junho de 2001 em Nova Lima, MG. Devido à ruptura, a estrutura utilizada para contenção de rejeitos do beneficiamento de minério de ferro da extinta Mineração Rio Verde Ltda., liberou 530.000 m³ de lama ao longo do vale a jusante causando elevada degradação ambiental em 79 hectares de Mata Atlântica no interior de Unidades de Conservação. A valoração realizada estimou o valor do dano ambiental em R\$ 22.520.286,29, sendo R\$ 5.662.934,49 referentes

somente às ações de recuperação. Considerando a relevância da área afetada e a abrangência e temporalidade do dano ambiental ocorrido, o índice representou um valor numérico de 0,64 (ou 64%) que foi incidido sobre os custos de recuperação. Em valores pecuniários a aplicação do índice resultou em um montante de R\$ 3.595.963,40, para o qual foram propostas três alternativas de aplicabilidade: composição da valoração ambiental, subsídio técnico para cálculo de multa, e por fim, sinalização do valor que poderia ter sido gasto com medidas de controle e prevenção do risco.

Palavras-chave: Valoração Ambiental; Valoração de Danos Ambientais, Recuperação de Áreas Degradadas, Serviços Ecossistêmicos.

ABSTRACT

In specific situations which prove the occurrence of environmental damage, economic valuation of the affected environmental resource can be a tool that provides technical basis for achieving full reclamation. There are several methods of valuation that aim to capture the different portions of the economic value of natural resources. For environmental damage the assessment focuses on the changes that caused, directly or indirectly, degradation. This guideline is aligned with the requirements of environmental regulations, which primarily, establish the obligation for reclamation; and later, on an alternative way, the monetary compensation. The objective of this project is to consolidate an index that can be applied to the economic valuation of environmental damages. That index address issues about environmental relevance, temporality and coverage of the damage. The Relevance Factor consists in environmental indicators which were selected based on constraints and degree of protection imposed by legal instruments, and aim to represent the environmental significance of the area affected by damage. The Factor of Temporality aim to reflect the period which the environmental resource has been compromised due to damage, while the Coverage Factor objective to reflect the extension of degradation. The sum of the relevance, temporality and coverage factors comprises the index that can achieve the value of 1 or 100%. The value obtained from the index can be applied to the total environmental valuation carried out in order to represent some portion of the natural resource that had not been computed, or provide technical subsidies for fine calculation or financial provision. A practical example of environmental valuation and index application was developed with the failure of the pit Cava C1, which took place in June 2001 in Nova Lima, Minas Gerais. Due to the failure, the structure used to contain tailings from iron ore beneficiation owned by Rio Verde Mining released 530,000 cubic meters of mud along the downstream valley causing high environmental degradation in 79 hectares of Mata Atlântica Tropical Forest located in protected areas. The valuation performed estimated the value of environmental damage at R\$ 22,520,286.29, of which R\$ 5,662,934.49 was related only to the reclamation actions. Considering the relevance of the affected area and the extent and timeliness of

environmental damage occurred, the index represents a numerical value of 0.64 (or 64%) which was applied on the reclamation costs. In monetary value the index application resulted in an amount of R\$ 3,595,963.40, for which were proposed three applicability alternatives: composition of the environmental valuation, technical subsidy for fine calculation, and finally, signaling the value that could have been spent on control measures and risk prevention.

Keywords: Environmental Valuation; Environmental Damage Valuation; Reclamation, Ecosystem Services.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação do valor econômico de um recurso ambiental ..	29
Figura 2 - Impactos socioeconômicos da ruptura de barragens de rejeitos	56
Figura 3 - Croqui esquemático da ruptura da Cava C1	59
Figura 4 - Imagem da ruptura da Cava C1	59
Figura 5 - Vista do Vale Taquaras após ruptura da Cava C1	64
Figura 6 - Análise temporal da recuperação das áreas degradadas pela ruptura da Cava C1.....	73
Figura 7 - Análise comparativa de um mesmo trecho afetado pela ruptura da Cava C1 em 2002 e em 2012.....	74
Figura 8 - Valores dos serviços ecossistêmicos da Mata Atlântica.....	81
Figura 9 - Centro da cidade de Mirai após a ruptura da Barragem São Francisco	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de Valores Captados pelos Métodos de Valoração	32
Tabela 2 - Índice de Relevância, Temporalidade e Abrangência para Valoração de Danos Ambientais.	52
Tabela 3 - Histórico de Acidentes com Estruturas de Contenção de Rejeitos em Minas Gerais	55
Tabela 4 - Valores de Referência para Recuperação de Áreas Degradadas	77
Tabela 5 - Arrecadação Referente às Unidades de Conservação do Município de Nova Lima, entre Janeiro e Junho de 2010.....	79
Tabela 6 - Estimativas da Valoração Ambiental dos Danos da Ruptura da Cava C1	80
Tabela 7 - Alternativa para Valoração Ambiental dos Danos da Ruptura da Cava C1	82
Tabela 8 - Índice de Relevância Aplicado ao Estudo de Caso Prático de Valoração dos Danos Ambientais pela Ruptura da Cava C1	84
Tabela 9 - Aplicação do Índice na Valoração Ambiental dos Danos da Ruptura da Cava C1	85
Tabela 10 - Razão Danos Reais/Danos Potenciais	87

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

APA – Área de Proteção Ambiental
APE- Área de Proteção Especial
APP – Área de Preservação Permanente
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente
COPAM - Conselho Estadual de Política Ambiental
DAP – Disposição A Pagar
DAR – Disposição a Receber
EIA – Estudo de Impacto Ambiental
FA- Fator de Abrangência
FEAM – Fundação Estadual de Meio Ambiente
FR – Fator de Relevância
FT – Fator de Temporalidade
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBIO – Instituto Chico Mendes
ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
MCV – Método do Custo Viagem
MMA- Ministério do Meio Ambiente
MPMG- Ministério Público do Estado de Minas Gerais
MVC – Método Valoração Contingente
NA – Nível de Água
ONU – Organização das Nações Unidas
PIB – Produto Interno Bruto
RIMA- Relatório de Impacto Ambiental
RMBH – Região Metropolitana de Belo Horizonte
SISNAMA - Sistema Nacional de Meio Ambiente
SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação
UC – Unidade de Conservação
VE – Valor de Existência
VERA – Valor Econômico do Recurso Ambiental
VO – Valor de Opção
VUD – Valor de Uso Direto
VUI – Valor de Uso Indireto

ZEE- Zoneamento Ecológico Econômico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	21
2. OBJETIVOS	25
2.1 OBJETIVO GERAL.....	25
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	27
3.1 VALORAÇÃO AMBIENTAL.....	27
3.2 RESPONSABILIDADE POR DANOS AMBIENTAIS	33
3.3 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL	35
4. METODOLOGIA.....	39
4.1 JUSTIFICATIVA	39
4.2 COMPOSIÇÃO DOS FATORES DO ÍNDICE.....	41
4.2.1 <i>Fator de Relevância</i>	41
4.2.2 <i>Fatores de Temporalidade e Abrangência</i>	49
4.3 COMPOSIÇÃO DO ÍNDICE PARA VALORAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS	51
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO: APLICAÇÃO PRÁTICA DO ÍNDICE NO CASO DA RUPTURA DA CAVA C1 – MINERAÇÃO RIO VERDE – NOVA LIMA-MG	53
5.1 ASPECTOS DA SEGURANÇA DOS SISTEMAS DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS	53
5.2 INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS REFERENTES À RUPTURA DA CAVA C1	57
5.2.1 <i>Aspectos da Ruptura</i>	58
5.2.2 <i>Danos Ambientais Decorrentes da Ruptura</i>	60
5.2.3 <i>Aspectos da Sentença</i>	69
5.3 VALORAÇÃO AMBIENTAL DOS DANOS DECORRENTES DA RUPTURA DA CAVA C1	70
5.3.1 <i>Seleção dos Danos Ambientais Passíveis de Serem Valorados</i> 71	
5.3.2 <i>Estimativa do Período de Comprometimento dos Recursos Naturais</i>	72
5.3.3 <i>Valoração dos Danos Ambientais</i>	75

5.4	APLICAÇÃO PRÁTICA DO ÍNDICE DE RELEVÂNCIA, TEMPORALIDADE E ABRANGÊNCIA.....	82
6.	CONCLUSÃO.....	89

1. INTRODUÇÃO

Com a Constituição Federal Brasileira de 1988, o meio ambiente foi trazido para o foco das decisões políticas, com o reconhecimento da ligação entre desenvolvimento social e econômico e qualidade do meio ambiente. Aos poucos se começou a delinear uma abordagem integradora, que se opõe à visão desenvolvimentista clássica adotada até então. Esta mudança gradual de paradigma é verificada não somente na esfera federal, mas também nos Estados, e Municípios, que passaram a dividir, com o Governo Federal, parcela considerável de responsabilidade pela condução das políticas ambientais (MMA, 2002).

A Constituição de 1988 estabeleceu no Artigo 225 que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. Adicionalmente, a Constituição estabeleceu que as condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados. No Brasil, portanto, a responsabilidade por danos ambientais tem três aspectos: penal, administrativo e civil, consagrando-se, assim, um regime de responsabilização que, por seu rigor e abrangência, se mostra proporcional à importância do direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, corolário do direito à vida (BADINI, 2011).

A Política Nacional de Meio Ambiente, instituída pela Lei nº 6.938 de 1981, já consagrava a imposição ao poluidor da obrigação de indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, afetados por sua atividade, sem obstar a aplicação das penalidades previstas e independentemente da existência de culpa. Em síntese, ambos os instrumentos legais supracitados, instituem a obrigação primeira de reparar os danos causados ao meio ambiente.

Segundo Marques (2011), a reparação do dano, com tentativa de restabelecimento da situação anterior, é sempre preferencial, não podendo ser substituída pela indenização. Em contrapartida, não se pode conceber que uma vegetação que se tenta recompor, com o mero plantio, tenha o mesmo valor daquela que preexistia. Não se pode, com a nova situação, em pouco tempo, recompor a biodiversidade, possibilitar a mesma proteção ao solo e aos recursos hídricos. Há evidente depreciação do bem ambiental. O degradador deverá indenizar por essa depreciação, estimando-se um período em que a situação (tentativa de

recomposição) vai persistir, considerando-se até que haja completo restabelecimento.

Assim, em situações específicas, onde se comprova a ocorrência de danos ambientais, a valoração econômica do bem ou serviço ambiental afetado pode constituir em uma ferramenta que fornece embasamento técnico para o alcance da reparação integral dos mesmos. Segundo Badini (2011), a valoração neste sentido trata de atribuir a tal bem ou serviço uma expressão econômica, que incidirá, no campo jurídico, numa prestação pecuniária a ser imposta ao agente degradador, e cujo valor deverá ser revertido em ações de recuperação e melhoria da qualidade ambiental, podendo ainda ser destinado a fundos, entidades ou organizações que tenham compromisso formal com o retorno de recursos ao local do dano constatado.

No âmbito da valoração ambiental existem diversos métodos de valoração que objetivam captar as distintas parcelas do valor econômico dos recursos naturais. Cada método apresenta limitações em suas estimativas, as quais estarão quase sempre associadas ao grau de sofisticação metodológica, à necessidade de dados e informações, às hipóteses sobre comportamento dos indivíduos e da sociedade e ao uso que será dado aos resultados obtidos (MOTTA, 1997).

Diversos trabalhos de valoração ambiental têm sido realizados ao redor do mundo (Costanza et al. 1997, de Groot et al. 2012), porém poucos têm se concentrado em países em desenvolvimento (Adams et al. 2008). No Brasil, trabalhos envolvendo essa temática já foram feitos tendo como enfoque a Mata Atlântica (Santos et al. 2001, Camphora & May 2006, Adams et al. 2008), Amazônia (Peters et al. 1989, Fearnside 1999) e Pantanal (Shrestha et al. 2002, Moraes et al. 2009). Raros foram desenvolvidos no bioma Cerrado (Resende et al. 2013).

Assim para a valoração de danos ambientais, além das limitações metodológicas há ainda as limitações de referências e estudos que tratem da biodiversidade específica de determinados ecossistemas típicos dos estados brasileiros. Em muitos casos é necessário fazer aproximações ou utilizar dados mais amplos para se conseguir estimar economicamente todos os atributos de determinado recurso natural, o que pode refletir em uma valoração super ou subestimada.

Neste contexto, este trabalho propõe um índice numérico capaz de expressar a relevância ambiental dos ecossistemas afetados e a dimensão do dano em termos de temporalidade e abrangência. O valor obtido constituirá em um fator multiplicador da valoração do dano ambiental, refletindo em um valor pecuniário que poderá fornecer subsídio técnico para cálculo de multa e indenizações, ou ainda compor

a valoração ambiental na ausência de valores específicos para determinados atributos do recurso natural.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Propor um índice passível de ser aplicado na valoração econômica de danos ambientais.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Estabelecer fatores de relevância ambiental através da consolidação da legislação ambiental vigente no que tange ao grau de proteção imposto pela mesma;
- ✓ Estabelecer fatores de temporalidade e abrangência para diferentes tipos de danos ambientais através de sistemas classificação existentes e/ou avaliação de danos anteriores;
- ✓ Realizar estudo de caso prático para a ruptura da Cava C1, desenvolvendo a valoração dos danos ambientais ocorridos e aplicando o índice proposto;
- ✓ Avaliar comparativamente o valor obtido, a partir da valoração realizada e aplicação do índice proposto, com os valores reais praticados no caso da ruptura da Cava C1.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 VALORAÇÃO AMBIENTAL

A crescente preocupação com a escassez dos recursos naturais e com o futuro das próximas gerações fez surgir o conceito de desenvolvimento sustentável, uma solução conciliadora entre crescimento econômico e o uso sustentável dos recursos naturais (MAIA, 2004).

Uma das discussões correntes desde a Conferência sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas, realizada em 1992 no Rio de Janeiro, é justamente a mensuração do desenvolvimento sustentável. Até então, as estatísticas sobre o meio ambiente eram totalmente dissociadas da economia. Embora produzissem índices considerados úteis para organizar e apresentar dados ambientais em quantidades físicas eram incapazes de incorporar dados monetários para permitir a conexão com variáveis econômicas (MAIA, 2004).

Alguns argumentam que a valoração de ecossistemas é impossível ou mesmo imprudente, e que não é possível precificar aspectos intangíveis como a vida humana, a estética ambiental, ou benefícios ecológicos no longo prazo. Mas, de fato, nós fazemos isso todos os dias. Quando desenvolvemos regras de trânsito e normas construtivas para estradas e pontes, nós valoramos a vida humana, porque despendemos mais dinheiro na construção para salvarmos vidas. Assim, faz sentido perguntar como as mudanças na quantidade ou qualidade de vários tipos de capital natural e dos serviços ecossistêmicos pode ter um impacto sobre o bem-estar humano. (COSTANZA, 1997)

Encontramos na literatura uma série de métodos de valoração capazes de fazer esta conexão entre a provisão dos recursos naturais e a estimativa econômica de seus benefícios. Entretanto, ainda não há um consenso quanto à eficiência de um método em relação ao outro, mesmo porque não há como precisar o real preço de um bem ou serviço ambiental. Temos ainda um profundo desconhecimento das complexas relações da biodiversidade, da capacidade de regeneração do ambiente, e seu limite de suporte das atividades humanas. (MAIA, 2004)

Segundo Seroa da Motta (1997), o valor econômico dos recursos ambientais é derivado de todos os seus atributos, que podem ou não estar associados a um uso, e ainda, podem ser relativos ao uso pelas gerações atuais ou pelas gerações futuras. Assim, é comum na literatura desagregar o Valor Econômico do Recurso Ambiental (VERA) em

Valor de Uso (VU) e Valor de Não-Uso (VNU). Os Valores de Uso podem ser, por sua vez, desagregados em: Valor de Uso Direto (VUD), Valor de Uso Indireto (VUI) e Valor de Opção (VO). O Valor de Não-Uso representa o Valor de Existência (VE) que está dissociado do uso e deriva-se de uma posição moral, cultural, ética ou altruística em relação aos recursos naturais, mesmo que estas não representem uso atual ou futuro para o indivíduo.

Por fim, o Valor Econômico de um Recurso Ambiental (VERA) pode ser representado da seguinte forma:

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

(1)

Onde:

VUD = valor de uso direto = valor que os indivíduos atribuem a um recurso ambiental em função do consumo direto, por exemplo, na forma de extração, ou outra atividade de produção.

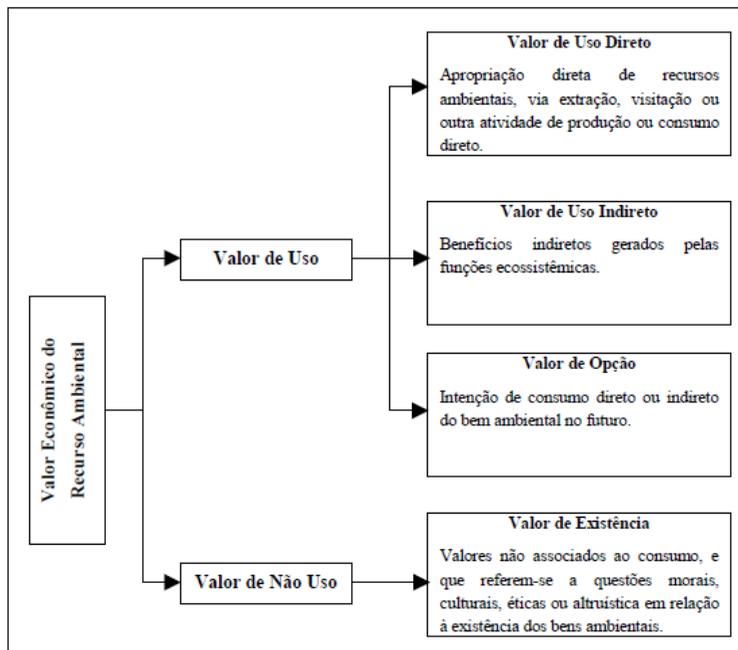
VUI = valor de uso indireto = valor que os indivíduos atribuem a um recurso ambiental quando o benefício do seu uso deriva de funções ecossistêmicas.

VO = valor de opção = é o valor que os indivíduos estão dispostos a pagar para manterem a opção de um dia fazer uso, de forma direta ou indireta, do recurso ambiental.

VE = valor de não-uso ou de existência = é o valor que deriva de uma posição moral, cultural, ética ou altruística em relação ao recurso ambiental.

A desagregação do valor econômico dos recursos ambientais é representada na Figura 1.

Figura 1- Representação do valor econômico de um recurso ambiental



(Fonte: Maia, 2004)

Existem diversos métodos de valoração que objetivam captar estas distintas parcelas do valor econômico do recurso ambiental. De forma didática os autores costumam dividir os métodos de valoração econômica em métodos indiretos ou da função de produção, e em métodos diretos ou da função de demanda (Tolmasquim et al., 1999; Seroa da Motta, 1998; e Dixon, 1984).

Os métodos indiretos são aqueles aplicados quando a produção ou o consumo de um bem ou serviço privado for afetada pela variação da quantidade e/ou qualidade de bens e serviços ambientais, isto é, o recurso ambiental é um insumo ou um substituto do bem ou serviço privado. Como estes efeitos sobre a produção ou consumo podem ser expressos em termos de mudanças na quantidade de bens ou serviços privados comercializáveis, o valor destas mudanças, usando seus preços de mercado, pode ser tomado como medida indireta dos benefícios ou perdas decorrentes da mudança no recurso ambiental (REIS, 2001).

