

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

LORRANE STEPHANE OLIVEIRA ALVES

**VALORAÇÃO ECONÔMICA DOS DANOS AMBIENTAIS EM ÁREAS DE  
EXTRAÇÃO IRREGULAR DE GRANITO EM MINAS GERAIS**

BELO HORIZONTE

2019

LORRANE STEPHANE OLIVEIRA ALVES

**VALORAÇÃO ECONÔMICA DOS DANOS AMBIENTAIS EM ÁREAS DE  
EXTRAÇÃO IRREGULAR DE GRANITO EM MINAS GERAIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas  
Gerais como requisito parcial para obtenção do título  
de Engenheira Ambiental e Sanitarista.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Brianezi

BELO HORIZONTE

2019

Alves, Lorrane Stephane Oliveira.

S---

Valoração Econômica dos Danos Ambientais em Áreas de Extração Irregular de Granito em Minas Gerais / Lorrane Stephane Oliveira Alves / 2019.

-- f.; --cm.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Brianezi

Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Engenharia Ambiental e Sanitária, 2019.

1. Valoração Ambiental. 2. Perícia. 3. Rocha Ornamental. I. Alves, Lorrane Stephane Oliveira. II. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. III. Valoração Econômica dos Danos Ambientais em Áreas de Extração Irregular de Granito em Minas Gerais.

CDD -----

**LORRANE STEPHANE OLIVEIRA ALVES**

**VALORAÇÃO ECONÔMICA DOS DANOS AMBIENTAIS EM ÁREAS  
DE EXTRAÇÃO IRREGULAR DE GRANITO EM MINAS GERAIS**

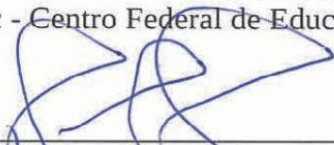
Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Centro Federal de Educação Tecnológica de Mi-  
nas Gerais como requisito parcial para obtenção  
do título de Engenheira Ambiental e Sanitarista.

Data de aprovação: 19/06/2019

Banca examinadora:

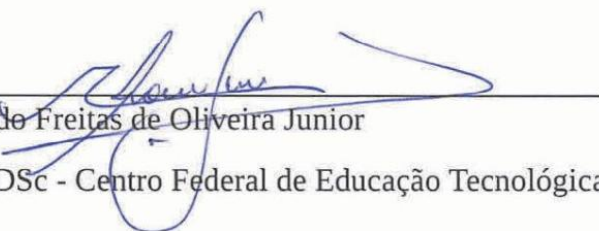


Daniel Brianezi – Presidente da Banca Examinadora  
Prof. DSc - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Orientador



Mauro Mendonça Magliano

Prof. Msc - Instituto Nacional de Criminalística



Arnaldo Freitas de Oliveira Junior

Prof. DSc - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

A terra possui recursos suficientes para prover às necessidades de todos, mas não à avidez de alguns.

Mahatma Gandhi

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais por todo o apoio, incentivo e amor doados durante toda essa jornada e por todos os ensinamentos que me deram ao longo da vida. À minha madrinha Edima por todas as palavras de sabedoria. A toda a minha família que sempre torceu por mim e por meu sucesso, em especial aos meus amados avós que foram tão especiais em minha vida e fazem tanta falta. Sei que seja onde estiverem, ainda olham por mim e se felicitam por minhas conquistas.

Ao Paulo por todo o carinho, companheirismo, força, torcida e ajuda, sem os quais este trabalho não poderia ter sido concluído.

Ao meu orientador Daniel Brianezi, pela confiança e dedicação, por apoiar minhas ideias e estar sempre disponível para tirar minhas dúvidas.

Ao meu supervisor de estágio Marcus Vinícius pela amizade, apoio e por sempre acreditar em meu potencial.

Ao Samuel e a todos da Polícia Federal pela boa convivência, amizade e troca de conhecimentos que contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional e para a qualidade deste trabalho.

Às minhas amigas Letícia Paes, Luiza Ferrari, Rebeca Mansur e Karine Libanhia e amigos Marcos Chaim e Mateus Merched, que compartilharam desta longa jornada na graduação, meu muito obrigado! Vocês fizeram com que esta caminhada fosse mais leve e agradável!

Ao meu irmão Yuri e a todos os meus amigos, em especial ao Felix Twum por toda a compreensão e força nos momentos mais difíceis e pela descontração e alegria dos momentos que passamos juntos. Cada um, a sua maneira, contribuiu para que eu chegasse até aqui.

Agradeço também a todos os professores do CEFET/MG pela dedicação e pelos conhecimentos adquiridos. Em especial, agradeço àquelas que me orientaram nos projetos de Iniciação Científica, sem os quais eu não seria quem sou hoje. Muito obrigada Andréa Guimarães, Mariana Almeida e Ludmila de Vasconcelos.

## RESUMO

ALVES, L.S.O. *Valoração econômica dos danos ambientais em áreas de extração irregular de granito em minas gerais*. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

Minas Gerais é o principal estado minerador do Brasil e segundo maior estado exportador de rochas ornamentais. A extração de granito, apesar de não apresentar alto potencial de poluição, sua lavra é bastante prejudicial. Quando o mineral é extraído de forma ilegal, os benefícios são obtidos por alguns usuários, mas os danos ambientais são divididos por toda a sociedade. Os métodos de valoração ambiental propõem a análise de custo-benefício, em que os valores sociais dos bens e serviços ambientais são considerados de forma a refletir variações de bem-estar e não somente seus respectivos valores de mercado. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo valorar economicamente o dano ambiental causado pela atividade de extração irregular de granito em locais objeto de perícia criminal realizada pela Polícia Federal no Estado de Minas Gerais entre janeiro/2010 e outubro/2018. Foi aplicado o modelo do Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais (DEPRN), da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, que considera danos a 6 aspectos ambientais (ar, água, solo/subsolo, fauna, flora e paisagem). Além disso, foi obtido o Valor Econômico do Recurso Ambiental com base nos valores das funções ambientais para o bioma Mata Atlântica, já utilizado em alguns laudos. Como complementação a esta metodologia, foi ainda adicionado o valor do sequestro de carbono pelas florestas. Os resultados mostraram que a divergência entre os critérios utilizados em cada método dificulta sua comparação. Cada método possui limitações e não é exato na mensuração de todos os danos. O Modelo DEPRN foi o que apresentou valores mais elevados devido à grande quantidade de aspectos considerados, enquanto o outro método considera apenas os danos a flora. A inclusão do sequestro de carbono aos valores referência de serviços ambientais para o bioma Mata Atlântica se mostrou uma alternativa interessante à medida que utiliza um fator específico para a retirada de carbono pela vegetação presente no Brasil. No entanto, pela dimensão das limitações de cada método, ainda se faz necessário o desenvolvimento de metodologias que expressem melhor o dano causado ao meio ambiente e à sociedade.

Palavras-Chave: Valoração Ambiental. Perícia. Rocha Ornamental.