Os principais métodos indiretos de valoração ambiental são:

- Método da Produtividade Marginal: avalia-se o valor da produtividade e/ou da produção através de preços observáveis no mercado.

- Métodos de Mercado de Bens Substitutos: parte do princípio de que a perda de qualidade ou escassez do bem ou serviço ambiental irá aumentar a procura por substitutos na tentativa de manter o mesmo nível de bem estar da população. Muitas vezes não conseguimos obter diretamente o preço de um produto afetado por uma alteração ambiental, mas podemos estimá-lo por algum substituto existente no mercado. Os Métodos de Mercado de Bens Substitutos contemplam:

- Custo das Despesas de Reposição: no custo de reposição a estimativa dos benefícios gerados por um recurso ambiental será dada pelos gastos necessários para reposição ou reparação após o mesmo ser danificado. Suas estimativas baseiam-se em preços de mercado para repor ou reparar o bem ou serviço danificado, partindo do pressuposto que o recurso ambiental possa ser devidamente substituído.

- Custos Evitados: estima o valor de um recurso ambiental através dos gastos com atividades defensivas substitutas ou complementares, que podem ser consideradas uma aproximação monetária sobre as mudanças destes atributos ambientais.

- Método das Despesas de Prevenção/Controle ou Mitigação: representam os gastos necessários para evitar a variação do bem ambiental e garantir a qualidade dos benefícios gerados à população. Por limitar o consumo presente do capital natural, o controle da degradação contribui para manter um nível sustentável de exploração, permitindo o aproveitamento dos recursos naturais pelas gerações futuras.

- Custos de Oportunidade: reflete o custo de oportunidade das atividades econômicas que poderiam estar sendo desenvolvidas na área de proteção, representando, portanto, as perdas econômicas da população em virtude das restrições de uso dos recursos ambientais.

Os métodos diretos procuram captar as preferências das pessoas utilizando-se de mercados hipotéticos ou de mercados de bens complementares para obter a disposição a pagar (DAP) dos indivíduos pelo bem ou serviço ambiental (MAIA, 2004).

- Métodos de Preferência Revelada: utilizam a consulta a mercados reais e hipotéticos para mensuração do valor de uso de um recurso ambiental.

- Método de Preços Hedônicos: é a quantificação no mercado real da variação do bem estar associada a um bem privado complementar a um bem ambiental.

- Método de Custos de Viagem: estima a demanda por um bem ou serviço ambiental (sítio natural) com base na demanda de atividades recreacionais e turísticas associadas.

- Método de Valoração de Contingente: consiste na simulação de mercados hipotéticos, através da realização de pesquisas de campo, com questionários que indagam ao entrevistado sua disposição a pagar ou a aceitar (sua valoração contingente) em face das alterações quantitativas ou qualitativas na disponibilidade de bens ou serviços. A vantagem deste método é a possibilidade de captar valores de existência.

Cada método apresenta uma eficiência específica para determinado caso, mas a maior dificuldade de todos encontra-se na estimativa de valores não relacionados ao uso, sem utilidade atual ou futura, ou seja, as parcelas de valor de opção e existência, conforme pode ser visualizado na Tabela 1.

Tabela 1 - Tipos de Valores Captados pelos Métodos de Valoração

Métodos de Valoração		VU*			VE*
		VUD	VUI	VO	
Métodos Indiretos	Produtividade Marginal				
	Mercado de Bens Substitutos	Custos Evitados			
		Custos de Controle			
		Custos de Reposição			
		Custos de Oportunidade			
Métodos Diretos	DAP Indireta Mercado Real	Custo de Viagem			
		Preços Hedônicos			
	DAP Direta Mercado Hipotético	Avaliação de Contingente			

(*) VU = Valor de Uso; VUD = Valor de Uso Direto; VUI = Valor de Uso Indireto; VO = Valor de Opção; VE = Valor de Existência
(Fonte: Maia 2004)

Conforme apresentado, a valoração econômica dos recursos naturais atribui valores aos bens e serviços ecossistêmicos vinculados à utilidade derivada, direta e indiretamente, do seu uso atual e potencial. Para tanto, utiliza instrumentos de análise, tais como o conceito de excedentes do consumidor e do produtor, custo de oportunidade e a noção de disponibilidade a pagar e a receber (DAP e DAR, respectivamente) (MUELLER, 2007). Baseia-se em hipóteses entendendo que o bem-estar é o fim último das relações econômicas. A grandeza-chave para medir o bem-estar é a utilidade, a qual pode ser devidamente expressa por meio do ordenamento das preferências individuais (AMAZONAS, 2006).

Silva (2003) reforça a importância da valoração pelo fato da mesma ser essencial para criar um valor de referência que indique uma sinalização de mercado, possibilitando, assim, o uso racional dos recursos ambientais. A partir de então, os agentes públicos e privados terão subsídios para avaliação econômica de tomadas de decisões públicas sobre a utilização eficiente desses ativos. Assim sendo, a criação de um valor de referência para um bem ambiental fornece informações ao poder público, à sociedade civil organizada e às

organizações não-governamentais, possibilitando um gerenciamento mais eficaz desses recursos.

Como exemplo de estimativa de valores de referência, tem-se o trabalho de Constanza et al. (1997), que estimou, com base em estudos publicados e em alguns cálculos originais, o valor econômico de 17 serviços ecossistêmicos para 16 biomas. Para toda a biosfera, o valor estimado estava entre US\$ 16-54 trilhões por ano, com uma média de US\$ 33 trilhões por ano. Digno de nota é que essa foi considerada uma estimativa mínima, mas que representou quase o dobro do Produto Global Bruto (PIB) calculado na mesma época como sendo cerca de US\$ 18 trilhões por ano. Assim a biodiversidade e os serviços ambientais obviamente são elementos críticos para o funcionamento da vida da Terra e para o bem-estar humano, quer direta ou indiretamente, e, portanto, representam parte do valor econômico total do planeta.

Diversos esforços são feitos para estimar o valor global atribuível à biodiversidade e aos serviços ambientais, embora em sua maioria careçam de grande precisão. Com tamanha importância econômica, torna-se fácil entender a necessidade de se conhecer detalhadamente a biodiversidade do planeta, sendo consenso que sua perda deve ser evitada através de esforços empreendidos por todos os países (BIOTAMINAS, 2009).

3.2 RESPONSABILIDADE POR DANOS AMBIENTAIS

Segundo Braga (2013), sabe-se que grande parte dos danos ambientais causados não é passível de recuperação, tendo em vista a improbabilidade de se restabelecer, na natureza, o status *quo ante*. Contudo, os danos, sejam diretos ou indiretos, são passíveis de mitigação e de compensação, *in natura* ou em pecúnia. A quantificação do dano é tarefa bastante tormentosa, tendo em vista não haver critérios para apurar o cálculo da totalidade do dano. Nessas situações, recorre-se aos critérios de arbitramento ou de fixação do valor com base no lucro obtido com a atividade poluidora. Registre-se, ademais, que os pedidos de reparação do dano e de indenização podem ser cumulados.

Em situações específicas onde se comprova a ocorrência de danos ambientais a responsabilidade civil se destaca como o instituto jurídico mais importante na defesa e na reparação do meio ambiente, já que obriga aquele que alterou as propriedades do meio ambiente, de modo a prejudicar a saúde ou as condições de vida da população, a restaurar o que foi degradado ou também a indenizar com uma quantia compensatória os que foram prejudicados pela degradação.

Ao contrário da regra geral, em que a responsabilidade civil decorre da culpa, quando há que se provar que houve uma conduta ilícita que deu origem ao prejuízo, em matéria ambiental é necessário apenas o nexo de causalidade entre o ato e o dano para que haja a responsabilidade civil do agente causador do dano, independente de decorrer ele de ato lícito ou de risco. Assim, basta o nexo causal entre a atividade do agente e o dano dela decorrido para que haja a obrigação de repará-lo. Esta é a teoria da responsabilidade objetiva, doutrina que encontra acolhida no Direito Ambiental Internacional e na legislação de diversos países.

A adoção da teoria da responsabilidade objetiva significa que mesmo se uma pessoa jurídica se encontrar em total adequação às normas ambientais, ainda assim ela tem de reparar os danos causados ao meio ambiente de uma forma geral e a terceiros de uma maneira específica, de acordo com a redação da lei. Além do mais, terá o poluidor de arcar com todos os custos e despesas processuais. Em síntese o que é levado em consideração não é a conduta do poluidor, mas o resultado prejudicial que ela traga ao homem e ao meio ambiente.

Este é o princípio do poluidor-pagador, segundo o qual o degradador assume os riscos de sua atividade arcando com todos os prejuízos em matéria ambiental, seja perante as pessoas com quem se relacionou ou perante terceiros. Em se tratando dos danos materiais causados ao meio ambiente, a única providência indispensável é a tentativa de reparação ou compensação dos prejuízos por parte de quem os ocasionou. Enquanto as sanções penais e administrativas têm um caráter de penalização, a reparação do dano busca a recomposição quando possível do que foi danificado. Para tais casos a indenização em dinheiro serve como uma forma de compensação ou de reparação indireta para os atingidos pelo dano.

A Constituição Federal dispõe que os prejuízos não traduzíveis em pecúnia, a exemplo dos sofrimentos de ordem moral, psicológica ou emocional, também devem ser indenizados. De fato, são valores subjetivos como a vergonha, intranquilidade e medo que se pretende indenizar, fazendo com que a integridade física, intelectual e moral dos indivíduos sejam respeitadas. De um modo geral, danos ambientais promovem desequilíbrios no ecossistema que se refletem diretamente sobre as condições de vida da sociedade (FARIAS, 2007).

3.3 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

A Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 estabelece no Artigo 225 que as condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados.

A Lei nº 6.938 de 1981 institui a Política Nacional de Meio Ambiente e impõe ao poluidor a obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros afetados por sua atividade, independentemente da existência de culpa. O Ministério Público da União e dos Estados terá legitimidade para propor ação de responsabilidade civil e criminal, por danos causados ao meio ambiente.

A Lei nº 7.347 de 1985 disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico. O Artigo 13 da referida legislação estabelece que havendo condenação em dinheiro para estas tipologias de dano, a indenização pelo dano causado reverterá a um fundo gerido por um Conselho Federal ou por Conselhos Estaduais de que participarão necessariamente o Ministério Público e representantes da comunidade, sendo seus recursos destinados à reconstituição dos bens lesados.

A Lei nº 9.605 de 1998, conhecida como Lei dos Crimes Ambientais, dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente. Conforme Artigo 2º da Lei dos Crimes Ambientais:

“[...] quem, de qualquer forma, concorre para a prática dos crimes previstos nesta Lei, incide nas penas a estes cominadas, na medida da sua culpabilidade [...]”.

Para imposição e gradação da penalidade, a autoridade competente observará:

- I - a gravidade do fato, tendo em vista os motivos da infração e suas consequências para a saúde pública e para o meio ambiente;
- II - os antecedentes do infrator quanto ao cumprimento da legislação de interesse ambiental;
- III - a situação econômica do infrator, no caso de multa.

Segundo disposição na referida legislação, as penas podem constituir em restritivas de direitos ou privativa de liberdade. As penas restritivas de direitos são autônomas e substituem as privativas de

liberdade quando (i) tratar-se de crime culposo ou for aplicada a pena privativa de liberdade inferior a quatro anos; ou (ii) quando a culpabilidade, os antecedentes, a conduta social e a personalidade do condenado, bem como os motivos e as circunstâncias do crime indicarem que a substituição seja suficiente para efeitos de reprovação e prevenção do crime. Qualquer outra situação que não se enquadre nessas duas ressalvas legais, poderá incidir a pena privativa de liberdade.

As penas restritivas de direito constituem em: prestação de serviços à comunidade; interdição temporária de direitos; suspensão parcial ou total de atividades; prestação pecuniária; recolhimento domiciliar.

As circunstâncias que atenuam a pena contemplam:

- Baixo grau de instrução ou escolaridade do agente;
- Arrependimento do infrator, manifestado pela espontânea reparação do dano, ou limitação significativa da degradação ambiental causada;
- Comunicação prévia pelo agente do perigo iminente de degradação ambiental;
- Colaboração com os agentes encarregados da vigilância e do controle ambiental.

São circunstâncias que agravam a pena, quando não constituem ou qualificam o crime:

- Reincidência nos crimes de natureza ambiental;
- Ter o agente cometido a infração:
 - para obter vantagem pecuniária;
 - afetando ou expondo a perigo, de maneira grave, a saúde pública ou o meio ambiente;
 - concorrendo para danos à propriedade alheia;
 - atingindo áreas de unidades de conservação ou áreas sujeitas a regime especial de uso;
 - atingindo áreas urbanas ou quaisquer assentamentos humanos;
 - em período de defeso à fauna;
 - em domingos ou feriados;
 - à noite;
 - em épocas de seca ou inundações;
 - no interior do espaço territorial especialmente protegido;
 - mediante fraude ou abuso de confiança;

- mediante abuso do direito de licença, permissão ou autorização ambiental;
- no interesse de pessoa jurídica mantida, total ou parcialmente, por verbas públicas ou beneficiada por incentivos fiscais;
- atingindo espécies ameaçadas, listadas em relatórios oficiais das autoridades competentes;
- facilitada por funcionário público no exercício de suas funções.

A perícia de constatação do dano ambiental, sempre que possível, fixará o montante do prejuízo causado para efeitos de prestação de fiança e cálculo de multa. A multa terá por base a unidade, hectare, metro cúbico, quilograma ou outra medida pertinente, de acordo com o objeto jurídico lesado.

A multa será calculada segundo os critérios do Código Penal; se revelar-se ineficaz, ainda que aplicada no valor máximo, poderá ser aumentada até três vezes, tendo em vista o valor da vantagem econômica auferida.

A sentença penal condenatória, sempre que possível, fixará o valor mínimo para reparação dos danos causados pela infração, considerando os prejuízos sofridos pelo ofendido ou pelo meio ambiente.

A verificação da reparação será feita mediante laudo de reparação do dano ambiental.

Em relação especificamente ao crime de matar espécies silvestres, a pena é aumentada de metade se o crime é praticado: contra espécie rara ou considerada ameaçada de extinção; durante a noite; em unidade de conservação.

Em relação aos crimes contra a flora, a pena será reduzida à metade se o crime for culposos. A pena é aumentada de um sexto a um terço se: do fato resulta a diminuição de águas naturais, a erosão do solo ou a modificação do regime climático; se o crime é cometido no período de queda das sementes, no período de formação de vegetações; contra espécies raras ou ameaçadas de extinção; em época de seca ou inundação; durante a noite, em domingo ou feriado.

Em relação aos crimes de poluição ambiental, se estes foram considerados dolosos, as penas serão aumentadas de um sexto a um terço se: resulta dano irreversível à flora ou ao meio ambiente em geral; de um terço até a metade, se resulta lesão corporal de natureza grave em outrem; até o dobro, se resultar a morte de outrem.

Quanto à infração administrativa ambiental, esta é considerada como toda ação ou omissão que viole as regras jurídicas de uso, gozo, promoção, proteção e recuperação do meio ambiente. As infrações administrativas são punidas com as seguintes sanções: advertência; multa simples; multa diária; apreensão de instrumentos, equipamentos ou veículos de qualquer natureza utilizados na infração; suspensão de venda e fabricação do produto; embargo de obra ou atividade; demolição de obra; suspensão parcial ou total de atividades; restritiva de direitos.

Os valores arrecadados em pagamento de multas por infração ambiental serão revertidos ao Fundo Nacional do Meio Ambiente, fundos estaduais ou municipais de meio ambiente, ou correlatos, conforme dispuser o órgão arrecadador. O valor da multa em relação à infração administrativa é fixado no regulamento desta Lei, sendo o mínimo de R\$ 50,00 (cinquenta reais) e o máximo de R\$ 50.000.000,00 (cinquenta milhões de reais).

Conforme Artigo 70 da Lei de Crimes Ambientais:

“§ 1º São autoridades competentes para lavrar auto de infração ambiental e instaurar processo administrativo os funcionários de órgãos ambientais integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), designados para as atividades de fiscalização, bem como os agentes das Capitania dos Portos, do Ministério da Marinha.

§ 2º Qualquer pessoa, constatando infração ambiental, poderá dirigir representação às autoridades relacionadas no parágrafo anterior, para efeito do exercício do seu poder de polícia.

§ 3º A autoridade ambiental que tiver conhecimento de infração ambiental é obrigada a promover a sua apuração imediata, mediante processo administrativo próprio, sob pena de corresponsabilidade.”

4. METODOLOGIA

4.1 JUSTIFICATIVA

No ordenamento jurídico brasileiro, o dever de reparar os danos causados ao meio ambiente está expresso nos artigos 225, parágrafo 3º da Constituição Federal e no artigo 4º, inciso VII da Política Nacional do Meio Ambiente.

Conforme os dispositivos citados, existindo um dano ambiental há o dever de repará-lo integralmente. Neste sentido, a legislação ambiental prevê uma ordem hierárquica de atuação: a restauração, seguida da recuperação, compensação *in natura* e por último a compensação financeira. Ou seja, primeiramente, busca-se a recuperação do bem lesado; posteriormente, de forma subsidiária, a indenização pecuniária.

A valoração ambiental surge nesse contexto como uma ferramenta a auxiliar nas estimativas do valor econômico dos recursos ambientais, podendo ser utilizada para cálculo do valor a ser gasto com a recuperação, dos valores de possíveis multas, e ainda sinalizar a aplicabilidade de indenizações.

De especial relevância destaca-se o Método das Despesas de Reposição, integrante do Mercado de Bens Substitutos, que vai de encontro ao princípio da reparação estabelecido pela Constituição Federal e Política Nacional de Meio Ambiente.

No Método das Despesas de Reposição a estimativa dos benefícios gerados por um recurso ambiental será dada pelos gastos necessários para reposição ou reparação após o mesmo ser danificado. Suas estimativas baseiam-se em preços de mercado para repor ou reparar o bem ou serviço danificado, partindo do pressuposto que o recurso ambiental possa ser devidamente substituído. Uma desvantagem do método é que, por maiores que sejam os gastos envolvidos na reposição, nem todas as complexas propriedades de um atributo ambiental serão repostas pela simples substituição do recurso. É o caso do reflorestamento em áreas desmatadas que estão longe de recuperar toda a biodiversidade existente em uma floresta nativa. O Método das Despesas de Reposição não capta ainda os valores de existência e opção de determinado recurso natural.

Outro ponto crítico que afeta a mensuração dos custos de reposição é a ausência de valores de referência específicos para recuperação de determinados recursos naturais e de suas funções ecossistêmicas.

O trabalho de Costanza *et al.* 1997 estimou o valor econômico de 17 serviços ecossistêmicos para 16 biomas de forma a chegar em um valor anual global. O valor estimado para os serviços ecossistêmicos das florestas tropicais, no qual a Floresta Amazônica e Mata Atlântica se enquadram, foi de US\$2.007 ha/ano. Como indicado pelo próprio autor, possivelmente esse valor está subestimado e a classificação em “florestas tropicais” é muito abrangente. Cada bioma e cada serviço ecossistêmico necessitam de considerações especiais.

Assim, ainda que os custos da recuperação sejam essenciais para a valoração de danos ambientais, além de ser uma obrigação legal, é necessário que a relevância ambiental da área em questão, bem como a temporalidade e abrangência do dano causado sejam também imputados. Não se pode assumir que um dano ambiental que ocorre dentro de áreas protegidas com alto grau de preservação, seja igualmente valorado a um dano que aconteça em áreas já descaracterizadas, porque os custos de reflorestamento com espécies nativas, por exemplo, é o mesmo para determinada região ou fisionomia vegetal.