## ABSTRACT

ALVES, L.S.O. *Economic valuation of environmental damage in areas of illegal granite extraction in Minas Gerais*. Monograph (Graduate) – Department of Environmental Science and Technology, Federal Center of Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

Minas Gerais is the main mining state of Brazil and the second largest exporter of ornamental rocks. Despite the extraction of granite not producing a high pollution potential its mining is very harmful. When mining is illegally its benefits are reaped by a few whereas the environmental damage are shared by the society as a whole. The environmental valuation methods propose a cost-benefit analysis in which the social values of environmental goods and services are considered in a manner as to reflect welfare variations and not just their respective market values. The objective of this study was to value economically the environmental damage caused by the irregular granite extraction activity in areas subjected to criminal investigation by the Brazilian Federal Police in the State of Minas Gerais between January/2010 and October/2018. It was applied the model of the State Department of Natural Resources Protection (DEPRN) of the Secretariat of the Environment of the State of São Paulo which considers damages to 6 environmental aspects (air, water, soil / subsoil, fauna, flora and landscape). In addition the Economic Value of the Environmental Resource was obtained based on the values of the environmental functions for the Atlantic Forest biome, already used in some criminal reports. As a complement to this methodology the value of carbon sequestration by forests was also added. The results showed that the divergence in criteria used in each method makes comparison difficult. Each method has limitations and is not accurate in the measurement of all damages. The DEPRN Model presented higher values due to vast quantity of considered aspects while the other method considers only the damages to the flora. The inclusion of carbon sequestration at the reference values of environmental services for the Atlantic Forest biome has proved to be an interesting alternative as it uses a specific factor for carbon sequestration by the vegetation present in Brazil. However due to the dimension of the limitations of each method it is necessary to develop methodologies that better show the damage caused to the environment and society.

Keywords: Environmental Valuation. Forensics Exams. Ornamental Rock.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Composição do valor adicionado do estado de Minas Gerais, por atividade econômica – 2011 (em %)

Figura 2 – Distribuição da produção de alguns bens minerais no estado de Minas Gerais

Figura 3 – Distribuição anual de Laudos (Extração de Granito)

Figura 4 – Lapso temporal anual entre as diversas etapas do processo

Figura 5 – Lapso temporal para o primeiro ano entre as diversas etapas do processo

Figura 6 – Poligonais ANM encontradas nas minas periciadas

Figura 7 – Ocorrência de atividade extrativa irregular no estado de Minas Gerais

Figura 8 – Tipos de cobertura vegetal afetados por laudos examinados

Figura 9 – Área Diretamente Afetada – Quantidade e Área (ha)

Figura 10 – Tipos de APP afetadas pela extração mineral

Figura 11 – Média anual dos valores dos danos ambientais

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Impactos ambientais causados pelas atividades mineiras

Quadro 2 – Taxonomia geral do valor econômico do recurso ambiental

Quadro 3 – Índices de qualificação dos agravos para a valoração do dano

Quadro 4 – Valor das funções ambientais para Mata Atlântica, em US\$.m<sup>-2</sup>.ano<sup>-1</sup>

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Associação entre danos e agravos para aplicação do Modelo DEPRN

Tabela 2 – Valores das funções ambientais para Mata Atlântica corrigidos para o ano de 2018

Tabela 3 – Valor do dano ambiental anual - Método DEPRN

Tabela 4 – Valor do dano ambiental para o ano de 2018 – Método DEPRN

Tabela 5 – Valor dos serviços ambientais por Costanza, 1997; Oliveira, 1995 e Santos, 2000

Tabela 6 – Valor dos serviços ambientais referentes aos danos à flora – Modelo DEPRN

Tabela 7 – Valor dos serviços ambientais com adição do sequestro de carbono

Tabela 8 – Aplicação do Método DEPRN aos laudos analisados

Tabela 9 – Valor total do dano ambiental obtido para cada um dos métodos utilizados

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ADA – Área Diretamente Afetada  
AMB – Anuário Mineral Brasileiro  
ANM – Agência Nacional de Mineração  
APP – Área de Preservação Permanente  
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente  
DEPRN – Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais  
DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral  
FM – Fator de Multiplicação  
GPEMA – Grupo de Perícias de Meio Ambiente  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IPC – Índice de Preços ao Consumidor  
IQA – Índice de Qualificação dos Agravos  
MMA – Ministério do Meio Ambiente  
PRAD – Plano de Recuperação de Áreas Degradadas  
SETEC – Setor Técnico-Científico  
SISCRIM – Sistema Nacional de Gestão de Atividades da Criminalística  
UC – Unidade de Conservação  
UTEC – Unidade Técnico Científica  
VE – Valor de Existência  
VERA – Valor Econômico do Recurso Ambiental  
VO – Valor de Opção  
VNU – Valor de Não-Uso  
VU – Valor de Uso  
VUD – Valor de Uso Direto  
VUI – Valor de Uso Indireto  
ZA – Zona de Amortecimento

## SUMÁRIO

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 INTRODUÇÃO.....                                                                   | 14 |
| 2 OBJETIVOS.....                                                                    | 16 |
| 2.1 Objetivo Geral .....                                                            | 16 |
| 2.2 Objetivos Específicos .....                                                     | 16 |
| 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....                                                        | 17 |
| 3.1 Mineração em Minas Gerais.....                                                  | 17 |
| 3.2 Rochas Ornamentais .....                                                        | 18 |
| 3.2.1 Panorama da Extração de Rochas Ornamentais .....                              | 18 |
| 3.2.2 Granito .....                                                                 | 19 |
| 3.2.3 Extração de granito e impactos envolvidos .....                               | 21 |
| 3.3 Direito Ambiental.....                                                          | 23 |
| 3.3.1 Regulamentação da Atividade Minerária .....                                   | 23 |
| 3.4 Crimes Ambientais e Perícia Criminal .....                                      | 24 |
| 3.5 Geotecnologias na Identificação de Crimes .....                                 | 26 |
| 3.6 Serviços Ambientais e Valoração do Dano .....                                   | 27 |
| 4 METODOLOGIA.....                                                                  | 30 |
| 4.1 Obtenção e análise de laudos ambientais .....                                   | 30 |
| 4.2 Valoração de danos ambientais .....                                             | 31 |
| 4.2.1 Modelo do Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais (DEPRN)..... | 31 |
| 4.2.2 Valor dos Serviços Ambientais das florestas .....                             | 33 |
| 4.2.3 Sequestro de carbono.....                                                     | 35 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                                      | 37 |
| 5.1 Panorama da extração de granito em Minas Gerais .....                           | 37 |
| 5.2 Valoração dos danos ambientais.....                                             | 42 |
| 5.2.1 Valor dos Serviços Ambientais das Florestas.....                              | 45 |
| 5.2.2 Sequestro de Carbono.....                                                     | 48 |
| 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....                                                        | 50 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                                    | 51 |

## 1 INTRODUÇÃO

Minas Gerais é o principal estado minerador do País, caracterizando-se pela diversidade de minerais produzidos e pelo grande número de minas de pequeno a grande porte implantadas em mais de 300 Municípios de todas as suas regiões (ALVES & COSTA, 2008).

O desenvolvimento do Estado foi baseado na mineração desde o século XVII (SILVA, 1995) e, atualmente, a mineração continua sendo uma das principais fontes de renda de Minas Gerais, sendo responsável por 3,1% do Produto Interno Brasileiro entre os anos de 2005 e 2013, o que significa grande geração de empregos e renda para a população (IBRAM, 2016).

A atividade mineradora gera vários impactos socioambientais como poluição do ar e dos recursos hídricos, transformação das paisagens, destruição da fauna e da flora, ocupação desordenada do solo, consumo excessivo de energia elétrica, esgotamento e abandono a céu aberto de minas exploradas, entre outros. Tais impactos se intensificam na medida em que se estende a exploração, dentro da lógica de que a mineração se dá mediante extração de recursos não renováveis, o que dificulta a implantação de políticas de gestão ambiental que atenuem a degradação (AMORIM, CONCEIÇÃO & FERREIRA, 2016).