De igual forma os danos que atingem Áreas de Preservação Permanente, Unidades de Conservação, mananciais responsáveis pelo abastecimento público, ecossistemas endêmicos e espécies ameaçadas de extinção merecem atenção especial e podem constituir em fatores multiplicadores da valoração.

Com base na problemática apresentada o objetivo do presente trabalho é propor um índice que vise representar a relevância de determinados aspectos ambientais, associado à abrangência do dano ambiental e o período em que o recurso natural ficou comprometido devido ao dano ocorrido.

De um modo geral a composição do índice pode apresentar diferentes formas de aplicabilidade, dentre elas:

- Refletir de maneira sintética e numérica a relevância ambiental da região afetada, e a temporalidade e abrangência do dano ambiental;
- Fornecer subsídio técnico para cálculo de multas e sinalização de agravantes;
- Compor a valoração ambiental do dano atuando como um fator multiplicador ou representando alguma parcela de valor do recurso natural.

4.2 COMPOSIÇÃO DOS FATORES DO ÍNDICE

O índice foi embasado em uma metodologia de gradação de impactos ambientais e procedimentos para fixação e aplicação da compensação ambiental estabelecido pelo Decreto nº 45.175, de 17 de setembro de 2009 do Estado de Minas Gerais. A metodologia do referido decreto estabelece que a compensação ambiental incida nos casos de licenciamento de empreendimentos considerados, com fundamento em estudo de impacto ambiental e respectivo relatório – EIA/RIMA, como causadores de significativo impacto ambiental pelo órgão ambiental competente. A partir da definição do grau do significativo impacto ambiental, limitado a 0,5%, o valor encontrado é aplicado sobre o valor de referência do empreendimento.

Similar à metodologia estabelecida pelo referido decreto, a metodologia proposta no presente trabalho buscou compor um índice para valoração de danos ambientais, composto pelo somatório dos fatores de relevância ambiental, temporalidade e abrangência. O valor total pode ser incidido sobre o montante calculado através de metodologias de valoração ambiental do dano, sendo limitado a 100%, o que pode significar dobrar o montante valorado.

4.2.1 Fator de Relevância

O Fator de Relevância - FR – é composto por indicadores ambientais que foram selecionados com base nas restrições e grau de proteção impostos pela legislação ambiental vigente, considerando:

- Relação de superioridade (ordenamento jurídico) entre as legislações;
- Esferas de abrangências das legislações consideradas (nacional, estadual, municipal, etc.);
- Objetivos e definições das legislações, se estes estão estabelecidos no sentido de reconhecer, proteger, demarcar, proibir e/ou regulamentar, etc.;
- Possibilidades de intervenção, transferência, realocação, recomposição e/ou compensação previstos nos instrumentos legais.

Para composição do fator também foi avaliado o que vem sendo considerado como entrave ambiental nos processos de licenciamento ambiental de empreendimentos.

Os indicadores ambientais selecionados compõem o Fator de Relevância – FR que busca refletir a relevância ambiental da área afetada pelo dano/acidente. De forma geral nove aspectos ambientais foram avaliados, sendo eles: Terras Indígenas e Comunidades Quilombolas; Unidades de Conservação e Áreas de Proteção Especial, Áreas de Preservação Permanente; Mata Atlântica; Cavidades Naturais e Sítios Arqueológicos; Espécies Ameaçadas de Extinção; Enquadramento de Cursos d'Água; Paisagens Notáveis; e Áreas Prioritárias para Conservação.

a) Terras Indígenas e Comunidades Quilombolas

A Constituição Federal de 1988 estabelece em seu Art. 231, que são reconhecidos aos índios sua organização social, costumes, línguas, crenças e tradições, e os direitos originários sobre as terras que tradicionalmente ocupam, competindo à União demarcá-las, proteger e fazer respeitar todos os seus bens. Os parágrafos 4º e 6º complementam o artigo 231 e devem ser considerados por tratarem especificamente da questão da posse e exploração das terras indígenas.

O parágrafo 4º estabelece que as terras indígenas são inalienáveis e indisponíveis, e os direitos sobre elas, imprescritíveis. O parágrafo 6º determina que são nulos e extintos, os atos que tenham por objeto a ocupação, o domínio e a posse das terras indígenas, ou a exploração das riquezas naturais do solo, dos rios e dos lagos nelas existentes, ressalvado relevante interesse público da União.

A proteção às terras das Comunidades Quilombolas também é instituída pela Constituição Federal que estabelece no Art. 68 do Título X que, aos remanescentes das comunidades dos quilombos que estejam ocupando suas terras é reconhecida a propriedade definitiva, devendo o Estado emitir-lhes os títulos respectivos.

Por se tratarem de territórios especialmente protegidos pela Constituição Federal, as áreas abrangidas por Terras Indígenas e/ou Quilombos serão consideradas de especial relevância. Danos ambientais que ocasionalmente apresentem interferências com essas áreas recebem pontuação de 0,055 na composição do Fator de Relevância.

b) Unidades de Conservação e Áreas de Preservação Especial

As Unidades de Conservação são regulamentadas pela Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) com base no artigo 225 da Constituição Federal. A Lei de SNUC estabelece as categorias de unidades de conservação bem como seus objetivos e

modalidades de utilização, sendo a categoria de Proteção Integral mais restritiva que a categoria de Uso Sustentável.

O Grupo das Unidades de Proteção Integral é composto pelas seguintes categorias de Unidade de Conservação:

- I - Estação Ecológica;
- II - Reserva Biológica;
- III - Parque Nacional;
- IV - Monumento Natural;
- V - Refúgio de Vida Silvestre.

Constituem o Grupo das Unidades de Uso Sustentável as seguintes categorias de Unidade de Conservação:

- I - Área de Proteção Ambiental;
- II - Área de Relevante Interesse Ecológico;
- III - Floresta Nacional;
- IV - Reserva Extrativista;
- V - Reserva de Fauna;
- VI - Reserva de Desenvolvimento Sustentável;
- VII - Reserva Particular do Patrimônio Natural.

As categorias do grupo de Uso Sustentável possuem como objetivo compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais, exceto a categoria Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN). No caso das categorias do grupo de Proteção Integral o objetivo principal é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais.

A Lei de SNUC estabelece que as unidades de conservação devem dispor de um plano de manejo, que constitui em um documento técnico que, com fundamento nos objetivos gerais da unidade, estabelece o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais.

O Art. 28 da legislação determina que ficam proibidas nas unidades de conservação quaisquer alterações, atividades ou modalidades de utilização em desacordo com os seus objetivos, o seu plano de manejo e seus regulamentos. Em relação à possibilidade de redução de limites ou desafetação das unidades, o § 7º do artigo 22 estabelece que esta só pode ser feita mediante lei específica.

Adicionalmente a Constituição Federal estabelece no Art. 225, parágrafo 1º, inciso III, que: em todas as unidades da Federação, os espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, só podem ser alterados ou suprimidos mediante lei, sendo vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção.

As Áreas de Proteção Especial são regulamentadas pela Lei Federal nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano. O artigo 14 da referida legislação estabelece que os Estados definirão, por decreto, as áreas de proteção especial quando localizadas em áreas de interesse especial, tais como as de proteção aos mananciais ou ao patrimônio cultural, histórico, paisagístico e arqueológico.

A experiência tem mostrado que interferências em Unidades de Conservação de Proteção Integral e em Reservas Particulares do Patrimônio Natural constituem em grandes entraves e fatores de risco ao licenciamento ambiental de empreendimentos.

A título de exemplo, a hidrelétrica de Tabajara, na região amazônica, teve seu processo de avaliação paralisado depois que o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) conseguiu mostrar que o projeto afetaria diretamente 0,18% da área do Parque Nacional dos Campos Amazônicos. O parque foi criado em 2006 e possui 873.570 hectares. O ICMBio barrou o projeto no início de 2007 evitando a emissão do termo de referência para realização dos estudos ambientais, primeira etapa para obtenção de licenças. Somente cinco anos mais tarde, a Medida Provisória nº 558, de 5 de janeiro de 2012 alterou os limites do Parque Nacional dos Campos Amazônicos, entre outras disposições.

Considerando o exposto, danos ambientais que ocasionalmente apresentem interferências com Unidades de Conservação de Proteção Integral e RPPNs recebem pontuação de 0,055 na composição do Fator de Relevância. Interferências com Unidades de Conservação de Uso Sustentável e Áreas de Proteção Especial recebem pontuação de 0,040.

c) Áreas de Preservação Permanente

A Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, altera o Código Florestal e dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, definindo em seu artigo 3º como Áreas de Preservação Permanente a área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Conforme referida legislação, considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, as seguintes áreas:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural, com largura mínima estabelecida de acordo com a largura do curso d'água;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais;

- III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;
- IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;
- V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;
- VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- VII - os manguezais, em toda a sua extensão;
- VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;
- IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°;
- X - as áreas em altitude superior a 1.800 metros, qualquer que seja a vegetação;
- XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do limite do espaço brejoso e encharcado.

Conforme artigo 7º, a vegetação situada em Área de Preservação Permanente deverá ser mantida pelo proprietário da área, possuidor ou ocupante a qualquer título, pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado. O artigo 8º prevê que a intervenção ou supressão de vegetação nativa em Área de Preservação Permanente somente ocorrerá nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental.

Considerando que danos ambientais não se enquadram nos requisitos citados no artigo 8º da Lei Federal nº 12.651/12, aqueles que ocasionalmente resultem em intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente recebem pontuação de 0,050 na composição do Fator de Relevância.

d) Mata Atlântica

Conforme artigo 225 da Constituição Federal a Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais.

A Lei Federal nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. Conforme artigo 6º, a proteção e a utilização do Bioma Mata Atlântica têm por objetivo geral o desenvolvimento sustentável e, por objetivos específicos, a salvaguarda da biodiversidade, da saúde humana, dos valores paisagísticos, estéticos e turísticos, do regime hídrico e da estabilidade social. O corte e a supressão de vegetação primária ou nos estágios avançado e médio de regeneração do Bioma Mata Atlântica ficam vedados, somente sendo autorizados nos casos previstos na referida legislação, de utilidade pública, interesse social, pesquisa científica e prática conservacionista. A vegetação primária ou a vegetação secundária em qualquer estágio de regeneração do Bioma Mata Atlântica não perderão esta classificação nos casos de incêndio, desmatamento ou qualquer outro tipo de intervenção não autorizada ou não licenciada.

A Resolução CONAMA nº423, de 12 de abril de 2010 estabelece os padrões básicos para identificação da vegetação primária e dos estágios sucessionais da vegetação secundária de Mata Atlântica.

Os danos ambientais que ocasionalmente resultem em intervenção ou supressão de vegetação protegida, nos termos da Lei 11.428/06, do Bioma Mata Atlântica recebem pontuação de 0,050 na composição do Fator de Relevância.

e) Cavidades Naturais de Máxima Relevância e Sítios Arqueológicos

A Constituição Federal de 1988, em seu artigo 20, item X, determina que as cavidades naturais subterrâneas e os sítios arqueológicos e pré-históricos são bens da união.

O Decreto nº 99.556, de 01 de outubro de 1990, dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. A cavidade natural subterrânea será classificada de acordo com seu grau de relevância em máximo, alto, médio ou baixo, determinado pela análise de atributos ecológicos, biológicos, geológicos, hidrológicos, paleontológicos, cênicos, histórico-culturais e socioeconômicos, avaliados sob enfoque regional e local. A cavidade natural subterrânea com grau de relevância máximo e sua área de influência não podem ser objeto de impactos negativos irreversíveis.

A Lei Federal nº 3.924, de 26 de Julho de 1961, que dispõe sobre os monumentos arqueológicos e pré-históricos estabelece que estes monumentos e todos os elementos que neles se encontram ficam sob a guarda e proteção do Poder Público, sendo qualquer ato que importe na

destruição ou mutilação dos monumentos será considerado crime contra o Patrimônio Nacional e, como tal, punível de acordo com o disposto nas leis penais.

Os danos ambientais que ocasionalmente resultem em impacto negativo irreversível em cavidades de máxima relevância ou resultem na destruição de monumentos arqueológicos e pré-históricos, recebem pontuação de 0,050 na composição do Fator de Relevância.

f) Espécies Ameaçadas de Extinção

O Brasil é signatário de importantes acordos e convenções internacionais, tanto no que diz respeito à conservação de espécies quanto de habitats ameaçados. Além da implementação desses instrumentos por parte dos países, legislações e normas nacionais também foram criadas, visando conservação da biodiversidade brasileira e proteção dos ecossistemas naturais (MMA).

No âmbito internacional, três Convenções fornecem o arcabouço legal para o tratamento diferenciado das espécies consideradas ameaçadas de extinção: a Convenção para a Proteção da Flora, da Fauna e das Belezas Cênicas Naturais dos Países da América; a Convenção de Washington sobre o Comércio Internacional das Espécies da Flora e da Fauna Selvagens em Perigo de Extinção (CITES), e a Convenção sobre Diversidade Biológica - CDB.

No âmbito nacional, a Lei nº 12.651/10, considera, em seu artigo 6º (alínea IV), como área de preservação permanente as áreas cobertas com florestas ou outras formas de vegetação destinadas a abrigar exemplares da fauna ou da flora ameaçados de extinção.

A Lei dos Crimes Ambientais, nº 9.605/98, estabelece que as sanções aplicáveis às infrações cometidas contra as espécies são ampliadas no caso destas serem ameaçadas de extinção.

A Portaria nº 443/2014 reconhece como espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da "Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção" constantes no anexo da referida portaria. De igual modo, a Portaria nº 444/2014 e a Portaria nº 445/2014 reconhecem, respectivamente, como espécies da fauna brasileira, e de peixes e invertebrados aquáticos, ameaçadas de extinção aquelas constantes da no anexo das referidas portarias.

Os danos ambientais que ocasionalmente resultem em supressão vegetal de áreas destinadas a abrigar espécies ameaçadas de extinção ou resultem na morte das mesmas, recebem pontuação de 0,045 na composição do Fator de Relevância.

g) Enquadramento Cursos d'água

A Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. As exigências e deveres previstos nesta Resolução caracterizam obrigação de relevante interesse ambiental

As águas doces são classificadas segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes e as condições ambientais dos corpos de água. O enquadramento corresponde a cinco classes, sendo elas em ordem decrescente de qualidade: classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4.

Os danos ambientais que ocasionalmente resultem em alteração na qualidade da água, conforme os parâmetros estabelecidos na legislação vigente, recebem pontuação de acordo com a classificação dos cursos d'água afetados, sendo:

- 0,035 para danos ambientais que apresentem interferência em cursos d'água de classe especial;
- 0,030 para danos ambientais que apresentem interferência em cursos d'água de classe 1;
- 0,015 para danos ambientais que apresentem interferência em cursos d'água de classe 2;
- 0,010 para danos ambientais que apresentem interferência em cursos d'água de classe 3.

Não foi proposta uma pontuação para as interferências em cursos d'água classe 4, uma vez que constituem em águas que podem ser destinadas à navegação; à harmonia paisagística; e aos usos menos exigentes.

h) Paisagens Notáveis

A Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011, fixa normas para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora.

Considerando os recursos naturais abrangidos pela Lei Complementar nº140/2011 os danos ambientais que ocasionalmente impliquem em alteração irreversível em paisagens notáveis, recebem pontuação 0,020 na composição do Fator de Relevância.

i) Áreas Prioritárias para Conservação

As áreas prioritárias para conservação são reconhecidas legalmente pela Portaria do Ministério do Meio Ambiente nº 09, de 23 de janeiro de 2007. A definição destas áreas tem como objetivo subsidiar a formulação e implementação de políticas públicas, programas, projetos e atividades sob a responsabilidade do Governo Federal. Mais especificamente aqueles voltados à: conservação da biodiversidade; utilização sustentável de componentes da biodiversidade; repartição de benefícios derivados do acesso a recursos genéticos e ao conhecimento tradicional associado; pesquisa e inventários sobre a biodiversidade; recuperação de áreas degradadas e de espécies sobre exploradas ou ameaçadas de extinção; e valorização econômica da biodiversidade.

As áreas são identificadas considerando as seguintes classes de importância biológica e de priorização de ação:

- Classes de importância biológica: extremamente alta; muito alta; alta; e insuficientemente conhecida.

- Classes de Prioridade de Ação: extremamente alta; muito alta; e alta.

Para fins de composição do Fator de Relevância e devido ao fato das áreas prioritárias para conservação serem estabelecidas para fins de planejamento, e não constituírem em restrições, definiu-se que os danos ambientais que ocasionalmente apresentem interferências com áreas prioritárias para conservação da classe mais relevante de importância biológica (extremamente alta) recebem pontuação de 0,005.

4.2.2 Fatores de Temporalidade e Abrangência

Adicionalmente ao fator de relevância, o índice contempla o Fator de Temporalidade – FT e o Fator de Abrangência – FA. O Fator de Temporalidade busca refletir o período em que o recurso ambiental ficou comprometido em decorrência do dano. O Fator de Abrangência busca refletir a área total afetada pelo dano. Para os fatores de temporalidade e abrangência foram propostas faixas de classificação (curta, média e ampla), mas não uma escala pré-definida, pois irão depender do tipo de dano em análise.

Conforme citado por Santos e Soares (2006) para as situações de incêndios florestais, para preservar o meio ambiente dos efeitos nocivos dos incêndios faz-se necessário conhecer quando e porque eles ocorrem, ou seja, o perfil dos incêndios florestais. As estatísticas de ocorrência dos incêndios florestais são as principais ferramentas para se traçar o

perfil dos incêndios e conseqüentemente planejar o controle de modo mais eficiente. Sem essas informações, pode-se subestimar ou superestimar os gastos referentes à proteção do meio ambiente, colocando em risco a sobrevivência das florestas. Os danos econômicos podem ser estimados a partir da identificação do tipo de vegetação atingida e da classificação dos incêndios por classe de tamanho.

A título de exemplo da definição de uma escala para o fator de abrangência proposto no índice, no caso de incêndios florestais a escala pode ser estabelecida com base na classificação adotada pelo Canadian Forest Service (Ramsey; Higgins, 1981 apud Santos e Soares, 2006) reunindo as classes I (menor 0,1 ha) e classe II, (de 0,1 a 4,0 ha) como abrangência curta; classe III, (de 4,1 a 40,0 ha) e classe IV (de 40,1 a 200,0 ha) como média; e classe V, corresponde a incêndios em áreas superiores a 200,0 ha como de ampla abrangência.

De forma similar, os critérios de temporalidade vão depender do tipo de dano e da área afetada. Para danos que envolvam supressão vegetal, por exemplo, a capacidade de resiliência da fisionomia vegetal afetada pode ser utilizada para composição da escala. Segundo Lorenzi (2002) quando se abandona uma área sem vegetação a natureza se encarrega de transforma-la em uma floresta; é um processo longo denominado sucessão secundária que pode demorar de 30 a 60 anos. Ao se realizar a revegetação e recuperação destas áreas, o tempo necessário para formação de uma mata densa é reduzido para 10-15 anos. Melo e Durigan (2009) avaliando fragmentos florestais de Mata Atlântica que foram alvo de incêndios detectaram que em média as áreas afetadas levaram de 5 a 11 anos para retornarem ao estado original.

Com base em referências, como as citadas acima, pode-se adotar possibilidades quanto à estimativa do período em que o recurso ambiental permanecerá comprometido devido ao dano ocorrido, por exemplo:

- Caso não seja imputado o valor de recuperação, o que se traduz em abandono da área degradada, computar o maior período que corresponde ao retorno de forma natural do ambiente original, entre 30 a 60 anos;
- Para os casos onde o valor da recuperação será computado, e a reabilitação consistir em processo simples, considerar períodos de até 5 anos, para processos de recuperação mais complexos considerar entre 10 e 15 anos;
- Caso o dano implique em contaminação, ou seja, de reparação extremamente complexa considerar períodos maiores.

4.3 COMPOSIÇÃO DO ÍNDICE PARA VALORAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS

O somatório dos Fatores de Relevância (FR), Temporalidade (FT) e Abrangência (FA) compõe o Índice para Valoração do Dano Ambiental Total, que pode chegar ao valor máximo de 1 ou 100%.

A partir do índice, o valor encontrado pode ser aplicado sobre o total da valoração ambiental realizada buscando representar alguma parcela do recurso que não havia sido computada, constituir em fator multiplicador da valoração, ou ainda, fornecer subsídio técnico para cálculo de multas e sinalização de indenizações.

Cabe destacar que o índice proposto no presente trabalho difere da metodologia estabelecida no Decreto Estadual nº 45.175, de 17 de setembro de 2009, nos seguintes aspectos:

- Aplicação prevista para casos de ocorrência de danos ambientais, ou seja, atividade ou ação não licenciada;
- Os indicadores e aspectos ambientais considerados são distintos;
- O valor máximo do índice é limitado a 1 ou 100%;
- Os fatores de temporalidade e abrangência não são pré-estabelecidos e irão depender do tipo de dano em análise.

A Tabela 2 representa o índice proposto, considerando o cenário mais crítico possível. Neste cenário é identificada a ocorrência de todos os indicadores de relevância ambiental na área de ocorrência do dano, refletindo o Fator de Relevância – FR igual ao valor máximo de 0,5; o período em que os recursos ambientais ficarão comprometidos em virtude do dano é estimado como de longa duração, refletindo o Fator de Temporalidade – FT igual ao valor máximo de 0,25; e a abrangência espacial do dano estimada em ampla, refletindo o Fator de Abrangência – FA igual ao valor máximo de 0,25.

Tabela 2 - Índice de Relevância, Temporalidade e Abrangência para Valoração de Danos Ambientais.

Índice		Índices	Ocorrência	Valoração Aplicada
Fator de Relevância Ambiental				
Interferência em terras indígenas e/ou comunidades tradicionais		0,055	x	0,055
Interferência em unidades de conservação de proteção integral e/ou RPPNs		0,055	x	0,055
Interferência em Áreas de Preservação Permanente		0,050	x	0,050
Interferência /supressão em vegetação primária e/ou secundária em estágio avançado de regeneração de Mata Atlântica		0,050	x	0,050
Interferência em cavidade naturais de máxima relevância e/ou sítios arqueológicos		0,045	x	0,045
Interferência com espécies ameaçadas de extinção ou endêmicas.		0,045	x	0,045
Interferência em unidades de conservação de uso sustentável		0,040	x	0,040
Interferência em áreas de proteção especial		0,040	x	0,040
Enquadramento Curso d'água	Classe Especial	0,035	x	0,035
	Classe 1	0,030	x	0,030
	Classe 2	0,015	x	0,015
	Classe 3	0,010	x	0,010
Interferência em paisagens notáveis		0,020	x	0,020
Interferência em áreas prioritárias para a conservação de importância biológica extremamente alta		0,010	x	0,010
<i>Máximo Índice de Relevância</i>		0,50		0,50
Fator de Temporalidade (período de comprometimento dos recursos naturais)				
Duração Curta - variável		0,15		-
Duração Média - variável		0,20		-
Duração Longa - variável		0,25	X	0,25
<i>Máximo Índice de Temporalidade</i>		0,25		0,25
Fator de Abrangência				
Área de Interferência - Curta- variável		0,15		-
Área de Interferência - Média - variável		0,20		-
Área de Interferência - Ampla - variável		0,25	X	0,25
<i>Máximo Índice de Abrangência</i>		0,25		0,25
Somatório FR+FT+FA				1,00
Valor do Índice a ser utilizado no cálculo da valoração		%		100%
Valoração do Dano Ambiental		R\$		
Valor da Aplicação do Índice sob a Valoração do Dano Ambiental		R\$		0,00
Valor do dano ambiental total conforme relevância ambiental da área afetada, abrangência e temporalidade do dano		R\$		0,00

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO: APLICAÇÃO PRÁTICA DO ÍNDICE NO CASO DA RUPTURA DA CAVA C1 – MINERAÇÃO RIO VERDE – NOVA LIMA-MG

Foi realizada uma aplicação prática do índice proposto para os danos ambientais decorrentes da ruptura do Sistema de Disposição de Rejeitos da Cava C1 situada na Mina Norte de propriedade da extinta Mineração Rio Verde, localizada em Nova Lima, Minas Gerais, ocorrido em 2001.

Para viabilidade da aplicação prática do índice foi realizado previamente a valoração dos danos ambientais decorrentes da ruptura.

5.1 ASPECTOS DA SEGURANÇA DOS SISTEMAS DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS

Uma grande responsabilidade deve existir em toda a cadeia produtiva envolvida no processo de operação de uma mina, sendo que parte dela reside nos sistemas de disposição de rejeitos, pois eles, no caso de falhas significativas, podem acarretar na completa paralisação de atividades ou até mesmo em acidentes com consequências desastrosas (OLIVEIRA, 2010).

Os sistemas de disposição de rejeitos devem ser apropriadamente conduzidos desde a fase de sua conceituação, até o seu descomissionamento, contemplando todas as etapas de seu ciclo de vida, destacando-se os aspectos relativos ao projeto das estruturas envolvidas, interface com cheias, implantação das obras, operação da disposição, monitoramento dos dispositivos de controle, manutenção geral, inspeções, auditorias e revisões de segurança. A condução adequada de todos esses aspectos resulta em boas práticas de engenharia aplicadas à disposição de rejeitos (OLIVEIRA, 2010).

O ICOLD, International Commission on Large Dams, Tailings Dams Committee, (Comissão de Barragens de Rejeitos da Comissão Internacional de Grandes Barragens), produziu nos últimos anos boletins, em forma de recomendações de boa prática para projeto, construção e operação de barragens de rejeitos. O Banco Mundial através do IFC (International Finance Corporation), que financia o setor privado, estabeleceu requisitos mínimos de segurança, que as barragens de rejeitos devem atender, para receberem empréstimos daquela instituição. O ICMM (International Council on Mining Metals) criou, com a colaboração do ICOLD, um website de boas práticas para a

engenharia de barragens de rejeitos -goodpracticemining.com/tailings - (PIMENTA E ESPÓSITO, 2008).

O Estado de Minas Gerais concentra grande parcela das estruturas de contenção de rejeitos uma vez que detém a liderança na produção mineral do país, e, conseqüentemente, uma combinação potencial de riscos ambientais maiores que os registrados em outros estados. Devido estes fatores, o estado é considerado pioneiro na gestão de segurança de barragens e na regulamentação das atividades minerárias e no fechamento de mina (FEAM 2011).

Em 2001 o ICOLD publicou um boletim (Bulletin 121: “Tailings Dams, Risk of Dangerous Occurrences, Lessons Learnt From Practical Experiences”) com os resultados de um trabalho da comissão de barragens de rejeitos que, durante 5 anos, inventariou os acidentes e incidentes ocorridos desde 1970. Cerca de 400 casos foram analisados para identificar as causas principais destes eventos, o Brasil comparece com dois casos: Fernandinho e Rio Verde, ambos ocorridos no Estado de Minas Gerais (PIMENTA e ESPÓSITO, 2008). O primeiro refere-se à ruptura da Barragem I da Itaminas, na Mina de Fernandinho, ocorrido em 1986; e o segundo da Cava C1, da Mineração Rio Verde, em 2001.

Além destes, registra-se ainda no Estado acidentes como o da Barragem São Francisco, da Mineração Rio Pomba Cataguases, em 2006 e posterior ruptura em 2007, e da Barragem B1 da Mineração Herculano em setembro de 2014. Estes últimos atingiram alcance nacional, além de apresentarem exemplos concretos da magnitude dos impactos socioeconômicos e ambientais correspondentes.

Na Tabela 3 encontra-se um resumo dos principais acidentes com sistemas de disposição de rejeitos ocorridos no Estado de Minas Gerais.

Tabela 3 - Histórico de Acidentes com Estruturas de Contenção de Rejeitos em Minas Gerais

Ano	Local	Empresa	Consequências	Extensão
2014	Itabirito - MG Brasil	Barragem B1- Mineração Herculano	<ul style="list-style-type: none"> - Vazamento de rejeitos de minério de ferro - Morte de 3 pessoas 	2,39 km
2007	Miraí - MG Brasil	Barragem São Francisco -Mineração Rio Pomba Cataguases	<ul style="list-style-type: none"> - Vazamento de 2Mm³ de rejeitos de bauxita 	92 km
2006	Miraí - MG Brasil	Barragem São Francisco -Mineração Rio Pomba Cataguases	<ul style="list-style-type: none"> - Vazamento de 130.000m³ de rejeitos de bauxita 	-
2001	Nova Lima - MG Brasil	Cava C1 -Mineração Rio Verde	<ul style="list-style-type: none"> - Vazamento de 530.000m³ de rejeitos de minério de ferro - Morte de 5 pessoas 	5,7 km
1986	Itabirito - MG Brasil	Barragem de Rejeitos da Mina Fernandinho - Itaminas Mineração	<ul style="list-style-type: none"> - Vazamento de 350.000m³ de rejeitos de minério de ferro - Morte de 7 pessoas 	-

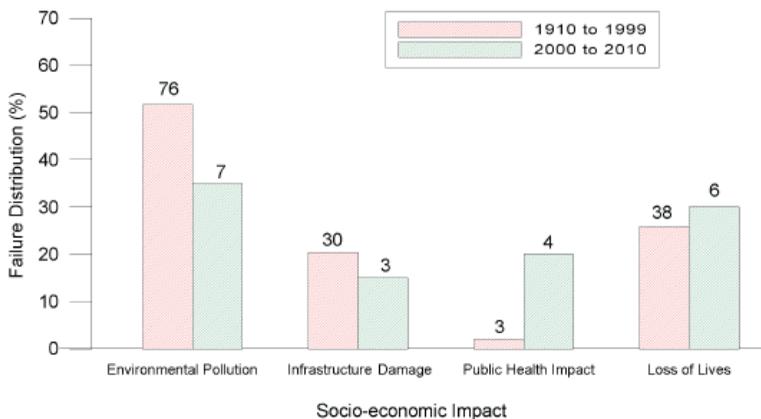
Azam & Li (2010) analisaram estatisticamente os dados disponíveis sobre falhas barragem de rejeitos, dividindo os eventos de falha em dois grupos de tempo, a saber: os eventos anteriores a 2000 e eventos pós-2000. Foi identificado um total de 198 eventos pré-2000 e 20 eventos pós-2000. As principais conclusões do trabalho foram resumidas, conforme os autores, em 4 aspectos principais:

1. As falhas de barragens de rejeitos atingiram um pico de cerca de 50 eventos por década entre 1960 e 1980, mas caíram para cerca de 20 eventos/década ao longo dos últimos vinte anos. A frequência de tais incidentes têm se deslocado geograficamente dos países desenvolvidos para os países em desenvolvimento.
2. As principais razões para as falhas de barragens são eventos climáticos extremos e gestão deficiente. A inclusão dos efeitos das alterações climáticas no projeto inicial e do método de observação durante a construção, manutenção e monitoramento são altamente desejáveis.
3. Falhas ocorrem predominantemente em barragens de pequeno e médio porte, que conforme critérios do estudo são aquelas de até 30 m de altura

e volume máximo de rejeitos de $5 \times 10^6 \text{ m}^3$. Tais incidentes podem ser minimizados através da utilização de padrões de engenharia adequados.

4. Após a ruptura da barragem, os rejeitos lançados geralmente equivalem a cerca de um quinto do volume contido dentro da estrutura. Os principais impactos encontrados foram a poluição ambiental, a perda de vidas e danos a infraestrutura, conforme ilustrado Figura 2.

Figura 2 - Impactos socioeconômicos da ruptura de barragens de rejeitos



(Fonte: Azam & Li 2010)

Em função dos acidentes já ocorridos no Estado de Minas Gerais e do potencial de dano ambiental e social que esses acidentes podem ocasionar, o governo de Minas Gerais tem priorizado a gestão de barragens de rejeito e de resíduos em indústrias e mineração.

Desde 2002 a Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM) vem desenvolvendo o Programa de Gestão de Barragens de Rejeitos e Resíduos com o objetivo de reduzir o risco de danos ambientais em decorrência de acidentes nessas estruturas. Os acidentes ocorridos mobilizaram a sociedade civil organizada, com participação de empreendedores, consultores de notório saber e representantes de diversas entidades atuantes na área ambiental, para adequação tecnológica aos padrões estabelecidos na legislação ambiental a fim de propor medidas para redução dos riscos de novos acidentes. Ao final desses debates foram criadas Deliberações Normativas que possibilitaram o aprimoramento da Gestão de Barragens.

Neste contexto, o Conselho Estadual de Política Pública – COPAM, no uso de suas atribuições elaborou a Deliberação Normativa nº 62 de 17 de setembro de 2002 que dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais. Posteriormente, considerando alterar e complementar a DN COPAM nº 62/02, foi publicada a Deliberação Normativa COPAM nº 87 de 17 de junho de 2005 com o objetivo de estabelecer que todas as barragens devem realizar Auditoria Técnica de Segurança de acordo com determinada periodicidade que varia em função da classificação da barragem. Ainda na esfera estadual, a Deliberação Normativa COPAM nº 124 de 09 de outubro de 2008 complementou a DN COPAM nº 87/05, preconizando que o Relatório de Auditoria Técnica de Segurança deverá estar disponível no empreendimento para consulta durante as fiscalizações ambientais, e que o empreendedor deverá apresentar à FEAM a Declaração de Condição de Estabilidade da Estrutura conforme referido relatório.

No âmbito nacional, a Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010 estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB).

5.2 INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS REFERENTES À RUPTURA DA CAVA C1

As informações obtidas referentes aos danos decorrentes da ruptura da Cava C1 foram obtidas a partir da sentença publicada pelo Repositório de Sentenças do Poder Judiciário do Estado de Minas Gerais, e a partir de dados de domínio público e notícias da época do acidente. Esse repositório é composto por sentenças selecionadas e enviadas por magistrados com jurisdição nas comarcas do Estado de Minas Gerais, além de abranger os acórdãos das Turmas Recursais. O objetivo é divulgar as sentenças relevantes para a comunidade jurídica, de maneira a difundir o pensamento jurídico mineiro e oferecer subsídios que auxiliem os consulentes em suas atividades profissionais.

5.2.1 Aspectos da Ruptura

A Barragem de Rejeitos Cava C1, trata de estrutura integrante da Mina Norte, situada na Fazenda do Engenho, Distrito de São Sebastião das Águas Claras, município de Nova Lima, Minas Gerais, de propriedade da Mineração Rio Verde (MRV). A barragem foi implantada através de alteamentos sucessivos na Cava C1, que se formou após o exaurimento de atividade extrativa, visando obter recipiente de maior volume para a contenção dos rejeitos da atividade minerária que prosseguia em outros pontos de lavra.

No dia 22 de junho de 2001, por volta de 16:45 horas, ocorreu a ruptura brusca da porção nordeste do dique lateral de contenção de rejeitos de minério de ferro da Cava C1, seguida da liberação parcial dos rejeitos acumulados, com movimento de massa de grandes proporções em direção à área de drenagem do Córrego Taquaras, situado imediatamente à jusante do dique de contenção, o que produziu sérios danos ambientais, bem como a morte de cinco pessoas.

Figura 3 - Croqui esquemático da ruptura da Cava C1



(Fonte: Neto 2006)

Figura 4 - Imagem da ruptura da Cava C1



Segundo constatou a perícia, as causas do evento estão diretamente vinculadas à geometria do alteamento e à metodologia adotada para o lançamento dos rejeitos no sistema de contenção (de montante para jusante), resultando na acumulação da água e das frações mais finas do rejeito junto às bordas norte e leste dos diques de contenção e conseqüente saturação do maciço adjacente. Tal situação implicou uma posição da linha freática extremamente elevada e condicionada pela declividade acentuada dos taludes dos alteamentos, uma vez que não foram previstos sistemas de drenagem interna para a estrutura. Com o crescente comprometimento das condições de estabilidade do maciço pelos alteamentos sucessivos dos diques de contenção, ocorreu um processo contínuo de redução do fator de segurança da estrutura de contenção ao longo do tempo, até uma condição de ruptura, representada pela geometria crítica do sistema de contenção na data do evento. A locação da superfície crítica de ruptura pode ser feita através de métodos de análises de estabilidade, convencionalmente adotados na engenharia geotécnica, com base na determinação prévia de alguns parâmetros, que podem ser obtidos através de resultados de ensaios de laboratório executados em amostras dos materiais ou por meio de correlações com resultados de metodologias de investigação *in situ*.

Segundo apurou o inquérito, na execução de obra para o acondicionamento dos rejeitos das atividades da mina, consistente no alteamento de bordas da cava oriunda da extração de minério – Cava C 1 –, deixaram de adotar as medidas de precaução exigidas para a situação de risco de dano ambiental grave e irreversível, sendo que tais exigências foram expressamente formuladas pelo órgão ambiental competente, na oportunidade do licenciamento ambiental para o empreendimento denominado Mina Norte, que aconteceu em 11/08/1995. Os denunciados executaram ainda alteamentos sucessivos nas bordas da Cava C1 que não estavam previstos no licenciamento ambiental obtido para a operação das atividades, o que significou infração administrativa grave.

5.2.2 Danos Ambientais Decorrentes da Ruptura

Segundo constatou a perícia, o evento danoso apresentou a seguinte dinâmica:

"Atingida a condição crítica de estabilidade da estrutura, ocorreu a ruptura de cerca de 330m do dique de contenção ao longo da borda nordeste do alteamento da cava e a liberação imediata de aproximadamente 530.000 m³ de material, particularmente a massa de rejeitos finos e saturados acumulados na extremidade norte da área. Rupturas laterais dos taludes da borda norte e movimentações retroprogressivas do rejeito depositado em direção à montante ocorreram em rápida sequência. O movimento rápido da massa provocou a ruptura parcial do solo natural e do dique inicial de conformação da borda da Cava C1 na zona de maior impacto e gerou um violento movimento de rotação de parte do sistema de contenção na zona de ruptura sobre a estrada de acesso ao distrito de São Sebastião das Águas Claras – denominado popularmente como Macacos. Os limites da zona de movimentação dos rejeitos foram condicionados por uma antiga superfície interna de ressecamento dos rejeitos, pela geometria remanescente da borda da cava (incluindo trechos do maciço natural e uma depressão central, antiga via de acesso à Cava C1 à época de lavra), pelo trecho do dique de contenção deslocado e pelos taludes da borda norte da cava. Atingindo a estrada adjacente e a área imediatamente à jusante, utilizada previamente como depósitos de finos pela empresa, o material da ruptura, compreendendo rejeitos, material dos diques de contenção e solos naturais, e vegetação incorporados à massa corrida (com um acréscimo adicional ao volume mobilizado estimado em cerca de 30%, considerando ainda efeitos de empolamento do material, resultando em um volume total da ordem de 690.000 m³), foi direcionado para o sistema de drenagem do Córrego Taquara e cursos d'água à jusante."