A cada dia as rochas ornamentais ganham mais importância no mercado nacional de produção mineral. O granito está entre as rochas ornamentais mais utilizadas na construção civil. A extração não apresenta alto potencial de poluição, porém, em geral, a lavra é bastante impactante (MMA, 2001). A aceleração do processo produtivo traz ao empreendedor a capacidade de gerar uma rápida recuperação do investimento inicial e possibilita ao seu estado maior crescimento econômico (MAIOR, 2013).

A Perícia Criminal Ambiental atua na apuração de crimes em casos de interesse da União. A maior demanda atualmente para o Grupo de Perícias de Meio Ambiente da Polícia Federal do Estado de Minas Gerais se dá em casos de extração de bens minerais. A extração de granito se mostra expressiva pelo alto volume extraído e comercializado sem autorização dos órgãos ambientais, além dos passivos ambientais gerados.

A lógica do desenvolvimento sustentável, apresentada na Política Nacional de Meio Ambiente, estabelecida pela Lei Federal nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 (BRASIL, 1981), tem como objetivo assegurar condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana. O desenvolvimento sustentável busca, então, conciliar o desenvolvimento econômico e o uso sustentável dos recursos.

A promulgação da Lei n.º 9.605 de 12 de fevereiro de 1998 (Lei de Crimes Ambientais) não garante que o Poder Judiciário brasileiro tenha a sua disposição informações

precisas sobre os prejuízos econômicos causados por lesões ao meio ambiente. Além disso, os crimes ambientais ainda não têm sua valoração econômica sistematicamente utilizada para comparar os prejuízos decorrentes de diferentes tipos de degradação, ou para comparação com outros tipos de crimes financeiramente mensuráveis (MAGLIANO, 2012).

Dessa forma, os custos da degradação ecológica não têm sido pagos por aqueles que o geram, e assim são externalizados para o sistema econômico, afetando terceiros sem a devida compensação. Daí surge um padrão de apropriação do capital natural, onde os benefícios são providos para alguns usuários de recursos ambientais, e os custos são divididos por todos (MOTTA, 1997).

Neste contexto, a extração irregular de granito deixa uma grande gama de passivos ambientais, uma vez que as minas não possuem Estudos de Impacto Ambiental, métodos de mitigação de danos durante a produção mineral e Planos de Fechamento de Mina. Além disso, da autuação da Polícia Militar na cena de crime, ocorre o embargo da frente de lavra até que o minerador obtenha os devidos documentos para o licenciamento da atividade extrativa, que nem sempre é cumprido.

Os métodos de valoração ambiental propõem a análise de custo-benefício, em que os valores sociais dos bens e serviços ambientais são considerados de forma a refletir variações de bem-estar e não somente seus respectivos valores de mercado; estimam valores econômicos para os recursos naturais, simulando um mercado hipotético para esses bens que não possuem um preço definido; e auxiliam a justiça em ações civis e criminais, por meio da aplicação dos métodos no cálculo do valor do dano ambiental (CORDIOLI, 2013).

A falta de metodologias de valoração consagradas no meio forense tem acarretado a não realização da valoração ou a falta de uniformidade entre as metodologias utilizadas, podendo gerar controvérsias e dúvidas que comprometem a persecução penal (MAGLIANO, 2012).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

O objetivo deste trabalho foi valorar, economicamente, o dano ambiental causado pela atividade de extração irregular de granito em locais objeto de perícia criminal realizada pela Polícia Federal no Estado de Minas Gerais.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Obter um panorama da extração ilegal de granito nos locais periciados pelo Grupo de Perícias de Meio Ambiente da Polícia Federal em Minas Gerais, entre janeiro de 2010 e setembro de 2018;
- Aplicar um método de valoração do dano ambiental de fácil uso na rotina de produção de laudos referentes à extração irregular de granito;
- Comparar o método de valoração ambiental aplicado ao já utilizado pela perícia;
- Levantar os principais impactos ambientais negativos gerados pela extração de granito.

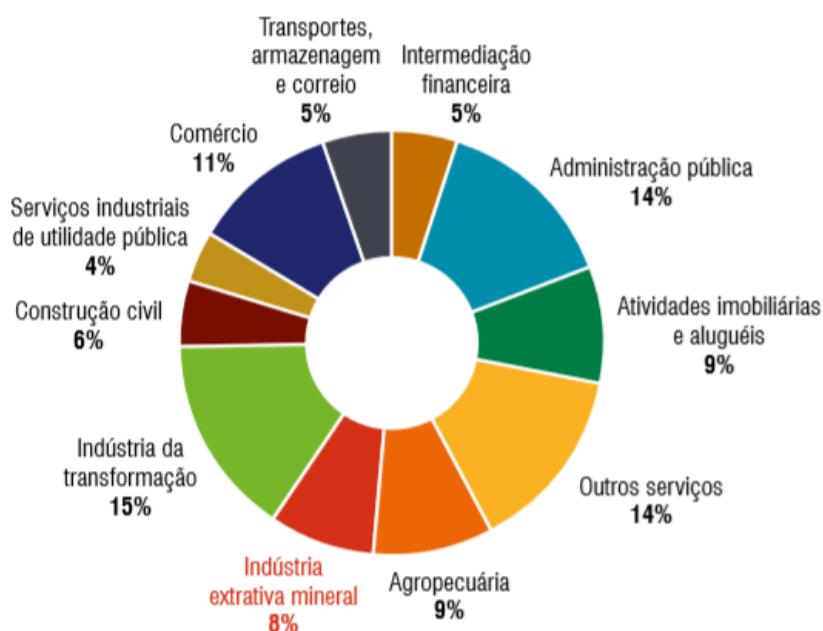
### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Mineração em Minas Gerais

O desenvolvimento de Minas Gerais foi baseado na mineração desde o século XVII (SILVA, 1995) e, ainda hoje, o estado assume grande papel no montante mineral brasileiro com a produção de minério de ferro, além de outros minerais, como zinco, ouro, fosfatos, calcário, nióbio, etc. Minas Gerais é responsável por quase metade de todo o valor gerado pela Indústria Extrativa Mineral no Brasil, excluindo-se petróleo e gás (IBRAM, 2016). Assim, o estado é o principal minerador do País, com diversas minas de pequeno a grande porte implantadas em mais de 300 Municípios de todas as suas regiões (ALVES & COSTA, 2008).

A Indústria Extrativa Mineral contribui substancialmente para definir o perfil socioeconômico do Estado, como mostra a Figura 1, uma vez que o setor impulsiona diversas outras atividades.

Figura 1 – Composição do valor adicionado do estado de Minas Gerais, por atividade econômica – 2011 (em %)



Fonte: IBRAM, 2016

Segundo Estatísticas do Cadastro Central de Empresas IBGE 2011, cerca de 60.600 pessoas estão alocadas nas atividades extrativas em Minas Gerais, o que representa 4,4% de toda a população empregada no setor industrial do Estado (IBRAM, 2016).

Apesar da geração de emprego e renda que a indústria extrativa traz, os impactos socioambientais gerados pela atividade mineradora são significativos como, por exemplo,

poluição do ar e dos recursos hídricos, transformação das paisagens, destruição da fauna e da flora, ocupação desordenada do solo, consumo excessivo de energia elétrica, esgotamento e abandono a céu aberto de minas exploradas, entre outros (AMORIM, CONCEIÇÃO & FERREIRA, 2016).

### **3.2 Rochas Ornamentais**

Rocha ornamental é o termo empregado para definir rochas que, após os processos de desdobramento (transformação de blocos em chapas), polimento e lustro exibem melhor suas características intrínsecas (textura, organização dos minerais, e etc.), e podem ser usadas para revestimentos (em pisos ou paredes), lápides, obras de arte e outras funcionalidades de caráter estético (ABREU; RUIZ; CARUSO, 1990).

Do ponto de vista comercial, as rochas ornamentais e de revestimento são basicamente subdivididas em granitos e mármore. Como granitos, enquadram-se, genericamente, as rochas silicáticas, enquanto os mármore englobam as rochas carbonáticas. Alguns outros tipos incluídos no campo das rochas ornamentais, são os quartzitos, serpentinitos, travertinos, calcários (limestones) e ardósias, também muito importantes setorialmente (CHIODI FILHO; RODRIGUES, 2009).

#### **3.2.1 Panorama da Extração de Rochas Ornamentais**

O Brasil é o 4º maior produtor de rochas ornamentais, com 6,4% da produção mundial em 2016, perdendo apenas para China, Índia e Turquia. Segundo dados do Anuário Mineral Brasileiro (AMB), as reservas recuperáveis (30% das reservas medidas) são da ordem de 6 bilhões de m³ de rochas ornamentais no Brasil, não existindo estatísticas consolidadas sobre as reservas mundiais (ANM, 2017).

Em 2013, o consumo do mercado interno atingiu o patamar recorde de 6.900.000 toneladas. No Brasil existem cerca de 1.500 frentes de produção ativas e 1.200 variedades comerciais. Os granitos e similares correspondem a cerca de 55% da produção nacional. As regiões Sudeste e Nordeste são responsáveis por cerca de 90% da produção do país (ANM, 2017).

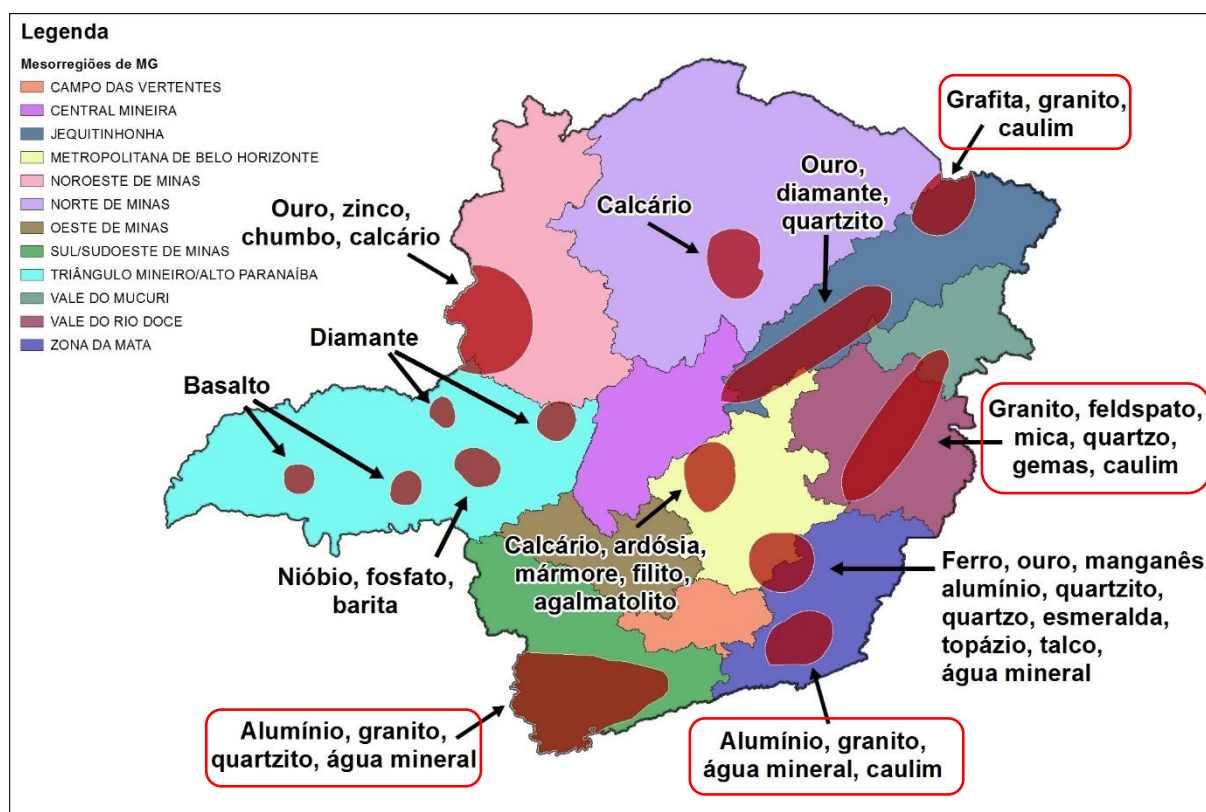
Em 2016, Minas Gerais foi o segundo estado que mais lucrou com a exportação de rochas ornamentais, com US\$ 132,4 milhões, sendo superado apenas pelo estado do Espírito Santo (US\$ 921,4 milhões) e seguido pelo estado do Ceará (US\$ 26,1 milhões) (ANM, 2017).

### 3.2.2 Granito

A composição mineralógica dos granitos, para o setor de rochas ornamentais e de revestimentos, é definida por associações muito variáveis de quartzo, feldspato, micas (biotita e muscovita), anfibólios (sobretudo hornblenda), piroxênios (aegirina, augita e hiperstênio) e olivina (CHIODI FILHO; RODRIGUES, 2009). Como rocha ornamental, a preferência pelos granitos é determinada por sua maior durabilidade e resistência em relação aos mármore, além de padrões estéticos diferenciados e possibilidades de paginação em pisos e fachadas (ALENCAR, 2013).

A ocorrência de bens minerais no solo de Minas Gerais é apresentada na Figura 2, com destaque para as ocorrências de granito no território.

Figura 2 – Distribuição da produção de alguns bens minerais no estado de Minas Gerais



Fonte: Gerência de Meio Ambiente e Desenvolvimento Socioeconômico/ALMG – Adaptado pela autora

A extração de granito é crescente devido às altíssimas taxas de retorno. Dado o alto investimento inicial, é preciso que a venda da rocha extraída seja feita o mais rápido possível para reduzir o tempo de retorno. Nas minas de granito, o método de lavra é a céu aberto, e está restrito à produção de blocos individualizados com dimensões comercializáveis, usualmente pré-definidas (MAIOR, 2013). Dessa forma, pode ser vendido sem beneficiamento ainda na planta de extração, o que agiliza o retorno financeiro.

O granito pode ser extraído de maciços rochosos ou matacões. O melhor aproveitamento do bem mineral vai depender da metodologia de lavra escolhida, uma vez que sua utilização depende da atratividade ao mercado consumidor (MAIOR, 2013). Assim, as mudanças no processo de exploração de rochas vêm sendo feitas a fim de melhorar a velocidade de corte e aumentar a qualidade dos blocos e chapas de granito (REDEROCAS, 2007).

A extração das rochas ornamentais utilizava, inicialmente, cunhas para separação dos blocos. A evolução passou pelo uso de argamassa expansiva, a qual é uma mistura de elementos químicos com água. A mistura é aplicada a furos alinhados e devidamente espaçados, que gera uma pressão de expansão nas paredes, em todas as direções, agindo como um esforço compressivo que resulta numa força de tração na rocha causando a sua ruptura. Explosivos podem ser usados para a separação dos blocos, no entanto as ondas de choque causam um grau de fraturamento muitas vezes inaceitável para as rochas ornamentais. A máquina de corte a fio diamantado se tornou a tecnologia mais utilizada atualmente pois torna o material mais aproveitável (MAIOR, 2013), com menor geração de resíduos.