Os danos ambientais foram de grande magnitude, sendo necessário subdividir a descrição dos mesmos para melhor compreensão. Conforme os dados levantados pela perícia, ocorreram os seguintes danos:

1. Estabelecimento de condições adversas às atividades sociais e econômicas e prejuízo da saúde, segurança e bem estar da população.

Uma adutora de água foi destruída pelos rejeitos prejudicando o fornecimento de água potável aos condomínios locais nos dias 23 - 24 e 25/06/01, compensado em parte com o uso de Caminhões-Pipa.

O bloqueio de estradas prejudicou o fluxo de turistas para a região, prejudicando o comércio e, conseqüentemente, a arrecadação do Distrito de São Sebastião das Águas Claras.

Constatou-se danos aos seres humanos e aos espaços trabalhados e ocupados por eles, com morte de cinco pessoas, soterramento de uma rodovia, não pavimentada, que interliga Macacos à BR BR-040 e destruição de ponte de acesso a um povoado.

2. Danos ao meio físico

Ao longo de seu percurso, a massa de rejeitos alterou profundamente a composição do solo e do curso d'água local, conforme descrito a seguir.

2.1 Danos ao solo

A lixiviação causada pelo carreamento dos detritos comprometeu a qualidade do solo, eliminando principalmente sua camada orgânica e o 'horizonte A'. Enquanto a camada orgânica apresenta húmus, bancos de sementes e de plântulas, fundamentais para a manutenção e regeneração da cobertura vegetal, o 'horizonte A' apresenta nutrientes essenciais para o desenvolvimento e manutenção da vida.

Portanto, a remoção do solo traduz-se em dois graves danos ambientais: destruição do ecossistema e eliminação dos seus meios de regeneração natural.

Outro impacto negativo deve-se à deposição dos rejeitos sobre o solo não removido da área diretamente afetada, causando sua compactação e redução da aeração.

O solo descoberto, sem a proteção da faixa de vegetação ciliar, apresenta risco iminente de erosão, principalmente na época de chuvas.

2.2 Poluição hídrica

O material carreado soterrou aproximadamente 4,9 Km do Córrego Taquaras e 0,8 km do Córrego Macacos, eliminando todo o ecossistema aquático associado.

Os impactos relacionados à qualidade da água alcançaram as maiores extensões territoriais, apresentando expansão contínua. Tal fato se deve à dispersão ao longo das bacias hidrográficas que recebem tais rejeitos.

O aumento da turbidez, constatado no Córrego Taquaras foi suficiente para a alteração de sua classe (Classe 1 de acordo com a Deliberação Normativa COPAM nº 20/97) para uma classe menos restritiva.

Ressalta-se que o Córrego Taquaras deságua no Rio das Velhas, à montante de um ponto de captação da COPASA, responsável na época pelo abastecimento de 43% da população da Região Metropolitana de

Belo Horizonte. Verificou-se, portanto o risco ao abastecimento dessa Metrópole.

Houve ainda o comprometimento das nascentes do Córrego Taquaras, devido ao seu assoreamento, riscos de erosão das encostas, e alteração na recarga pluvial, oriunda da supressão da vegetação ciliar.

3. Danos à biota

Os rejeitos carreados provocaram significativos danos à biota (fauna e flora), culminando na degradação do ecossistema da área afetada. Tais danos foram devidos à supressão direta da biota e às alterações dos habitats e ecossistemas remanescentes.

A elevada biodiversidade verificada é explicada pela sua localização regional, em área de transição entre a Mata Atlântica e o Cerrado, que a caracteriza como um ecótono. A comunidade biótica do ecótono contém muitos dos organismos de cada uma das comunidades superpostas e, além desses, organismos característicos da faixa transitória.

Para a caracterização do meio biótico os peritos utilizaram informações presentes no Plano de Recuperação de Área Degradada - PRAD e no Relatório de Controle Ambiental - RCA da própria mineração.

3.1 Danos à flora

No que concerne a cobertura vegetal, a área atingida pelos rejeitos de minério apresenta formações do bioma da Mata Atlântica em transição com o Cerrado, expressos pela floresta estacional semidecidual (matas úmidas de fundos de vale e de altitude) e seus ecossistemas associados.

As características verificadas no entorno da área degradada permitem a classificação da vegetação afetada em três tipologias: remanescente de Mata Atlântica em estágio avançado de regeneração, na maior parte da área; remanescente da Mata Atlântica em estágio médio de sucessão; e floresta de Eucalipto permeada por espécies da flora local em seu sub-bosque.

Com os valores de extensão dos cursos d'água afetados (4,9 Km para o Córrego Taquaras e 0,8 Km para o Córrego Macacos) e considerando como faixa de preservação permanente a área localizada a 30 metros a partir de cada margem calcula-se que foram suprimidos 34 (trinta e quatro) hectares de vegetação em área de Preservação Permanente.

Toda a vegetação suprimida - faixa de preservação permanente (34 hectares), além da faixa no entorno da área de preservação permanente (cerca de 9 hectares) e a vegetação perturbada pelo efeito de borda (36 hectares) – é protegida pela Lei 11.428/2006. Portanto, no total, 79 hectares de remanescentes de Mata Atlântica sofreram danos devido ao carreamento dos rejeitos.

A Figura 5 ilustra o efeito da passagem da onda de rejeito ao longo do Vale Taquaras.

Figura 5 - Vista do Vale Taquaras após ruptura da Cava C1



(Fonte: Neto 2006)

O RCA cita a ocorrência de 67 espécies arbóreas e 10 subarbóreas, entre as quais Jatobá-da-mata (*Hymenea stilbocarpa*), Cedro (*Cedrela fissilis*) e Sucupira (*Bowdichia virgilioides*), espécies típicas dos fundos de vale das florestas do entorno do empreendimento. O referido relatório cita ainda a presença do Ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia*), espécie considerada imune ao corte e de preservação permanente, de acordo com a Lei 9.743/88.

Em dissertação de mestrado, desenvolvida pelo Departamento de Biologia Vegetal da Universidade Estadual de Campinas, constatou-se na região afetada a presença da Braúna (*Melanoxylon brauna*) e da espécie considerada madeira-de-lei, Jacarandá-caviúna (*Dalbergia nigra*), ambas ameaçadas de extinção. O estudo também constatou, na

região em que se insere a área diretamente degradada pelos rejeitos, a presença de espécies até então conhecidas apenas em matas do estado do Rio de Janeiro, indicando semelhanças florísticas com a Floresta Ombrófila Densa. São essas: *Callisthene dryadum* (espécie arbórea), a gramínea *Lithachne horizontalis*, espécie rara e endêmica da região sudeste, com poucos registros de ocorrência para o Brasil, e o arbusto *Psychotria cephalantha*.

Para o estrato herbáceo, a referida dissertação de mestrado encontrou, em 100 m², 162 espécies de 90 gêneros e 46 famílias, além de 25 morfoespécies, cuja identificação taxonômica não foi possível.

Além dessas espécies esse estudo constatou a presença de *Eriocnema fulva*, espécie herbácea endêmica e rara, que se encontra na lista das espécies ameaçadas de extinção para o estado de Minas Gerais (DN COPAM nº 85/97). De acordo com a autora do trabalho, a espécie é muito frágil, e ocorre sobre pedras em ambientes úmidos sombreados na margem dos riachos. Essas características fazem com que a mesma sofra danos oriundos de qualquer alteração na regularidade do fluxo da água, que as colocam em risco de extinção local, tais como: redução do volume da água, modificação do pH, resíduos químicos, materiais sólidos em suspensão. Essa espécie também apresenta elevada sensibilidade a alterações da luminosidade, sendo que a retirada da vegetação nas margens dos riachos leva os indivíduos à morte por ressecamento.

Assim como para *Eriocnema fulva*, as alterações no fluxo da água provenientes dos rejeitos da Mineração Rio Verde Ltda. comprometem a sobrevivência de toda a comunidade de espécies florísticas dependentes da água ou de ambientes úmidos na mata.

Considerando que a área diretamente afetada corresponde a cerca de 43 hectares e que cada hectare abriga, em média 1.500 árvores, estimou-se que 64.500 indivíduos, incluindo, possivelmente, todas as espécies arbóreas citadas, foram suprimidos pela ação dos rejeitos ao longo dos Córregos Taquaras e Macacos. No que diz respeito ao sub-bosque, a maior densidade dos indivíduos desse grupo faz com que o número de espécimes suprimidos seja estimado na ordem dos milhões.

Todos os danos à vegetação ocorreram no interior da Área de Proteção Ambiental Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte, (criada pelo Decreto Estadual 35.264/94), e considerada Unidade de Conservação de Uso Sustentável pela Lei 9.985/00, e na Área de Proteção Especial de Fechos (criada pelo Decreto nº 22.327/82).

3.2 Danos à fauna silvestre aquática e terrestre

A) Fauna aquática

Os danos à fauna silvestre aquática devem-se ao soterramento súbito de indivíduos e à perda de habitats naturais. O material proveniente da barragem de rejeitos causou o perecimento da fauna aquática presente em todo Córrego Taquaras e em trecho do Córrego Macacos.

De acordo com o Relatório de Controle Ambiental estão presentes nos córregos da região bagres, cascudos, lambaris e traíras. Quanto aos anfíbios, o referido RCA descreve o registro regional de pelo menos nove espécies de pererecas (*Hyla minuta*, *Hyla polytaenia*, *Hyla biobeba*, *Hyla circumdata*, *Hyla catharina*, *Scinax duartei*, *Scinax longilinea*, *Scinax fuscovaria*, *Phyllomedusa burmeisteri*; quatro espécies de rãs (*Eleutherodactylus binotatus*, *Eleutherodactylus juipoca* e *Eleutherodactylus izecksohni*, *Leptodactylus ocellatus*) e quatro espécies de sapos (*Odontophrynus cultripes*, *Bufo crucifer*, *Hyla faber* e *Proceratophrys boiei*). Assim, verifica-se que pelo menos quatro espécies de peixes e dezessete espécies de anfíbios silvestres foram suprimidos, além das incontáveis espécies de invertebrados.

A deposição do rejeito no local amplifica ainda mais os impactos causados pela perda de habitats naturais. Enquanto esse material não for removido da calha do rio, dificilmente ocorrerá algum restabelecimento da fauna aquática. Durante a permanência desse rejeito, está eliminado um habitat importante, que poderia estar sendo utilizado pela fauna aquática ocorrente nos cursos d'água.

Os cursos d'água afetados são habitats típicos da libélula (*Aeshna eduardoi*), considerada em extinção de acordo com a Deliberação Normativa COPAM nº 41/95 (que regulamenta a Lei Estadual 10583/92).

A fauna aquática também vem sendo prejudicada pelo aumento da turbidez, oriunda dos sólidos em suspensão carreados pelos cursos d'água. O aumento da turbidez causa danos a toda a cadeia biológica, por degradar a qualidade do habitat aquático, ao reduzir a quantidade de luz solar disponível às algas e cianobactérias, produtores primários que formam a base da cadeia alimentar. O prejuízo à produtividade primária traduz-se também na redução da concentração de oxigênio dissolvido na água, elemento cuja concentração adequada é crucial ao desenvolvimento e manutenção da vida aquática.

B) Fauna terrestre

Os danos à fauna silvestre terrestre devem-se ao soterramento súbito de espécimes e à perda de habitats naturais. Devido à grande velocidade com que a massa de rejeitos removeu o solo e a vegetação na área, incontáveis exemplares da fauna foram diretamente eliminados. Esse dano afetou, principalmente, espécies de locomoção lenta e pequeno porte. A violência com que esse dano aconteceu e a elevada diversidade de espécies afetada torna impossível uma quantificação do número de indivíduos e espécies eliminados por esses rejeitos. Porém, certamente foram eliminados diversos ninhos de aves habitados, inúmeros insetos e outros invertebrados que habitam o interior das árvores e solos removidos, além de pequenos vertebrados (como répteis e mamíferos) que habitam as copas das árvores e covas no solo.

Do ponto de vista da fauna, a supressão da vegetação e do solo corresponde à remoção dos seus habitats naturais. Ou seja, a supressão de um espaço físico próprio às exigências para reprodução, locomoção, alimentação e abrigo de diversas espécies de invertebrados e vertebrados.

Em relação aos répteis, o RCA indicou onze espécies na região, a saber: lagarto-corredor (*Ameiva ameiva*), calango (*Tropidurus torquatus*), camaleão (*Polychrus acutirostris*), teiú (*Tupinambis teguixim*), boipeva (*Waglerophis merremii*), urutu (*Bothrops neuwiedi*), coral verdadeira (*Micrurus spp.*), falsa coral (*Smophis sp.*), cobra-cipó (*Chironius sp.*, *Phylodrias olfersii*), caninana (*Spilotes sp.*), jararaca (*Bothrops sp.*), cascavel ou boicininga (*Crotalus terrificus*).

Para a avifauna, foram descritas a presença de 123 espécies distintas, na qual se incluem o gavião-carijó (*Buteo magnirostris*), caracará (*Polyborus plancus*), seriema (*Cariama cristata*), coruja-buraqueira (*Speotyto cunicularia*), curiango (*Nyctidromus albicollus*), beija-flor-tesoura (*Eupetomena macroura*), beija-flor-de-peito-azul (*Amazilia lactea*), beija-flor tesoura (*Eupetomena macroura*), pica-pau-de-banda-branca (*Dryocopus lineatus*), João-de-Barro (*Furnardius rufus*), sabiá-laranjeira (*Turdus rufiventris*), trinca-ferro-de-asa-grande (*Saltator similis*), e a espécie ameaçada de extinção, de acordo com a Deliberação Normativa COPAM nº41/95, jacú-de-barriga-castanha (*Penelope ochrogaster*).

Além das espécies da avifauna citadas no RCA, registra-se também na região afetada a presença da ave popularmente denominada Macuco (*Tinamus solitarius*) espécie ameaçada de extinção de acordo com a lista oficial de Minas Gerais (DN COPAM nº 41/95) 3.

Levantamento de mamíferos recentemente realizado na região 4, abrangendo inclusive a APE-Fechos registrou a presença de 47 espécies, que incluem a raposa-do-mato (*Cerdocyon thous*), quati (*Nasua nasua*), esquilo (*Sciurus aestuans*), ouriço-cacheiro (*Sphiggurus villosus*), veado catíngueiro (*Mazama gouazoubira*), paca (*Agouti paca*), capivara (*Hydrochaeris hydrochaeris*), irara (*Eira barbara*), mico-estrela (*Callithrix penicillata*), dentre outras; além de seis espécies ameaçadas de extinção segundo a lista oficial de Minas Gerais (Deliberação Normativa COPAM nº 41/95), *Chrysocyon brachiurus* (Lobo-guará), *Callicebus personatus* (sauá), *Leopardus pardalis* (Jaguatirica), *Cabassous sp.* (Tatu-rabo-mole), *Tamandua tetradactyla* (Tamanduá-colete) e *Pecari tajacu* (catitu).

Assim, verifica-se que a remoção dos habitats da fauna silvestre (43 hectares removidos) causaram danos a, no mínimo, 47 espécies de mamíferos, 123 espécies de aves e 11 espécies de reptéis, todos silvestres.

3.3 Danos ao ecossistema

Define-se como ecossistema à interação entre as comunidades bióticas e o meio físico. Essa unidade funcional apresenta grupos típicos, denominados: produtores primários (representados pela flora, algas, cianobactérias), produtores secundários (fauna vertebrada e invertebrada), decompositores (fungos e bactérias), substâncias orgânicas (proteínas, carboidratos, substâncias húmicas, etc) e substâncias inorgânicas (carbono, água, fósforo, nitrogênio e outros nutrientes disponíveis no solo e nos produtores primários/secundários).

Na ausência de distúrbios, esses componentes apresentam-se em interação contínua, traduzida em fluxos de energia e matéria entre organismos e o meio físico que, assim, mutuamente se controlam. Essas interações permitem aos ecossistemas sua manutenção e seu desenvolvimento, fornecendo a essa unidade propriedades emergentes, como resistência e resiliência a distúrbios. Enquanto a primeira propriedade corresponde à capacidade de não ser afetado por determinados distúrbios, a segunda propriedade corresponde à capacidade de retornar às condições anteriores após os danos causados por distúrbios.

A entrada dos rejeitos provenientes da ruptura da Cava C1 nos ecossistemas aquático e terrestre eliminou todos os componentes dos ecossistemas (produtores primários/secundários, decompositores, nutrientes). A situação constatada na região demonstra que a magnitude do dano foi suficiente para suplantar a capacidade de resistência a

distúrbios, resultando em degradação completa dos ecossistemas aquáticos e terrestres atingidos. Assim, foi constatada a degradação de 43 hectares dos ecossistemas aquático e terrestre.

A remoção do banco de sementes e do horizonte A do solo, além da permanência dos rejeitos sobre o solo e calha do rio, elimina qualquer capacidade de resiliência que porventura tenham restado para os ecossistemas atingidos, ou seja, impedem sua capacidade de regeneração.

Além dessa área drasticamente degradada, nos próximos anos, todo ecossistema terrestre remanescente sofrerá os efeitos de borda, decorrentes de sua fragmentação. Esse efeito corresponde às alterações na qualidade do habitat natural devido a mudanças microclimáticas (ventos, incidência de luz solar, umidade) às quais a vegetação e fauna localizadas na borda remanescente serão expostas.

Os efeitos de borda são, frequentemente, mais notados nos primeiros 35 metros, muitas vezes alcançando maiores extensões. Assim, considerando esse valor para cada fragmento florestal remanescente, constata-se que o efeito de borda é responsável por danos à biota em uma área de, pelo menos, 36 (trinta e seis) hectares. Portanto, considerado a área diretamente suprimida (43 hectares) verifica-se que os danos relativos à biota (fauna e flora) terrestre abrangem uma área de 79 (setenta e nove) hectares (43 + 36 hectares).

4. Alterações das condições estéticas do meio ambiente

A região denominada Vale Taquaras apresenta beleza cênica, representada pela combinação entre a vegetação exuberante, nascentes e cursos d'água e presença da fauna silvestre. Essa paisagem cênica contrapõem-se ao aspecto desolador das atividades antrópicas existentes no seu entorno, funcionando como um atrativo para turistas e moradores da região, que aproveitam suas horas de lazer e descanso para se beneficiarem do contato com a natureza.

Os danos provocados pelo carreamento dos rejeitos resultaram em degradação visual da região ao eliminarem as características cênicas atrativas, substituindo-as por uma paisagem destruída e desoladora.

5.2.3 Aspectos da Sentença

“Considerando a intensa reprovabilidade da conduta, a ausência de antecedentes; ausência de motivo; a boa conduta social; a personalidade sem marcas; as circunstâncias normais e consequências

graves e irreparáveis do crime – não localização de um dos corpos e de partes dos outros; interrupção do abastecimento de água, em face da danificação da adutora da COPASA e danos ambientais gravíssimos que, apesar da recuperação realizada pela empresa após o acidente, não atingem a totalidade, sem se olvidar que fora atingida uma área de aproximadamente 79 hectares de mata atlântica preservada; as seguintes penas foram fixadas:

As pessoas físicas, no caso, um Diretor e o Gerente Ambiental da Mineração Rio Verde, foram condenadas, cada uma, à pena de em 08 anos e 08 meses de reclusão, em regime fechado, além de 39 dias-multa, no valor de 15/30 do salário mínimo.