Os efeitos ambientais e socioeconômicos da extração mineral dependem, principalmente, da forma como esta atividade será planejada e, principalmente, como será desenvolvida (MMA, 2001). Os impactos das atividades extrativas se intensificam à medida em que se estende a exploração, dentro da lógica de que a mineração se dá por meio da extração de recursos não renováveis, o que dificulta a implantação de políticas de gestão ambiental que atenuem a degradação (AMORIM, CONCEIÇÃO & FERREIRA, 2016).

A mineração, atividade tecnicamente planejada, com conhecimento do jazimento mineral e com etapas sucessivas de pesquisa mineral, implantação, operação e desativação, tende a causar menor impacto ou deixar menor passivo ambiental se comparado ao método de garimpo. O garimpo é a extração mineral por métodos rudimentares e tradicionais, que ocorre sem conhecimento do jazimento e sem projeto técnico específico (MMA, 2001). Dessa forma, quando a extração mineral é realizada sem planejamento ou preocupação com o desenvolvimento da lavra, os impactos ambientais são intensificados e podem ser irreversíveis.

A regulamentação da extração mineral se faz necessária para que sejam protegidos o meio ambiente e os interesses públicos envolvidos, evitando que os passivos permaneçam para as futuras gerações (GOMES & NASCIMENTO, 2017).

### 3.2.3 Extração de granito e impactos envolvidos

O conceito de impacto ambiental é definido na Resolução CONAMA nº 1 de 23 de janeiro de 1986, que dispõe:

Artigo 1º - Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II - as atividades sociais e econômicas;

III - a biota;

IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V - a qualidade dos recursos ambientais.

Os impactos ambientais são inerentes a qualquer empreendimento minerário. Os métodos escolhidos para desenvolvimento e manutenção da atividade irão determinar o grau de interferência negativa no meio ambiente.

Em uma mina de granito a degradação ambiental é observada tanto no desenvolvimento inicial, quanto na operação. O desenvolvimento inicial da jazida engloba: abertura de vias de acesso, definição e preparação do local para deposição de estéreis e solo orgânico, decapeamento da jazida, confecção da praça de manobras e pátio de embarque de blocos, edificações, sistema de drenagem da pedreira, e todos os serviços necessários para o início das operações de lavra (MAIOR, 2013).

Decapeamento (para maciços) ou descalçamento (para matacões) é a retirada do solo de cobertura, para expor a rocha e ter acesso à jazida possibilitando que a fase de extração propriamente dita possa ter início (MAIOR, 2013). Esta etapa causa alteração do relevo natural e remoção do solo orgânico, com consequente supressão e/ou impedimento da regeneração natural da vegetação, a fim de expor o minério a ser lavrado.

O material (solo) sem valor removido na etapa de decapeamento, bem como os resíduos envolvidos no processo de produção, extração e beneficiamento, que podem variar entre 30 e 60% da matéria prima (MAIOR, 2013) formam a pilha de rejeitos, parte que ocupa considerável área na mina e causa supressão e/ou impedimento da regeneração da vegetação.

Os impactos negativos decorrentes da operação da lavra de granito para produção de brita foram descritos por Bacci (2006):

Ar – Ocorre geração de ruído, poeira e emissão de gases na etapa de perfuração das bancadas, abertura de novas vias de acesso e transporte de materiais.

Água – Assoreamento de córregos; comprometimento e/ou contaminação das águas superficiais pelo vazamento de óleos/combustíveis/graxas de máquinas e equipamentos.

Solo – Erosão, causada pela retirada da vegetação e movimentação de terra; instabilidade do terreno devido à exploração; contaminação do solo pelo vazamento de óleos/combustíveis/graxas de máquinas e equipamentos.

Flora e fauna – Remoção e deterioração da cobertura superficial na etapa de decapeamento; modificação e destruição da vegetação nativa; formação de pilhas de solo; e afugentamento da fauna devido à poluição sonora proveniente da movimentação de pessoas e máquinas na área de lavra.

Meio antrópico – Desconforto dos trabalhadores e perturbação das vizinhanças pela geração de ruído, poeira e emissão de gases; risco de acidentes por eventuais escorregamentos de taludes fora do setor de desmonte, além das vibrações e danos a construções civis quando se faz uso de explosivos.

Maior (2013) apresenta a matriz de impactos gerados por uma mina de extração de granito para rochas ornamentais em cada uma das etapas de execução de lavra, como mostra o Quadro 1.

Quadro 1 – Impactos ambientais causados pelas atividades minerárias

| AÇÕES GERADORAS                     | IMPACTOS PROPORCIONADOS        |                         |                              |                   |                                       |                                               |                                  |                             |                        |                                   |                    |
|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------------|--------------------|
|                                     | Alteração da qualidade do solo | Alteração da morfologia | Alteração da qualidade do ar | Geração de ruídos | Desenvolvimento de processos erosivos | Alteração da qualidade das águas superficiais | Geração de óleos, lamas e graxas | Geração de esgoto doméstico | Supressão de vegetação | Deslocamento e alteração da fauna | Risco de acidentes |
| Preparação da frente de lavra       |                                | X                       | X                            |                   |                                       |                                               |                                  |                             |                        | X                                 | X                  |
| Deposição de estéril                | X                              | X                       |                              |                   | X                                     | X                                             |                                  |                             | X                      |                                   | X                  |
| Lavra (exploração)                  |                                |                         | X                            | X                 |                                       |                                               |                                  |                             |                        |                                   | X                  |
| Operação de máquinas e equipamentos |                                |                         | X                            | X                 |                                       |                                               | X                                |                             |                        |                                   | X                  |
| Manutenção de equipamentos          |                                |                         |                              |                   |                                       | X                                             | X                                |                             |                        |                                   | X                  |
| Transporte                          |                                |                         | X                            |                   |                                       |                                               |                                  |                             |                        |                                   | X                  |
| Contratação de mão de obra          |                                |                         |                              |                   |                                       | X                                             |                                  | X                           |                        |                                   |                    |

Fonte: Maior, 2013.

### 3.3 Direito Ambiental

O Meio Ambiente é conceituado legalmente como “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas” (art. 3º, I, BRASIL, 1981). É um direito de todos, garantido pela Constituição Federal de 1988, que institui 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 (art. 225, caput, BRASIL, 1988).

Assim, o Direito Ambiental surge para proteger esse bem ambiental de interesse difuso e garantir a melhoria das condições de vida no planeta. É definido como a “ciência jurídica que estuda, analisa e discute as questões e os problemas ambientais e sua relação com o ser humano” (SIRVINSKAS, 2006, p. 27).

O Direito Ambiental constitui o conjunto de regras jurídicas de direito público que norteiam as atividades humanas, ora impondo limites, ora induzindo comportamentos por meio de instrumentos econômicos, com o objetivo de garantir que essas atividades não causem danos ao meio ambiente, impondo-se a responsabilização e as consequentes sanções aos transgressores dessas normas (GOMES & NASCIMENTO, 2017).

Compete ao Poder Executivo, na *esfera preventiva*, estabelecer medidas preventivas de controle das atividades causadoras de significativa poluição, conceder o licenciamento ambiental, exigir o estudo prévio de impacto ambiental e seu respectivo relatório (EIA/RIMA), fiscalizar essas atividades poluidoras etc. Compete ao Poder Judiciário, na *esfera reparatória e repressiva*, julgar as ações civis públicas e as ações penais públicas ambientais, exercer o controle da constitucionalidade das normas elaboradas pelos demais poderes, etc. Compete ao Ministério Público, por fim, na *esfera reparatória e repressiva*, firmar termo de ajustamento de condutas –, instaurar inquérito civil e propor ações civis públicas e ações penais públicas ambientais (SIRVINSKAS, 2018).

#### 3.3.1 Regulamentação da Atividade Minerária

A regulamentação da atividade minerária baseia-se no estabelecimento dos recursos naturais, incluindo os do solo e do subsolo, como bens da União (Art. 20, IX, BRASIL, 1988). A necessidade de concessão do governo para regularização das atividades de extração mineral foi estabelecida pelo Código de Minas de 1934, que determina que a concessão só seria dada após parecer favorável do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM),

órgão também responsável pela fiscalização dos trabalhos de pesquisa e lavra de jazidas (VALE, 2012).

O Decreto 9.406/2018, que regulamenta o Código de Mineração de 1967, estabelece os regimes de exploração e aproveitamento das substâncias minerais como: autorização, concessão, licenciamento, matrícula e monopólio. Diz ainda, em seu Art. 11, parágrafo único, que:

A Autorização depende de alvará do Ministro das Minas e Energia; a Concessão, de decreto do Governo Federal; o Licenciamento, de licença expedida em obediência a regulamentos administrativos locais, de inscrição do contribuinte no órgão próprio do Ministério da Fazenda e de registro da licença, acompanhada da planta da respectiva área, no Departamento Nacional da Produção Mineral (D.N.P.M.); a Matrícula, de registro do garimpeiro na Exatoria Federal onde se localize a jazida; o Monopólio, quando instituído em lei especial (BRASIL, 2018).

De acordo com o Decreto nº 9.406/2018, a mineração engloba a “pesquisa, a lavra, o desenvolvimento da mina, o beneficiamento, a comercialização dos minérios, o aproveitamento de rejeitos e estéréis e o fechamento da mina” (Art. 5, *caput*, BRASIL, 2018). Compete à Agência Nacional de Mineração – ANM (antigo DNPM) “observar e implementar as orientações, as diretrizes e as políticas estabelecidas pelo Ministério de Minas e Energia e executar o disposto no Código de Mineração, e normas complementares” (Art. 4, BRASIL, 2018).

### **3.4 Crimes Ambientais e Perícia Criminal**

Os crimes ambientais são condutas ou danos ambientais tipificados tanto na legislação penal como na Lei de Crimes Ambientais. Sua compreensão é um fator relevante no campo jurídico por seu efeito punitivo e pedagógico em relação aos ilícitos contra o meio ambiente. A ausência de licença para as intervenções antrópicas no meio ambiente é fator tipificador, transversalizado em diversos tipos de crimes previstos nessa Lei. Portanto, grande parte das intervenções no meio ambiente só serão consideradas crimes em caso de ausência de autorização do poder público, ou utilização dos recursos naturais em desacordo com a licença concedida (MAGLIANO, 2013).

A Constituição Federal de 1988, no art. 225, § 3º, estabelece que as condutas e atividades lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas e jurídicas, às sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados (BRASIL, 1988). A Lei de Crimes Ambientais impõe responsabilização administrativa, civil e penal às pessoas jurídicas em casos onde a infração seja cometida “por decisão de seu representante legal ou contratual, ou de seu órgão colegiado, no interesse ou

benefício da sua entidade” (Art. 3, *caput*, BRASIL, 1998), sem excluir a responsabilidade das pessoas físicas, autoras, co-autoras ou partícipes do mesmo fato.

O licenciamento ambiental vincula-se ao amplo arcabouço legislativo que trata da matéria e prevê sanções cíveis, administrativas e penais para quem degrada o meio ambiente (MAGLIANO, 2013). O conceito de degradação da qualidade ambiental é dado pela Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) como “a alteração adversa das características do meio ambiente” (Art. 3, II, BRASIL, 1981).

Dessa forma, a atividade de extração de recursos minerais, sem a competente autorização ou em desacordo com a obtida, é considerada crime contra o meio ambiente, de acordo com a Lei de Crimes Ambientais (BRASIL, 1998), além de ser considerada crime contra o patrimônio na modalidade de usurpação pela Lei 8.176/1991 (BRASIL, 1991).

Além da atividade extrativa sem autorização do órgão ambiental ser considerada crime ambiental, os danos provenientes podem ser caracterizados crimes contra a flora, previstos na Lei nº 9.605/98:

Art. 38. Destruir ou danificar floresta considerada de preservação permanente, mesmo que em formação, ou utilizá-la com infringência das normas de proteção.

Art. 38-A. Destruir ou danificar vegetação primária ou secundária, em estágio avançado ou médio de regeneração, do Bioma Mata Atlântica, ou utilizá-la com infringência das normas de proteção.

Art. 39. Cortar árvores em floresta considerada de preservação permanente, sem permissão da autoridade competente.

Art. 40. Causar dano direto ou indireto às Unidades de Conservação [...].

Art. 44. Extrair de florestas de domínio público ou consideradas de preservação permanente, sem prévia autorização, pedra, areia, cal ou qualquer espécie de minerais.

Art. 48. Impedir ou dificultar a regeneração natural de florestas e demais formas de vegetação (BRASIL, 1998).

Cabe à Polícia Federal a apuração de condutas e atividades lesivas aos bens e interesses ambientais da União e a produção das análises e provas técnico-científicas descritas em Laudos Periciais Criminais para a instrução dos inquéritos policiais a serem encaminhados à Justiça. Nestes Laudos são apresentados os procedimentos utilizados para a valoração econômica de danos ambientais conforme critérios julgados convenientes pelos Peritos Criminais Federais (MAGLIANO, 2013).

A valoração ambiental pela perícia é instituída na Lei de Crimes Ambientais que diz que “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” (Art. 19, *caput*, BRASIL, 1998). O artigo 20 diz ainda que “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” (Art. 20, *caput*, BRASIL, 1998).

A valoração econômica dos crimes ambientais, além de ser um impositivo legal, significa, portanto, uma efetiva contribuição para a proteção e manutenção de espécies, ecossistemas, processos ecológicos e serviços ambientais (MAGLIANO, 2013).

### **3.5 Geotecnologias na Identificação de Crimes**

As geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e disponibilização de informações com referência geográfica. São compostas por soluções de hardware, software e peopleware que juntas constituem-se em poderosos instrumentos como suporte a tomada de decisão (ROSA, 2013). Esse conjunto de tecnologias engloba basicamente o sensoriamento remoto, a fotogrametria, o geoprocessamento, os sistemas de informação geográfica (SIG) e a cartografia digital.

Sensoriamento remoto é definido, em um contexto geral, como a forma de se obter informações e dados de um objeto sem que haja contato físico com o mesmo. As características principais do método são: aquisição de dados de forma rápida; os fotogramas são capazes de armazenar grandes quantidades de informações semânticas e geométricas; os registros fotográficos são considerados documentos legais relativos à época de sua tomada; podem ser medidos movimentos e deformações; a operação pode ser realizada a qualquer momento, e repetir-se várias vezes como desejada; a precisão é ajustada de acordo com as necessidades do projeto; superfícies complicadas podem ser facilmente representadas com a densidade de informações desejada (TOMMASELLI, 2009).

A fotogrametria é classificada dentro da área de Sensoriamento Remoto pois se ocupa de analisar dados provenientes de sensores remotos, além de fotografias. A fotogrametria (métrica), refere-se aos métodos de obtenção de dados quantitativos, como coordenadas, áreas, etc., a partir dos quais são elaborados os mapas e cartas topográficas; e a fotointerpretação consiste em obter dados qualitativos a partir da análise das fotografias e de imagens de satélite (TOMMASELLI, 2009).