A pessoa jurídica, ou seja, a empresa Mineração Rio Verde Ltda., por não ser passível de condenação a pena privativa de liberdade, foi condenada à prestação de serviços à comunidade (custeio de programas e de projetos ambientais; execução de obras de recuperação de áreas degradadas; manutenção de espaços públicos; contribuições a entidades ambientais ou culturais públicas) pelo período de 08 anos e 08 meses, consistentes nas medidas estabelecidas no art. 23, incisos I e II, da Lei 9605/1998, à construção de um estacionamento para 150 veículos no Distrito de Macacos, no município de Nova Lima, além da manutenção do "Rego dos Carrapatos", na mesma localidade, bem como o pagamento de 39 dias-multa, sendo cada dia no valor de 15/30 do salário mínimo."

Considerando que na época de publicação da sentença (15 de maio de 2007) o salário mínimo era de R\$380,00, as seguintes quantias foram desembolsadas: R\$7.410,00 por Pessoa Física e pela Pessoa Jurídica, totalizando o montante de R\$22.230,00. Além dos custos de recuperação, da construção do estacionamento no Distrito de Macacos, da manutenção do "Rego dos Carrapatos" e os gastos processuais.

5.3 VALORAÇÃO AMBIENTAL DOS DANOS DECORRENTES DA RUPTURA DA CAVA C1

Considerando os danos decorrentes da ruptura da Cava C1 é possível estimar, através dos métodos de valoração ambiental, o valor econômico do comprometimento dos recursos naturais em decorrência do sinistro.

Cabe mencionar que a valoração realizada no presente item teve foco nos danos ambientais, não contemplando os demais danos decorrentes do sinistro. Adicionalmente, a valoração ambiental realizada

constitui em uma etapa condicionante a aplicação do índice proposto no presente trabalho.

5.3.1 Seleção dos Danos Ambientais Passíveis de Serem Valorados

A partir dos danos ambientais identificados pela perícia, realizada na época do sinistro na área diretamente afetada, é possível estimar o valor do dano total ocorrido. Para tanto, é necessário selecionar dentre os danos ambientais identificados, aqueles passíveis de valoração.

Os critérios de seleção são variáveis e dependem de cada contexto, podendo contemplar: existência de metodologia aplicável; disponibilidade de informações e quantitativos; aplicabilidade da valoração; e também, para os casos mais práticos, o que já foi cobrado dos empreendedores em outros acidentes ou danos desta natureza no Brasil.

Avaliando a disponibilidade de dados referente aos danos ambientais do caso em questão, e considerando as dificuldades de avaliação do local após o sinistro, o dano de supressão vegetal se apresenta viável à valoração ambiental. Tal fato se deve aos seguintes aspectos:

- A existência de um quantitativo mensurável, no caso toda a vegetação suprimida soma 79 hectares de Mata Atlântica, que correspondem a 34 hectares de faixa de Área de Preservação Permanente (APP), 9 hectares no entorno das APPs, e 36 hectares da vegetação perturbada pelo efeito de borda;
- O fato da supressão vegetal ter ocorrido no interior de áreas protegidas. No presente caso todos os danos à vegetação ocorreram no interior da Área de Proteção Ambiental Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte (APA Sul RMBH) e na Área de Proteção Especial de Fechos (APE Fechos), desse total 34 hectares constituem ainda em Áreas de Preservação Permanente (APP);
- O fato de grande parte da vegetação suprimida constituir em formações remanescentes do bioma da Mata Atlântica, sendo, na maior parte da área, Floresta Estacional Semidecidual em estágio avançado e médio de regeneração.

Cabe destacar, que ao se realizar a valoração de determinados danos vários dos demais danos elencados podem ser englobados e contemplados de forma indireta, e conseqüentemente os custos associados estarão embutidos no valor final. Para o caso específico em estudo, ao se realizar a reparação dos 79 hectares de Floresta Estacional

da Mata Atlântica, propicia-se o retorno da qualidade ambiental e consequentemente a reparação dos demais danos, como retorno das espécies da fauna e diversidade da flora, melhora da qualidade das águas superficiais e dos solos, retorno dos serviços ecossistêmicos e reconstituição das Áreas de Preservação Permanente.

5.3.2 Estimativa do Período de Comprometimento dos Recursos Naturais

Considerando os quantitativos disponíveis e os danos selecionados, é necessário ainda estimar o período de tempo em que os recursos naturais e os serviços ecossistêmicos ficaram comprometidos devido ao dano ocorrido.

No presente caso, para ponderação do fator de tempo pode-se considerar os períodos de resiliência do ecossistema natural da área afetada com base em referências bibliográficas e nos dados de vulnerabilidade natural do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado de Minas Gerais ZEE-MG. Segundo o ZEE-MG, a maior parte da região afetada apresenta vulnerabilidade natural muito alta e consequentemente baixa capacidade do ecossistema local de resistir ou se recuperar dos danos causados, o que torna ainda mais relevante a implementação de ações de recuperação. Segundo documento “Pacto pela Restauração da Mata Atlântica”, elaborado pelo Instituto BioAtlântica em 2009, nos casos de restauração de florestas tropicais após cerca de 15 anos já ocorrem espécies clímax na área em recuperação.

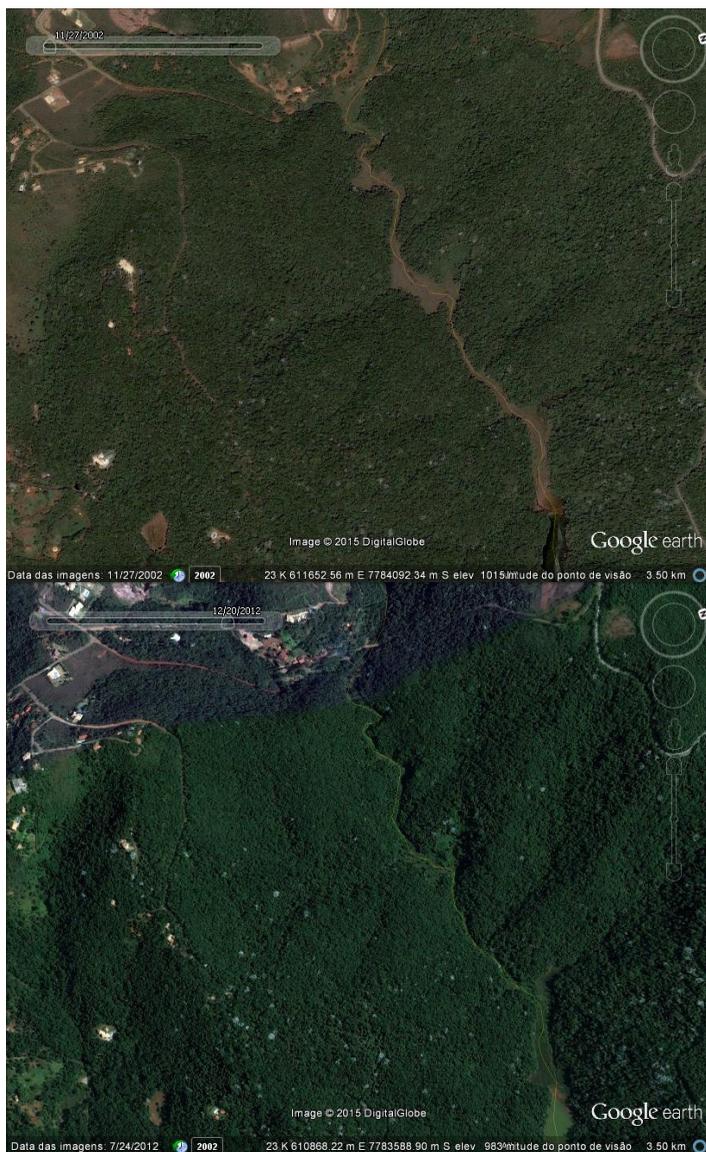
Conforme retratado nas Figuras 6 e 7, analisando as imagens disponíveis das áreas afetadas pela ruptura da Cava C1 da Mineração Rio Verde em Nova Lima-MG, é possível identificar que a integração das áreas atingidas à paisagem local ocorreu cerca de 10 anos após o acidente, sendo que neste caso ações de recuperação foram implantadas.

Figura 6 - Análise temporal da recuperação das áreas degradadas pela ruptura da Cava C1



(Fonte: Google Earth)

Figura 7 - Análise comparativa de um mesmo trecho afetado pela ruptura da Cava C1 em 2002 e em 2012



(Fonte: *Google Earth*)

5.3.3 Valoração dos Danos Ambientais

A partir dos danos selecionados e do período estimado deve-se avaliar os métodos de valoração aplicáveis buscando contemplar todas as parcelas de valor do recurso natural degradado. Considerando o estabelecido no Art.225 da Constituição Federal da República Federativa do Brasil, e conforme citado anteriormente, especificamente para os casos de danos ambientais têm-se a premissa de primar pela recuperação em detrimento das demais opções.

Desse modo, a valoração ambiental nestas ocasiões deve incorporar, sempre que possível, a valoração dos danos através dos Métodos de Despesas de Reposição. Neste método a estimativa do valor pecuniário é dada pelos gastos necessários para a reposição ou reparação do recurso natural, partindo do pressuposto que o recurso ambiental possa ser devidamente substituído. Segundo Tonietto (2011), a avaliação de danos limita-se às alterações causadas no meio ambiente que direta ou indiretamente causaram uma degradação ambiental, não considerando a avaliação do meio ambiente em si. Ou seja, não é o meio ambiente que é avaliado, mas o custo das ações necessárias para retornar o ambiente alterado à condição mais próxima à anterior.

Considerando o exposto, o Métodos de Despesas de Reposição no presente caso, envolve os custos do reflorestamento com espécies nativas de 79 hectares de Mata Atlântica. De um modo geral, os custos devem contemplar a reconformação topográfica do terreno, adequação estrutural e da fertilidade do substrato, plantio das espécies, e o monitoramento e manutenção.

A partir do quantitativo de área disponível e da metodologia definida foi realizado um levantamento dos valores pecuniários de referência para o recurso e região afetada. Os valores foram obtidos a partir de pesquisas na literatura disponível, publicações e consultas a valores praticados no mercado.

Segundo planilha de referência da Coordenação de Flora da Superintendência do IBAMA do Estado de Goiás para análise de Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), o custo mínimo da recuperação de um hectare considerando insumos, mão de obra, e tratamentos culturais por 3 anos, era de R\$ 50.076,20 em 2011. O valor máximo, considerando as variações do mercado, chegava a R\$ 64.461,40. O primeiro ano consiste na implementação das ações de recuperação e pode representar até 96% do total do valor a ser despendido, os anos

subsequentes consistem no monitoramento e manutenções periódicas, e podem representar cerca de 2% do valor total, cada.

Para atualização das referências do IBAMA, e conforme metodologia adotada por Camphora & May (2006), os valores foram atualizados inflacionando para o ano base de 2015, através do Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna – IGP-DI (FGV), conforme apresentado na Tabela 4.

O estudo de Camphora & May (2006) buscou avaliar se existe uma convergência dos valores estimados, a partir de enfoques de análise e metodologias relativamente diversificadas, para o bioma Mata Atlântica. Os autores avaliaram 11 estudos elaborados entre 1994 e 2003, realizados em unidades de conservação federais e estaduais localizadas no bioma. Com base nos resultados equipararam os valores obtidos, inflacionando para o ano base de 2005, através do IGP-DI. O Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna (IGP-DI), calculado pelo Instituto Brasileiro de Economia (IBRE) da Fundação Getúlio Vargas (FGV), é um indicador do movimento de preços que há mais de seis décadas serve às comunidades econômicas nacional e internacional como termômetro de inflação no Brasil.

Tabela 4 - Valores de Referência para Recuperação de Áreas Degradadas

PLANILHA DE CUSTOS PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS (VALORES MÉDIOS)															
Estimativa de custo para revegetação de 01 hectare de área degradada, considerando espaçamento 3 x 3m.					Primeiro Ano			Segundo Ano			Terceiro Ano			Total/ha	
Discriminação	Unid.	VR. Unit. Min	VR. Unit. Max	Quant/ha	Custo Min	Custo Máx	Quant/ha	Custo Min	Custo Máx	Quant/ha	Custo Min	Custo Máx	Total Min	Total Max	
INSUMOS	Mudas (com 0,3m de altura)	unidade	R\$ 1,50	R\$ 3,00	1112	R\$ 1.668,00	R\$ 3.336,00	112 (10%)	R\$ 168,00	R\$ 336,00	56 (5%)	R\$ 84,00	R\$ 168,00	R\$ 1.920,00	R\$ 3.840,00
	Mudas (com 1m de altura)	unidade	R\$ 8,00	R\$ 15,00	1112	R\$ 8.896,00	R\$ 16.680,00	-	-	-	-	-	-	R\$ 8.896,00	R\$ 16.680,00
	Mix Sementes Herbáceas	m²	R\$ 3,40	R\$ 3,80	10.000	R\$ 34.000,00	R\$ 38.000,00	-	-	-	-	-	-	R\$ 34.000,00	R\$ 38.000,00
	Adubo químico NPK	Kg	R\$ 0,82	R\$ 0,93	40	R\$ 32,80	R\$ 37,20	40	R\$ 32,80	R\$ 37,20	40	R\$ 32,80	R\$ 37,20	R\$ 98,40	R\$ 111,60
	Adubo orgânico	m³		15,00	25		375,00	2,5		37,50	1		15,00		427,50
	Formicida	Kg	R\$ 4,50	R\$ 10,00	5	R\$ 22,50	R\$ 50,00	2,5	R\$ 11,25	R\$ 25,00	2,5	R\$ 11,25	R\$ 25,00	R\$ 45,00	R\$ 100,00
	Cerca de Proteção	Km	R\$ 5.998,25	R\$ 6.718,25	0,4	R\$ 2.339,30	R\$ 2.687,30	-	-	-	-	-	-	R\$ 2.339,30	R\$ 2.687,30
SERVIÇOS	Capina Mecânica ou Manual	hd/hm	R\$ 50,00	R\$ 70,00	1	R\$ 50,00	R\$ 70,00	1	R\$ 50,00	R\$ 70,00	1	R\$ 50,00	R\$ 70,00	R\$ 150,00	R\$ 210,00
	Sulcamento	hd/hm	R\$ 50,00	R\$ 70,00	0,5 ou 1	R\$ 35,00	R\$ 50,00	-	-	-	-	-	-	R\$ 35,00	R\$ 50,00
	Coveamento	hd/hm	R\$ 50,00	R\$ 70,00	2 ou 3	R\$ 140,00	R\$ 150,00	-	-	-	-	-	-	R\$ 140,00	R\$ 150,00
	Coroamento	hd	R\$ 50,00	R\$ 70,00	5		250,00	4		200,00	4		200,00		650,00
	Plantio	hd		50,00	2,5		125,00	-	-	-	-	-	-		125,00
	Replanteio	hd		50,00	0		-	4		200,00	2		100,00		300,00
	Adubação	hd		50,00	2		100,00	1		50,00	1		50,00		200,00
	Controle de Formigas	hd		50,00	2		100,00	2		100,00	2		100,00		300,00
	Aceiramento Mecanizado ou Manual	hd/hm	R\$ 50,00	R\$ 70,00	2	R\$ 50,00	R\$ 70,00	1	R\$ 50,00	R\$ 70,00	1	R\$ 50,00	R\$ 70,00	R\$ 150,00	R\$ 210,00
	Roçagem/Capina	hd/hm	R\$ 50,00	R\$ 70,00	2	R\$ 100,00	R\$ 140,00	2	R\$ 100,00	R\$ 140,00	2	R\$ 100,00	R\$ 140,00	R\$ 300,00	R\$ 420,00
TOTAL	Total 2011	-	-	-	-	R\$ 48.283,60	R\$ 62.220,50	-	R\$ 999,55	R\$ 1.265,70	-	R\$ 793,05	R\$ 975,20	R\$ 50.076,20	R\$ 64.461,40
	Total 2015 (IGP-DI)	-	-	-	-	R\$ 60.435,96	R\$ 77.880,59	-	R\$ 1.251,12	R\$ 1.584,26	-	R\$ 992,65	R\$ 1.220,65	R\$ 62.679,93	R\$ 80.685,50

Rendimentos Médios Considerados : 1. Abertura de covas – 40 covas/homem/dia; 2. Plantio – 50 mudas/homem/dia; 3. Coroamento – 60 coroaas/homem/dia; 4. Adubação em cobertura – 250 covas/homem/dia
(Fonte: IBAMA 2011 – modificado)

Considerando os valores de referência obtidos, para a recuperação dos 79 hectares de Mata Atlântica suprimidos pela passagem da onda de rejeitos proveniente da ruptura da Cava C1, seria gasto um valor médio de R\$ 71.680,00 por hectare, totalizando um montante de R\$ 5.662.934,49. Entretanto, como é sabido, por maiores que sejam os gastos envolvidos na reposição, nem todas as complexas propriedades de um atributo ambiental serão repostas pela simples substituição do recurso. O Método das Despesas de Reposição não capta os valores de existência e opção do recurso natural degradado. Assim a composição de custos abordada buscou refletir os custos associados à responsabilidade objetiva do empreendedor, no caso, a recuperação.

Considerando a melhor prática em termos de valoração ambiental, as demais parcelas de valor do recurso natural também devem ser valoradas ainda que a legislação não trate de forma clara e específica da obrigação de reparação ou ressarcimento dos danos aos aspectos intangíveis do meio ambiente, até mesmo pela dificuldade de mensuração e restituição dos mesmos. Assim, de forma complementar aos custos de recuperação, é possível adicionar valores de referência associados ao valor de opção e existência da área afetada pelo sinistro. Considerando que toda a vegetação suprimida se encontrava em área protegida essa valoração torna-se recomendável. Considerando a bibliografia disponível e buscando valores específicos para a região, a utilização do valor referente ao ICMS Ecológico de ambas as áreas protegidas pode ser uma alternativa representativa ao valor de opção.

O ICMS Ecológico trata do valor do repasse ao município por área protegida que é obtido por meio da multiplicação da razão entre a área da Unidade de Conservação (UC) e a área do município pelo Fator de Conservação atribuído à categoria da UC e pelo Fator de Qualidade conferido a essa UC. O Fator de Conservação é mais elevado para as categorias que implicam maiores restrições ao uso, e menos expressivos para as UC's de categorias mais flexíveis. Já o Fator de Qualidade corresponde à avaliação da UC no que se refere à efetividade da proteção ambiental que ocorre na área, sendo tanto maior quanto mais efetiva for considerada tal proteção. Para Bensusan (2002), há duas funções principais no repasse do ICMS Ecológico aos municípios que possuem UCs. A primeira é a compensação pela arrecadação que o município deixa de realizar em função das restrições ao uso da área destinada à proteção ambiental, que no caso reflete a essência do valor de opção. A segunda consiste no incentivo financeiro para a criação e ampliação do número de UCs e melhoria da qualidade da proteção destas.