Geoprocessamento é o conjunto de tecnologias destinadas a coleta e tratamento de informações espaciais, assim como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações, com diferentes níveis de sofisticação. Um SIG pode ser definido como um sistema destinado à aquisição, armazenamento, manipulação, análise, simulação, modelagem e apresentação de dados referidos espacialmente na superfície terrestre, integrando diversas tecnologias. A

cartografia digital transmite a ideia de automação de projetos com o auxílio do computador e outros equipamentos conexos (ROSA, 2013).

O uso das geotecnologias se faz necessário uma vez que há um lapso temporal entre a identificação dos crimes ambientais e a perícia criminal no local, que faz com que os vestígios de extração mineral, desmatamento ou queimada possam se perder com o tempo, seja por vias naturais ou antrópicas. Dessa forma, imagens de satélite com precisão adequada são excelentes fontes de informação para a elaboração de mapas e determinação da situação do local de crime próxima à data em que foi identificado.

### **3.6 Serviços Ambientais e Valoração do Dano**

O capital natural (água, ar, solo, fauna e flora) provém uma série de serviços ambientais dos quais dependem o bem-estar humano, como a conservação da biodiversidade, regulação da água, e regulação climática. A quantificação, mapeamento e avaliação de múltiplos serviços ambientais são de grande interesse para as políticas com foco conservacionista e de ordenamento territorial (PARRON & GARCIA, 2015).

Os bens e serviços ecossistêmicos ou serviços ambientais são os benefícios que a população humana obtém, direta ou indiretamente, do ecossistema (COSTANZA, 1997). Os serviços ambientais são classificados em quatro categorias (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005 apud PARRON & GARCIA, 2015):

Serviços de suporte – Propiciam as condições necessárias para que os demais serviços possam ser disponibilizados à sociedade. Ex.: Manutenção do ciclo de vida (ciclagem de nutrientes e da água/fotossíntese).

Serviços de provisão – Compreendem os produtos obtidos dos ecossistemas e que são oferecidos diretamente à sociedade. Ex.: Alimentos; recursos medicinais.

Serviços de regulação – Englobam os benefícios obtidos pela sociedade a partir da regulação natural dos processos ecossistêmicos. Ex.: Regulação do clima; regulação da qualidade do ar.

Serviços culturais – São os benefícios não materiais obtidos dos ecossistemas, que contribuem para o bem-estar da sociedade. Ex.: Valores estéticos (paisagem); valores educacionais/culturais.

Embora o uso de recursos ambientais não tenha seu preço reconhecido no mercado, seu valor econômico existe na medida que seu uso altera o nível de produção e consumo (bem-estar) da sociedade. Valorar um recurso ambiental é, então, estimar o valor monetário deste em relação aos outros bens e serviços disponíveis na economia (MOTTA, 1997).

Dessa forma, a valoração econômica de um recurso ambiental consiste em inferir em quanto melhorou ou piorou o bem-estar das pessoas devido às mudanças na quantidade de bens e serviços ambientais, seja na apropriação por uso ou não (ALMEIDA, 2006).

No caso de um recurso ambiental, os fluxos de bens e serviços derivados de seu consumo definem seus atributos. Existem também atributos associados à própria existência do recurso ambiental, que independem do fluxo atual e futuro apropriados por meio do seu uso (MOTTA, 1997).

A valoração de danos nos laudos periciais é de fundamental importância para o melhor dimensionamento e compreensão pelo judiciário e pela sociedade sobre os diferentes crimes ambientais (MAGLIANO, 2013), pois quantifica-o economicamente. A dificuldade é que alguns bens e serviços públicos não são transacionados em mercado e, portanto, não têm preços definidos (MOTTA, 1997).

O pouco conhecimento sobre métodos e procedimentos de valoração econômica no meio forense tem acarretado a não realização da valoração ou a falta de coerência entre os métodos e procedimentos utilizados nos laudos periciais, podendo gerar controvérsias e dúvidas que comprometem a persecução penal (MAGLIANO, 2013).

O Valor Econômico do Recurso Ambiental (VERA) é derivado de todos os seus atributos, que podem ou não estar associados a um uso. O VERA é então dividido em Valor de Uso (VU) e Valor de Não-Uso (VNU). O Valor de Uso é composto pelo Valor de Uso Direto (VUD), Valor de Uso Indireto (VUI) e Valor de Opção (VO), enquanto o Valor de Não-Uso corresponde ao Valor de Existência (VE), como mostra o Quadro 2.

Quadro 2 – Taxonomia geral do valor econômico do recurso ambiental

| Valor de Uso                                                                                  |                                                                                                                    |                                                                                                   | Valor de Não-Uso                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Valor de Uso Direto                                                                           | Valor de Uso Indireto                                                                                              | Valor de Opção                                                                                    | Valor de Existência                                                                                         |
| Bens e serviços ambientais apropriados diretamente da exploração do recurso e consumidos hoje | Bens e serviços ambientais que são gerados de funções ecossistêmicas e apropriados e consumidos indiretamente hoje | Bens e serviços ambientais de usos diretos e indiretos a serem apropriados e consumidos no futuro | Valor não associado ao uso atual ou futuro e que reflete questões morais, culturais, éticas ou altruísticas |

Fonte: MOTTA, 1997, p. 12.

O Valor Econômico do Recurso Ambiental (VERA) é dividido em Valor de Uso (VU) e Valor de Não-Uso (VNU) e pode ser calculado pela Equação 1.

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

Equação 1

Um uso dos recursos ambientais pode excluir outro e cabe ao analista escolher o método mais adequado. A adoção do método depende do objetivo da valoração, das hipóteses assumidas, da disponibilidade de dados e conhecimento da dinâmica ecológica do objeto que está sendo valorado (MOTTA, 1997).

Os métodos são divididos em métodos da função de produção, que utilizam os preços de mercado do bem ou serviço para estimar o valor econômico do recurso ambiental (métodos da produtividade marginal e de mercados de bens substitutos); e métodos da função de demanda, os quais assumem que a variação da disponibilidade do recurso ambiental altera a disposição a pagar ou aceitar dos agentes econômicos em relação aquele recurso ou seu bem privado complementar, como os métodos de preços hedônicos, do custo de viagem e de valoração contingente (MOTTA, 1997).

## **4 METODOLOGIA**

O presente trabalho realizou pesquisa descritiva a partir de fontes secundárias sobre a extração de granito no estado de Minas Gerais, seus impactos e métodos de valoração econômica do dano ambiental. A pesquisa realizada foi quantitativa, visando determinar o valor econômico do dano gerado pela extração mineral nos casos analisados.

### **4.1 Obtenção e análise de laudos ambientais**

O panorama da extração irregular de granito em Minas Gerais foi obtido pelo estudo dos laudos elaborados pelo Grupo de Perícias de Meio Ambiente (GPEMA) da Superintendência de Polícia Federal do Estado de Minas Gerais, no SISCRIM – Sistema Nacional de Gestão de Atividades da Criminalística. O SISCRIM é um sistema presente na intranet da Polícia Federal que registra em meio eletrônico todos os laudos e documentos correlatos produzidos no órgão.

A busca no SISCRIM foi realizada aplicando-se filtros para consulta de laudos na categoria com Título “LAUDO DE EXAME DE MEIO AMBIENTE” e subtítulos “EXTRAÇÃO MINERAL” e “VALORAÇÃO DE DANO”, produzidos entre 01/01/2010 e 31/10/2018 e que continham a palavra-chave “GRANITO”. A busca resultou na seleção de 204 laudos com a palavra “granito” em qualquer parte do texto.

Os laudos foram classificados quanto à natureza da substância extraída, sendo mantidos apenas os laudos em que o mineral extraído possuía utilização como rocha ornamental. Essa seleção se fez necessária uma vez que o filtro inicial resultou em laudos provenientes da extração mineral de outros tipos de minerais, mas que continham a palavra granito no item que explana sobre a poligonal do DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral.