Em estudo desenvolvido por Euclides (2013) foram realizadas comparações entre os valores recebidos pelo ICMS e pela Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), nos municípios localizados no Quadrilátero Ferrífero do Estado de Minas Gerais. A título de exemplo os valores repassados ao município de Nova Lima-MG foram apresentados e as áreas protegidas afetadas pelo sinistro da Cava C1 foram contempladas, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Arrecadação Referente às Unidades de Conservação do Município de Nova Lima, entre Janeiro e Junho de 2010

Unidade	Área (ha)	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Total Acum. Semestral	Total ha/ano
APA SULRMBH	39.893,90	R\$ 391,70	R\$ 355,20	R\$ 388,90	R\$ 402,90	R\$ 388,30	R\$ 427,90	R\$ 2.355,10	R\$ 0,12
APE Fechos	476	R\$ 187,00	R\$ 169,50	R\$ 185,60	R\$ 192,30	R\$ 185,30	R\$ 204,20	R\$ 1.124,00	R\$ 4,72
ESEC Fechos	603	R\$ 1.421,00	R\$ 1.288,70	R\$ 1.410,80	R\$ 1.461,60	R\$ 1.408,80	R\$ 1.552,40	R\$ 8.543,20	R\$ 28,34
RPPN Feixos	2,1	R\$ 7,40	R\$ 6,70	R\$ 7,40	R\$ 7,60	R\$ 7,40	R\$ 8,10	R\$ 44,60	R\$ 42,48
RPPN Mata do Jambreiro	912	R\$ 3.223,90	R\$ 2.923,50	R\$ 3.200,60	R\$ 3.316,00	R\$ 3.196,00	R\$ 3.521,80	R\$ 19.381,70	R\$ 42,50
RPPN Mata Samuel de Paula	147,8	R\$ 522,60	R\$ 473,90	R\$ 518,80	R\$ 537,50	R\$ 518,10	R\$ 570,90	R\$ 3.141,70	R\$ 42,51
APE Mutuca	250	R\$ 98,20	R\$ 89,00	R\$ 97,50	R\$ 101,00	R\$ 97,30	R\$ 107,30	R\$ 590,30	R\$ 4,72
PAQE Serra do Rola Moça	774	R\$ 1.641,60	R\$ 1.488,70	R\$ 1.629,80	R\$ 1.688,50	R\$ 1.627,40	R\$ 1.793,30	R\$ 9.869,40	R\$ 25,50

(Fonte: Euclides, 2013 – modificado)

Conforme apresentado na Tabela 5, o valor arrecadado pelo município de Nova Lima referente à Unidade de Conservação APA SUL RMBH era de R\$ 0,12/ha/ano em 2010, enquanto o valor referente a APE Fechos correspondia a R\$ 4,72/ha/ano. Atualizando os valores através do IGP-DI, o valor atual para a APA SUL RMBH é de R\$0,16/ha/ano, enquanto para a APE Fechos é igual a R\$ 6,26/ha/ano. Tal diferença entre os valores é justificada pelo fato das áreas corresponderem a diferentes categorias de áreas protegidas, com diferentes restrições e consequentemente status de conservação distintos.

Por fim, adicionando-se o referido valor de opção aos 79 hectares degradados pela ruptura da Cava C1, pelo período de 10 anos de comprometimento dos recursos naturais, temos a seguinte composição nos valores atuais:

Tabela 6 - Estimativas da Valoração Ambiental dos Danos da Ruptura da Cava C1

VALORAÇÃO AMBIENTAL DOS DANOS DA RUPTURA DA BARRAGEM DE REJEITOS CAVA C1			
Dano Valorado: Supressão Vegetal	79 hectares de Mata Atlântica suprimida, localizados no interior de Áreas Protegidas, sendo 39 hectares correspondentes à APPs		
Valor da Recuperação das Áreas Degradadas (VUD+VUI)	R\$ 71.682,715/ha	R\$	5.662.934,49
Valor de Opção (VO)	APA SUL RMBH R\$0,16 ha/ano APE FECHOS R\$ 6,26 ha/ano	R\$	5.071,80
Total		R\$	5.668.006,29

Conforme é possível observar na tabela acima, o valor mais representativo do montante total constitui no valor de recuperação. A aplicação dos valores de opção, além de não constituírem em responsabilidade objetiva do empreendedor, representou uma parcela ínfima quando comparado ao montante total. Ainda que os valores de opção obtidos sejam específicos para as áreas em questão, os mesmos não refletem a relevância ambiental da região retratada na sentença e pelo laudo pericial.

Uma alternativa a este fato pode constituir na adição de valores de referência associados aos serviços ambientais providos pelo ecossistema afetado, que nesse caso representariam de maneira específica o valor de uso indireto. Para a Mata Atlântica existem diversas publicações que estimam o valor dos serviços ambientais fornecidos pelo bioma. Há diferentes tipos de serviços ambientais, que são divididos, segundo a Avaliação Ecossistêmica do Milênio em quatro categorias: 1. Serviços de provisão; 2. Serviços reguladores; 3. Serviços culturais; e, 4. Serviços de suporte.

Os serviços de provisão são aqueles relacionados com a capacidade dos ecossistemas em prover bens, sejam eles alimentos (frutos, raízes, pescado, caça, mel); matéria-prima para a geração de energia (lenha, carvão, resíduos, óleos); fibras (madeiras, cordas, têxteis); fitofármacos; recursos genéticos e bioquímicos; plantas ornamentais e água.

Os serviços reguladores são os benefícios obtidos a partir de processos naturais que regulam as condições ambientais que sustentam a vida humana, como a purificação do ar, regulação do clima, purificação e regulação dos ciclos das águas, controle de enchentes e de erosão, tratamento de resíduos, desintoxicação e controle de pragas e doenças.

Os serviços culturais estão relacionados com a importância dos ecossistemas em oferecer benefícios recreacionais, educacionais, e estéticos.

Os serviços de suporte são os processos naturais necessários para que os outros serviços existam, como a ciclagem de nutrientes, a produção primária, a formação de solos, a polinização e a dispersão de sementes.

A Figura 8 apresenta uma compilação de valores de referência realizada pelo IBAMA em 2002, na qual o valor dos serviços ambientais da Mata Atlântica corresponde a R\$9.744,00/ha/ano. Atualizando este valor para o ano de 2015 tem-se o montante de R\$21.332,20/ha/ano.

Figura 8 - Valores dos serviços ecossistêmicos da Mata Atlântica

Serviço	Valor US\$.m ² .Ano ⁻¹	Referência
01. Regulação da atmosfera	NÃO AVALIADO	Costanza <i>et al.</i> , 1997
02. Regulação do clima	0.0223	Costanza <i>et al.</i> , 1997
03. Regulação de perturbação	0.0005	Costanza <i>et al.</i> , 1997
04. Regulação das águas	0.0006	Costanza <i>et al.</i> , 1997
05. Suprimento de água	0.1610	Oliveira <i>et al.</i> , 1995
06. Controle de Erosão	0.0245	Costanza <i>et al.</i> , 1997
07. Formação de solo	0.0010	Costanza <i>et al.</i> , 1997
08. Reciclagem de nutrientes	0.0922	Costanza <i>et al.</i> , 1997
09. Tratamento de rejeitos	0.0087	Costanza <i>et al.</i> , 1997
10. Polinização	NÃO AVALIADO	Costanza <i>et al.</i> , 1997
11. Controle biológico	0.0021	Santos <i>et al.</i> , 2000
12. Habitat/refúgio	NÃO AVALIADO	Costanza <i>et al.</i> , 1997
13. Recreação	0.0112	Costanza <i>et al.</i> , 1997
14. Cultural	0.0002	Costanza <i>et al.</i> , 1997
15. Valor de opção	0.0002	Santos <i>et al.</i> , 2000
16. Valor de existência	0.0003	Santos <i>et al.</i> , 2000
TOTAL	0.3248	R\$ 0,97441/m²/ano = R\$ 1,00/m²/ano.

(Fonte: IBAMA, 2002)

Adicionando-se o referido valor dos serviços ambientais aos 79 hectares degradados de Mata Atlântica, pelo período de 10 anos de comprometimento dos mesmos, temos a seguinte composição nos valores atuais:

Tabela 7 - Alternativa para Valoração Ambiental dos Danos da Ruptura da Cava C1

VALORAÇÃO AMBIENTAL DOS DANOS DA RUPTURA DA BARRAGEM DE REJEITOS CAVA C1			
Dano Valorado: Supressão Vegetal	79 hectares de Mata Atlântica suprimida, localizados no interior de Áreas Protegidas, sendo 39 hectares correspondentes à APPs		
Valor da Recuperação das Áreas Degradadas (VUD+VUI)	R\$ 71.682,715/ha	R\$	5.662.934,49
Valor dos Serviços Ambientais (VUI)	R\$ 21.332.00/ha/ano	R\$	16.852.280,00
Valor de Opção (VO)	APA SUL RMBH R\$0,16 ha/ano APE FECHOS R\$ 6,26 ha/ano	R\$	5.071,80
Total		R\$	22.520.286,29

Distintamente à valoração anterior, o valor mais representativo do montante total apresentado na Tabela 7 constituiu no valor do comprometimento dos serviços ambientais. Neste caso os valores obtidos apresentaram uma proporcionalidade à relevância ambiental da região retratada na sentença e pelo laudo pericial.

Ainda que a alternativa de valoração apresentada na Tabela 7 seja cerca de quatro vezes maior que aquela apresenta na Tabela 6, realizando-se um cálculo expedito tem-se uma estimativa que a produção anual da Mineração Rio Verde na época era de 1.195.950 toneladas de minério de ferro, considerando o valor atual do minério de ferro de cerca de US\$68 ou R\$203,00, o montante total arrecado anualmente pela empresa poderia ser cerca de R\$ 242.777.850,00.

Considerando os valores apresentados tem-se que o montante estimado na valoração ambiental realizada no presente trabalho apresentase factível dado a relevância da área afetada, a dimensão do dano e a situação econômica do infrator.

5.4 APLICAÇÃO PRÁTICA DO ÍNDICE DE RELEVÂNCIA, TEMPORALIDADE E ABRANGÊNCIA

A aplicação do índice proposto no presente trabalho tem como base a valoração ambiental realizada no item anterior, no caso: valoração do dano de supressão vegetal de 79 hectares de Mata Atlântica decorrente da ruptura da Barragem de Rejeitos Cava C1 da Mineração Rio Verde.

Devido às diversas aplicabilidades do índice, para fins de análise comparativa só será computado o valor referente à responsabilidade objetiva, ou seja, o valor estimado para a recuperação das áreas.

Considerando os danos ambientais citados na sentença e o diagnóstico ambiental da área afetada, torna-se possível o preenchimento

do índice no que se refere aos indicadores ambientais do Fator de Relevância.

Em relação ao Fator de Abrangência, tem-se uma extensão total da mancha de 5,7km, sendo 4,9km ao longo do córrego Taquaras e 0,8km no córrego Macacos. Segundo Melo (2013) o ICOLD apresentou acervo com registros de 221 incidentes envolvendo barragens de rejeitos, cujos impactos atingiram até 120 quilômetros de extensão. Considerando a extensão que as manchas de inundação decorrentes da ruptura de barragens de rejeitos podem alcançar, estimou-se para fins de composição da escala do Fator de Abrangência a extensão de 0 a 10km como curta, 10 a 50km como média, e extensões superiores a 50km como amplas.

Quanto ao Fator de Temporalidade, conforme apresentado nas Figuras 6 e 7, estima-se que o comprometimento dos recursos naturais afetados pela ruptura se deu por um período mínimo de 10 anos. O laudo pericial referenciado na sentença reforça a complexidade da recuperação em questão: *“a recuperação ambiental da área afetada pelo rompimento da barragem apresenta grande complexidade e dificuldade, em virtude principalmente do estabelecimento das estratégias e métodos a serem adotados, os quais deverão ser precedidos de estudos inerentes a cada parcela do ecossistema danificado. O que também verificou o ... afirmando que a área impactada é recuperável, o que se dará a longo prazo, em razão de sua complexidade - f. 100-101.”*

Considerando a complexidade envolvida na reparação dos danos ambientais decorrentes da ruptura de barragens de rejeitos, estimou-se para fins de composição da escala do Fator de Temporalidade o período de 1 a 5 anos como curto, 5 a 15 anos como médio, e períodos superiores a 15 anos como longos. Neste aspecto cabe pontuar que caso os rejeitos constituam em resíduos perigosos uma nova escala para o Fator Temporalidade pode ser proposta.

Considerando as premissas adotadas, segue na Tabela 8 a composição do índice de relevância, temporalidade e abrangência para o dano ambiental decorrente da ruptura da Cava C1 da Mina Norte de propriedade da Mineração Rio Verde.

Tabela 8 - Índice de Relevância Aplicado ao Estudo de Caso Prático de Valoração dos Danos Ambientais pela Ruptura da Cava C1

Índice		Índices	Ocorrência	Valoração Aplicada
Fator de Relevância Ambiental				
Interferência em terras indígenas e/ou comunidades tradicionais		0,055		-
Interferência em unidades de conservação de proteção integral e/ou RPPNs		0,055		-
Interferência em Áreas de Preservação Permanente		0,050	x	0,050
Interferência /supressão em vegetação primária e/ou secundária em estágio avançado de regeneração de Mata Atlântica		0,050	x	0,050
Interferência em cavidade naturais de máxima relevância e/ou sítios arqueológicos		0,045		-
Interferência com espécies ameaçadas de extinção ou endêmicas.		0,045	x	0,045
Interferência em unidades de conservação de uso sustentável		0,040	x	0,040
Interferência em áreas de proteção especial		0,040	x	0,040
Enquadramento Curso d'água	Classe Especial	0,035		-
	Classe 1	0,030	x	0,030
	Classe 2	0,015		-
	Classe 3	0,010		-
Interferência em paisagens notáveis		0,020	x	0,020
Interferência em áreas prioritárias para a conservação de importância biológica extremamente alta		0,010	x	0,010
<i>Máximo Índice de Relevância</i>		0,500		0,285
Fator de Temporalidade (período de comprometimento dos recursos naturais)				
Duração Curta - 1 a 5 anos		0,15		-
Duração Média - 5 a 15 anos		0,20	x	0,2
Duração Longa - superior a 15 anos		0,25		-
<i>Máximo Índice de Temporalidade</i>		0,25		0,2
Fator de Abrangência				
Área de Interferência - Curta- até 0 a 10km		0,15	x	0,15
Área de Interferência - Média - de 10km a 50km		0,20		-
Área de Interferência - Ampla - superior a 50km		0,25		-
<i>Máximo Índice de Abrangência</i>		0,25		0,15
Somatório FR+FT+FA				
0,64				
Valor do Índice a ser utilizado no cálculo da valoração		%	64%	
Valoração do Dano Ambiental		R\$	5.662.934,49	
Valor da Aplicação do Índice sob a Valoração do Dano Ambiental		R\$	3.595.963,40	
Valor do dano ambiental total conforme relevância ambiental da área afetada, abrangência e temporalidade do dano		R\$	9.258.897,89	

Conforme apresentado na Tabela 8, a aplicação do índice para o caso em questão indicou determinada relevância ambiental para a área afetada, uma abrangência curta da extensão do dano e um período médio de comprometimento dos recursos naturais, refletindo em um fator de 0,64. Aplicando o fator encontrado como uma porcentagem sobre a estimativa do custo de recuperação ambiental do dano tem-se um valor de R\$3.595.963,40, que pode ser aplicado de diferentes formas:

- a) Valor de Opção e Existência do recurso natural afetado, uma vez que se identificou que os valores específicos para a área e disponíveis na bibliografia não condizem com a relevância real dos recursos naturais.

Conforme citado na sentença o sinistro ocasionou perda de 79 hectares de Mata Atlântica bem preservada localizada no interior de áreas de protegidas, perda de habitats de espécies ameaçadas de extinção, 10 anos de comprometimento dos serviços ecossistêmicos, afetando ainda cursos d'água responsáveis pelo abastecimento da região metropolitana de Belo Horizonte e a paisagem local. Este valor poderia ser adicionado à alternativa de valoração apresentada na Tabela 08 compondo a valoração total e captando todas as parcelas do recurso natural, ou seja: Valor de Uso Direto refletido pelo custo da recuperação; Valor de Uso Indireto refletido por parte dos custos da recuperação e valor dos serviços ambientais; e Valor de Opção e Existência representado pelo fator do índice. Assim teríamos uma terceira composição refletida na Tabela 9:

Tabela 9 - Aplicação do Índice na Valoração Ambiental dos Danos da Ruptura da Cava C1

VALORAÇÃO AMBIENTAL DOS DANOS DA RUPTURA DA BARRAGEM DE REJEITOS CAVA C1			
Dano Valorado: Supressão Vegetal	79 hectares de Mata Atlântica suprimida, localizados no interior de Áreas Protegidas, sendo 39 hectares correspondentes à APPs		
Valor da Recuperação das Áreas Degradadas (VUD+VUI)	R\$ 71.682,715/ha	R\$	5.662.934,49
Valor dos Serviços Ambientais (VUI)	R\$ 21.332.00/ha/ano	R\$	16.852.280,00
Índice de Relevância, Temporalidade e Abrangência (VO + VE)	64% do valor de recuperação	R\$	3.595.963,40
Total		R\$	26.111.177,89

- b) Valor a ser aplicado como multa ao empreendedor ou indenização para os atingidos.

Conforme citado na sentença: *“ficou evidente que o evento lesivo era previsível e que os denunciados não tomaram as medidas de precaução exigidas pelo órgão competente deliberadamente, assumindo os riscos de produzir os danos ambientais verificados no dia 22/06/2001. O dano decorrente da ruptura estabeleceu condições adversas às atividades sociais e econômicas e prejuízo da saúde, segurança e bem estar da população. Constatou-se danos aos seres humanos e aos espaços trabalhados e ocupados por eles, com morte de cinco pessoas”*.

Conforme exposto na sentença judicial descrita no item 5.2.3, valores foram imputados aos responsáveis devido à verificação de omissão/culpa/negligência, para fins de indenização, compensação e penalização. Os valores associados à responsabilidade penal e administrativa constituíram em multa, no valor presente de R\$35.572,57, construção de um estacionamento para 150 veículos no Distrito de Macacos e manutenção do "Rego dos Carrapatos". Neste sentido o valor de R\$3.595.963,40, expresso pelo índice, poderia constituir em um elemento balizador do cálculo de multas indenizatórias e penalizações.

- c) Valor que poderia ter sido gasto com medidas de controle e prevenção do risco.

Em relação a este último cabe considera-lo, pois tratam da adoção de medidas acauteladoras que promovem a diminuição da probabilidade de ocorrência e a minimização dos efeitos danosos. Neste sentido, tem-se que adoção pelo empreendedor de forma efetiva de um sistema de gestão de riscos e de uma boa política de responsabilidade socioambiental, pode levar ao impedimento de um possível resultado lesivo. Possui efeito similar, aspectos relacionados à estrutura propriamente dita, como características técnicas, documentação e critérios de projeto, confiabilidade das estruturas extravasora, existência de um plano de ação emergencial e qualificação dos profissionais da equipe de segurança. Assim, ambas as condutas se destinam ao mesmo fim, evitar o dano ambiental afastando a necessidade de sua reparação e diminuído a estimativa de ressarcimento.

Neste caso o valor monetário expresso pelo índice fornece uma base de comparação ao empreendedor, ou uma melhor reflexão, ao analisar orçamentos e investimentos associados a suas atividades. Um melhor entendimento dos riscos envolvidos e claro, das consequências

associadas aos mesmos, fornece suporte na tomada de decisões por parte dos gestores responsáveis.

A título de exemplo, parte de um sistema de gestão de riscos de barragens constitui nos sistemas de alerta, que têm sido considerados um dos meios de se reduzir os danos decorrentes da inundação. De uma perspectiva de redução de vulnerabilidade, ante o alerta, as pessoas em risco adotariam algumas atitudes: colocar em local seguro os objetos necessários para uma sobrevivência confortável (e.g.: água, rádio, cobertores, alimentos e medicamentos); salvar itens insubstituíveis (e.g.: fotografias e papéis); recolher bens que ajudarão na recuperação (e.g.: detalhes dos seguros, contatos telefônicos, artigos de limpeza e ferramentas) e mover ativos de alto valor ou itens de baixo peso que possam ser deslocados sem risco de ferimentos (CANÇADO, 2009).

A Tabela 10 mostra um estudo que apresenta uma possível razão entre danos reais e danos potenciais (ou danos máximos prováveis), considerando a existência de sistema de alerta e a experiência anterior de inundação da comunidade (Read, Sturgess and Associates, 2000 apud Handmer, Reed & Percovich, 2002).

Tabela 10 - Razão Danos Reais/Danos Potenciais

Tempo de Alerta	Comunidade com Experiência de Inundação	Comunidade sem Experiência de Inundação
Menos do que 2 horas	0,8	0,9
2 a 12 horas	Redução linear de 0,8 em 2 horas até 0,4 em 12 horas	0,8
Mais de 12 horas	0,4	0,7

(Fonte: Read, Sturgess and Associates, 2000 *apud* Cançado, 2009).

Observa-se na tabela 10 que um tempo de alerta superior a 12 horas pode implicar em uma redução de 30% nos danos, caso a comunidade não tenha experimentado uma inundação anterior. Se a experiência existe, esta redução é de 60%. Mas o essencial a ser apreendido não é a razão dos danos, valor controverso e de difícil generalização, mas que o sistema de alerta reduz o impacto socioeconômico.

Um exemplo real da eficiência da adoção de um sistema de gestão de riscos ocorreu no caso da ruptura da Barragem São Francisco da Mineração Rio Pomba-Cataguases. Na madrugada de 10 de janeiro de 2007, rompeu o maciço da Barragem São Francisco, provocando o vazamento de aproximadamente 2 milhões de m³ de lama no córrego Bom Jardim, que deságua no ribeirão Fubá, afluente do rio Muriaé. O sinistro

envolveu dois estados, Minas Gerais e Rio de Janeiro e teve uma grande repercussão na imprensa.

Conforme Sawaya (2012), um aspecto notável deste episódio foi a ação emergencial coordenada, no início, pela empresa mineradora e pela Prefeitura de Miraf e, em seguida, pela Defesa Civil do Estado de Minas Gerais.

As ações eficientes e bem coordenadas evitaram muitas vítimas, a começar pela chegada da onda gerada com a ruptura nos municípios próximos à barragem, em particular em Miraf. Miraf localiza-se a 7 km a jusante da barragem e o tempo entre a ruptura do maciço e a chegada da onda foi muito curto (pouco mais de duas horas). No início da madrugada de 10 de janeiro, ao ver o nível da barragem elevando-se rapidamente, o vigia responsável avisou a direção da empresa sobre o risco de ruptura. Imediatamente a empresa fez contato com a Prefeitura e as duas iniciaram uma campanha de avisar a população com carros de som e outros recursos, de tal forma que por volta das cinco horas da manhã, quando a cheia alcançou a cidade, as áreas baixas haviam sido evacuadas e ninguém se feriu.

A Figura 9 ilustra a inundação provocada em Miraf pela ruptura da barragem São Francisco.

Figura 9 - Centro da cidade de Miraf após a ruptura da Barragem São Francisco



(Fonte: Sawaya, 2012)

6. CONCLUSÃO

O presente estudo formulou um Índice de Relevância, Temporalidade e Abrangência para aplicação na valoração de danos ambientais. Através de uma consolidação da legislação ambiental vigente, diversos aspectos ambientais foram pontuados buscando representar a relevância dos mesmos e o grau de proteção imposto pela legislação. Estes aspectos foram agrupados de forma a compor o Fator de Relevância do Índice. No âmbito da definição dos Fatores de Temporalidade e Abrangência, escalas pré-definidas e referências bibliográficas específicas para cada tipo de dano podem ser adotadas.

No âmbito da valoração ambiental as diretrizes estabelecidas pela legislação vigente foram adotadas como premissas para seleção dos métodos a serem considerados, dos danos passíveis de serem valorados, e na definição de como os valores obtidos podem ser aplicados no âmbito da responsabilidade civil, penal e administrativa no caso de danos ambientais.

A realização da valoração dos danos ambientais decorrentes da ruptura da Cava C1 forneceu base para a aplicação prática do índice proposto. O valor máximo obtido com a valoração realizada foi R\$ 22.520.286,29, sendo R\$ 5.662.934,49 referentes à recuperação da vegetação afetada, R\$ 16.852.280,00 referente ao comprometimento dos serviços ecossistêmicos providos pelo recurso natural afetado ao longo do período de 10 anos, e R\$ 5.071,80 referente a perda na arrecadação do ICMS Ecológico em decorrência da interferência e depreciação das Unidades de Conservação afetadas.

Considerando a relevância da área atingida e a abrangência e temporalidade do dano ambiental ocorrido, o índice representou um valor numérico de 0,64 (ou 64%) que foi incidido sobre os custos de recuperação por se tratarem da obrigação legal do empreendedor. Em valores pecuniários a aplicação do índice resultou em um montante de R\$ 3.595.963,40. Dentre as opções de aplicabilidade do índice destacou-se a substituição do valor referente ao ICMS Ecológico na valoração ambiental realizada, uma vez que os valores de referência obtidos se mostraram incompatíveis com a relevância ambiental da área descrita na perícia. Com essa substituição a valoração ambiental passou de R\$ 22.520.286,29 para R\$ 26.111.177,89.

Outra possibilidade acerca da utilização do montante obtido com o índice foi como subsídio técnico para o cálculo de multa. Conforme expresso na sentença, a multa decorrente do sinistro foi estipulada no pagamento de R\$35.572,57, construção de um estacionamento para 150 veículos no Distrito de Macacos e manutenção do "Rego dos Carrapatos".

Uma terceira aplicabilidade sinalizada foi a utilização do montante como valor que poderia ter sido gasto com medidas de controle e prevenção do risco, uma vez que foi identificado na sentença a negligência e omissão por parte dos infratores.

A título de verificação da viabilidade dos montantes obtidos estimou-se que naquela época, a mineradora responsável pela estrutura poderia alcançar uma arrecadação com a venda de minério de ferro de aproximadamente R\$242 milhões, o que permite considerar os valores estimados como factíveis dada a situação econômica do infrator.

O índice proposto certamente não representa uma valoração ideal a todo e qualquer tipo de dano ambiental, dado que o mesmo é uma representação simplificada da realidade dos danos ambientais e da complexidade que envolve os ecossistemas e recursos naturais. Ainda assim, o valor passível de ser calculado a partir da metodologia proposta pode representar uma quantia expressiva a ser paga pelos responsáveis por danos ambientais.

No que tange a valoração ambiental, esta pode ser considerada uma importante ferramenta para a garantia da preservação ambiental e um instrumento para reconhecimento da sociedade do valor associado aos recursos naturais e serviços ecossistêmicos. Diversos estudos e projetos têm sido desenvolvidos no meio acadêmico a fim de valorar o capital natural e os benéficos a ele associados. No âmbito dos danos ambientais têm-se alguns fatores complicadores associados à urgência na atuação e autuação. Tais aspectos exigem métodos de avaliação que sejam práticos, de rápida execução, fácil compreensão e baixo custo, e que possam refletir com embasamento técnico a degradação causada.

Um exemplo da dinâmica associada a processos que envolvem danos ambientais reais, no último acidente envolvendo ruptura de barragens de rejeitos no Estado de Minas Gerais o sinistro ocorrido levou a Justiça a decretar indisponibilidade dos bens da mineradora e também dos sócios da empresa doze dias depois do ocorrido. O objetivo da medida era garantir os recursos para a recuperação e a indenização dos danos causados pela tragédia, que além da degradação ambiental matou três pessoas.

Para oportunidades futuras é possível classificar os principais riscos ambientais e os tipos de danos ambientais, objetivando estabelecer os fatores escala para os componentes temporalidade e abrangência para cada tipo de dano. Adicionalmente, é possível também a aplicação do índice de forma específica para determinados estados através de ajustes simples no embasamento do componente de relevância ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMAZONAS, M. de C. Valor ambiental em uma perspectiva heterodoxa institucional-ecológica. In: XXXIV Encontro Nacional de Economia, Salvador (BA), 2006.

ANDRADE, D. C. Economia e meio ambiente: aspectos teóricos e metodológicos nas visões neoclássica e da economia ecológica. *Leituras de Economia Política*, Campinas, (14): 1-31, ago.-dez., 2008.

ANDRADE, D. C., A. R. Romeiro, M. d. C. R. Fasiaben, & J. R. Garcia. Dinâmica do uso do solo e valoração de serviços ecossistêmicos: notas de orientação para políticas ambientais. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*: 53-71, 2012.

AZAM, Shahid & LI, Qiren. Tailings Dam Failures: A Review of the Last One Hundred Years. *Geotechnical News – December 2010*: p. 50-53, 2010.

BADINI, Luciano. Apresentação Revista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais, Edição Especial Meio Ambiente, Minas Gerais, Brasil. MPMG, 2011.

BRAGA, Alice Serpa. Responsabilidade civil e penal por danos ambientais: breves notas. In: *Âmbito Jurídico*, Rio Grande, XVI, n.111, abr.2013. Disponível em: <http://ambitojuridico.com.br/site/?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=13085&revista_caderno=5>. Acesso em fev. 2015.

BRASIL. Lei Nº 3.924 – 26 de julho de 1961. Dispõe sobre os monumentos arqueológicos e pré-históricos. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF. 27 de julho de 1961.

BRASIL. Lei Nº 6.766 – 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF. 20 de dezembro de 1979.

BRASIL. Lei Nº 6.938 – 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. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF. 2 de setembro de 1981.

BRASIL. Lei Nº 7.347 – 24 de julho de 1985. Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio-ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico (VETADO) e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF. 25 de julho de 1985.

BRASIL, Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado, 1988.

BRASIL. Decreto Nº 99.556. 01 de outubro de 1990. Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF. 02 de outubro de 1990.

BRASIL. Lei Nº 9.605 – 12 de fevereiro de 1998. Prevê sanções penais para os crimes contra o Meio Ambiente, contra a Administração Pública e o Patrimônio Cultural, além de incentivar a cooperação internacional nas questões ambientais. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF. 12 de fevereiro de 1998.

BRASIL. Lei Nº 9.985 – 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF. 19 de julho de 2000.

BRASIL. Lei Nº 11.428 – 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF. 26 de dezembro de 2006.

BRASIL. Lei Nº 12.334. 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei nº 9.984, de 17 de

julho de 2000. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF. 21 de setembro de 2010.

BRASIL. Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011. Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do **caput** e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF. 08 de dezembro de 2011.

BRASIL. Lei Nº 12.651 – 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF. 28 de maio de 2012.

BRASIL. Resolução CONAMA Nº 357 - 17 de março de 2005. Alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011 Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63.

BRASIL. Resolução CONAMA Nº 423 - 12 de abril de 2010. Dispõe sobre parâmetros básicos para identificação e análise da vegetação primária e dos estágios sucessionais da vegetação secundária nos Campos de Altitude associados ou abrangidos pela Mata Atlântica. Diário Oficial da República Federativa do Brasil nº 69, de 13/04/2010, págs. 55-57.

BRASIL. Portaria Ministério do Meio Ambiente Nº 09 de 23 de janeiro de 2007. Reconhece as áreas prioritárias para conservação. Diário Oficial da República Federativa do Brasil nº 017, de 24/01/2007, págs. 55.

BRASIL. Portaria Ministério do Meio Ambiente Nº 443. 17 de dezembro de 2014. Reconhece como espécies da flora brasileira ameaçadas de

extinção aquelas constantes da "Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção" - Lista, conforme Anexo à presente Portaria, que inclui o grau de risco de extinção de cada espécie, em observância aos arts. 6º e 7º, da Portaria nº 43, de 31 de janeiro de 2014. Diário Oficial da República Federativa do Brasil nº 245, de 18/12/2014, págs. 111-121.

BRASIL. Portaria Ministério do Meio Ambiente Nº 444. 17 de dezembro de 2014. Reconhece como espécies da fauna brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da "Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção" - Lista, conforme Anexo à presente Portaria, que inclui o grau de risco de extinção de cada espécie, em observância aos arts. 6º e 7º, da Portaria nº 43, de 31 de janeiro de 2014. Diário Oficial da República Federativa do Brasil nº 245, de 18/12/2014, págs.121-126.

BRASIL. Portaria Ministério do Meio Ambiente Nº 445. 17 de dezembro de 2014. Reconhece como espécies de peixes e invertebrados aquáticos da fauna brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da "Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção – Peixes e Invertebrados Aquáticos" - Lista, conforme Anexo à presente Portaria, que inclui o grau de risco de extinção de cada espécie, em observância aos arts. 6º e 7º, da Portaria no 43, de 31 de janeiro de 2014. Diário Oficial da República Federativa do Brasil nº 245, de 18/12/2014, págs126-130.

CAMPORA, A. L. & P. H. MAY. A valoração ambiental como ferramenta de gestão em unidades de conservação: há convergência de valores para o bioma Mata Atlântica. *Megadiversidade* 2:24-38, 2006.

CANÇADO, V. L. Consequências econômicas das inundações e vulnerabilidade [manuscrito]: desenvolvimento de metodologia para avaliação do impacto nos domicílios e na cidade / Vanessa Lucena Cançado . — 2009 xxiii, 394 f., enc.:II, 2009.

COSTANZA, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. V. Oneill, J. Paruelo, R. G. Raskin, P. Sutton, & M. van den Belt.. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: p.253-260, 1997.

EUCLYDES, A. C. P. Contradições da Política Ambiental por Meio de Incentivos Financeiros: os Casos do ICMS Ecológico e da CFEM nos

Municípios do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. Revista *Árvore*, vol. 37, núm. 6, novembro-dezembro, pp.1083-1092, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil, 2013.

FARIAS, T. Q. Responsabilidade civil em matéria ambiental – os danos materiais, os danos morais e o meio ambiente. In: *Âmbito Jurídico*, Rio Grande, X, n. 37, fev 2007. Disponível em: http://www.ambitojuridico.com.br/site/?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_d=1676>. Acesso em fev 2015.

FEAM, Fundação Estadual do Meio Ambiente. Inventário de barragem do Estado de Minas Gerais / Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: FEAM, 2014. 44 p.; il. FEAM-DGER-GERIM-RT-03/2014. Disponível: <http://www.feam.br/declaracoes-ambientais>

BIOATLÂNTICA. Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal [organização edição de texto: Ricardo Ribeiro Rodrigues, Pedro Henrique Santin Brancalion, Ingo Isernhagen]. – São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica., 2009.

IBAMA, Instituto Brasileiro de do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Modelo de Valoração Econômica dos Impactos Ambientais em Unidades de Conservação, 2002.

LORENZI, H. Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas do Brasil. Vol. 1. 4ª Edição. Instituto Plantarum. 367 p., 2002

MAIA, A. G., A. R. Romeiro, & Reydon, B. P. Valoração de recursos ambientais: metodologias e recomendações. Texto para Discussão. IE/UNICAMP n°116, 2004.

MARQUES, J. R. Reparação do dano ambiental: necessidade de adequação do dimensionamento do pedido formulado em Ação Civil Pública. Em: Revista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais, Edição Especial Meio Ambiente, Minas Gerais, Brasil. MPMG, 2011.

MELO, A. G.& DURIGAN, G. Impacto do fogo e dinâmica da regeneração da comunidade vegetal em borda de Floresta Estacional Semidecidual (Gália, SP, Brasil). *Revista Brasil. Bot.*, V.33, n.1, p.37-50, jan.-mar, 2010.

MELO, L. P. R. Análise comparativa de metodologias de previsão de inundação decorrente da ruptura de barragens de rejeitos [manuscrito]: caso hipotético da Barragem Tico-Tico. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM N° 62. 17 de dezembro de 2002. Dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais. Diário do Executivo - "Minas Gerais". 21 de dezembro de 2002.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM N° 87. 17 de junho de 2005. Altera e complementa a Deliberação Normativa COPAM N.º 62, de 17/12/2002, que dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais. Diário do Executivo - "Minas Gerais". 18 de junho de 2005. Republicação - Diário do Executivo - "Minas Gerais" - 06/09/2005.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM N° 124. 09 de outubro de 2008. Complementa a Deliberação Normativa N° 87. 17 de junho de 2005. Altera e complementa a Deliberação Normativa COPAM N.º 62, de 17/12/2002, que dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais. Diário do Executivo - "Minas Gerais". 18 de junho de 2005. Publicação - Diário do Executivo - "Minas Gerais". 15 de outubro de 2008.

MINAS GERAIS. Decreto n° 45.175, de 17 de setembro de 2009. Estabelece metodologia de gradação de impactos ambientais e procedimentos para fixação e aplicação da compensação ambiental. Publicação - Diário do Executivo - "Minas Gerais". 18 de setembro de 2009.

MOTTA, R. S. Manual para valoração econômica de recursos ambientais. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 218p, 1997.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. Pagamentos por Serviços Ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios / Fátima

Becker Guedes e Susan Edda Seehusen; Organizadoras. – Brasília: MMA, 2011.

MPMG. Revista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais, Edição Especial Meio Ambiente, Minas Gerais, Brasil, 2011.

MUELLER, C. C. Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente. Brasília: Editora UnB, 2007.

NETO, F. M.. Análise Dinâmica de Rompimento em Barragem de Rejeitos. XIII COBREAP - Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias. Fortaleza –CE – Brasil, 2006.

OLIVEIRA, J. B. V. R. Manual de Operação de Barragens de Contenção de Rejeitos como Requisito Essencial ao Gerenciamento dos Rejeitos e à Segurança de Barragens, Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Ouro Preto, 2010.

PIMENTA, Ávila & ESPÓSITO, Terezinha. Programa de Implementação de Procedimentos de Gestão e Segurança das Barragens de Rejeitos. IBRAM. Belo Horizonte, 2008.

REIS, M. M.. Custos Ambientais Associados a Geração Elétrica: Hidrelétricas x Termelétricas à Gás Natural. Rio de Janeiro. XIV, 200p. 29,7 cm (UFRJ/COPPE, M.Sc., Planejamento Energético, 2001) Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2001.

RESENDE, F. M. Valoração econômica do Parque Nacional da Serra do Cipó (Minas Gerais): uma aplicação do método contingente. Belo Horizonte. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

SANTOS, J.R; SOARES, R.V; Batista, A.C. Perfil dos Incêndios Florestais no Brasil em Áreas Protegidas no Período de 1998 a 2002. Floresta, Curitiba, PR, v. 36, n. 1, jan./abr. 2006.

SAWAYA, M. Barragem São Francisco – Mineração Rio Pomba Cataguases. Barragens de Rejeitos no Brasil. Rio de Janeiro. CBDB. p. 288-308, 2012.

SILVA, R.G; Lima, J. E. Valoração Contingente do Parque “Chico Mendes”: uma Aplicação Probabilística do Método Referendum com Bidding Games. RER, Rio de Janeiro, vol. 42, nº 04, p. 685-708, out/dez, 2004.

TJMG. Tribunal de Justiça de Minas Gerais. Repositório de Sentenças. Autos do Processo nº 018801002864-8, 2007.

TONIETTO, A. J. J. M. C.Silva. Valoração de danos nos casos de minerações de ferro no Brasil. Revista Brasileira de Criminalística, V. 1, N.1, 31-38, 2011.