Foram selecionados 120 laudos de substâncias com utilização como rocha ornamental, dos quais 108 são locais de extração de granito. Destes, 9 foram realizados via sensoramento remoto sem a realização de perícia no local, do que optou-se por retirá-los do restante da análise devido à falta de informações quanto aos impactos ambientais contidas nestes laudos.

Os dados de cada um dos 99 laudos periciais selecionados foram compilados de acordo com o município de ocorrência, bioma, cobertura vegetal, ocorrência em unidades de conservação e Áreas de Preservação Permanente (APP), tipo de área de proteção permanente afetada, Área Diretamente Afetada (ADA), regularidade junto ao DNPM, volume de mineral extraído, percentual de recuperação e Valor de Uso Direto (VUD) estimado na data da

produção do laudo, além da data da perícia e da solicitação dos exames (por meio de Boletim de Ocorrência, Auto de Infração ou Vistoria do DNPM).

Além disso, informações sobre a cobertura vegetal e proximidade de centros urbanos, em cada local, foram obtidas pela utilização da base de dados disponível no sítio eletrônico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE; a proximidade de comunidades foi obtida com base nas coordenadas geográficas e utilização do software Google Earth Pro; e a data de instauração do Inquérito Federal, bem como a data do pedido de perícia foram obtidas junto ao SISCRIIM e ao corpo técnico envolvido. As figuras criadas e adaptadas foram produzidas no software *ArcGis® 10.3*.

A análise dos dados foi realizada para os 99 laudos restantes. Porém, 2 destes não continham informações acerca do valor de uso direto (VUD) e não puderam ser utilizados na metodologia escolhida de valoração do dano ambiental.

## **4.2 Valoração de danos ambientais**

### **4.2.1 Modelo do Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais (DEPRN)**

O Modelo DEPRN (GALLI, 1996 ) foi aplicado para valoração econômica dos danos ambientais devido à fácil adaptação aos impactos citados nos laudos, além de abranger todos os danos (ar, água, solo/subsolo, fauna, flora e paisagem). O Modelo foi desenvolvido pelo Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais (DEPRN), da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo e inclui o custo de recuperação do impacto ou o valor de exploração dos bens afetados e um conjunto de critérios, utilizados para qualificar os agravos dos danos.

A metodologia de valoração utilizada atualmente na maioria dos laudos é baseada no Valor de Uso Direto (VUD), que mensura o valor do recurso comercializado, sem contemplar os danos e perdas ambientais decorrentes da atividade minerária. O Modelo DEPRN utilizado neste trabalho visa analisar e quantificar os bens ambientais perdidos pelo processo de extração mineral, representando assim seu Valor de Uso Indireto. Dessa forma, foram levantados os impactos ambientais de cada uma das áreas e estes foram associados aos agravos determinados pelo Modelo. A Tabela 1 mostra tal associação, além de outros dados levantados para melhor utilização da metodologia, como proximidade de centros urbanos e de unidades de conservação.

Tabela 1 – Associação entre danos e agravos para aplicação do Modelo DEPRN

|              | Descrição dos Agravos                                           | Qualificação dos impactos nos laudos                                        | Pontuação |
|--------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| ATMOSFERA    | Proximidade de centros urbanos                                  | Distante até 10 km                                                          | 2         |
|              |                                                                 | Distante até 25 km                                                          | 1         |
|              | Localização em relação à área protegida                         | Em APP ou UC                                                                | 2         |
|              |                                                                 | Em ZA                                                                       | 1         |
|              | Morte ou dano à fauna (pelo dano ao ar)                         | Morte de animais                                                            | 1 x 1,5   |
| ÁGUA         | Alteração da qualidade do ar                                    | Lançamento de poeira                                                        | 1 x 1,5   |
|              | Comprometimento do aquífero                                     | Obstrução de cursos d'água e/ou nascentes                                   | 2         |
|              | Localização em relação à área protegida                         | Em APP ou UC                                                                | 3         |
|              | Morte ou dano à fauna, decorrente do dano à água                | Interferência em cursos d'água/nascentes                                    | 1 x 1,5   |
|              | Alteração na vazão/volume de água                               | Interferência em cursos d'água/nascentes                                    | 1 x 1,5   |
| SOLO/SUBSOLO | Comprometimento do aquífero, decorrente do dano ao solo/subsolo | Compactação do solo; Risco de poluição por efluentes de veículos e máquinas | 2         |
|              |                                                                 | Risco de compactação do solo; Potencial poluição dos cursos d'água próximos | 1         |
|              | Localização em relação às áreas protegidas                      | Em UC ou totalmente inserido em APP                                         | 2         |
|              |                                                                 | Inserido, em parte, em APP                                                  | 1         |
|              | Assoreamento de corpos hídricos                                 | Interferência em cursos d'água/nascentes                                    | 3         |
|              |                                                                 | Em APP de rio/nascente                                                      | 2         |
|              |                                                                 | Remoção da camada fértil do solo; Assoreamento                              | 1         |
|              | Morte ou dano à fauna, decorrente do dano ao solo/subsolo       | Morte de animais                                                            | 1 x 1,5   |
|              | Danos ao relevo                                                 | Alteração do relevo natural; Erosão do solo; Escavação do terreno           | 3 x 1,5   |
|              |                                                                 | Suposta alteração do relevo natural                                         | 2         |
| FAUNA        | Localização em relação à área protegida                         | Em APP ou UC                                                                | 3         |
|              | Alteração nos nichos ecológicos                                 | Destruição de nichos faunísticos; perda de habitat                          | 1 x 1,5   |
| FLORA        | Localização em relação às áreas protegidas                      | Em UC ou totalmente inserido em APP                                         | 3         |
|              |                                                                 | Inserido, em parte, em APP                                                  | 2         |
|              | Favorecimento à erosão                                          | Supressão e/ou impedimento da regeneração da vegetação em todo o local      | 3         |
|              |                                                                 | Supressão e/ou impedimento da regeneração da vegetação nas estradas         | 2         |
|              | Morte ou dano à fauna, decorrente do dano à flora               | Se a ADA for maior que 0,1 ha                                               | 1 x 1,5   |
|              | Alteração nos nichos ecológicos                                 | Se a ADA for maior que 0,1 ha                                               | 1 x 1,5   |
| PAISAGEM     | Localização em relação à área protegida                         | Em APP ou UC                                                                | 3         |
|              |                                                                 | Distante até 10 km                                                          | 3         |
|              | Proximidade de centros urbanos                                  | Distante até 25 km                                                          | 2 x 1,5   |
|              |                                                                 | Distante até 50 km                                                          | 1         |

Fonte: GALLI, 1996 - Adaptado pela autora.

Em cada um dos 97 laudos, para cada aspecto ambiental (ar, água, solo/subsolo, fauna, flora e paisagem), foram associados impactos e os agravos, gerando uma pontuação específica ligada ao referido aspecto. Tomando o aspecto ATMOSFERA na Tabela 1 como exemplo, se o dano foi causado em local distante até 10km de centros urbanos (com população maior ou igual a 60.000 hab.), a pontuação foi 2; caso a distância seja entre 10km e 25km a pontuação foi 1; e se os centros urbanos estão a mais de 25km de distância, a pontuação foi zero.

A soma das pontuações de cada associação gera um índice relacionado a cada aspecto ambiental, denominado Índice de Qualificação dos Agravos (IQA). O IQA nos fornece informação a respeito da magnitude dos impactos causados a cada aspecto. Cada IQA relaciona-se a um Fator de Multiplicação (FM), de acordo com o Quadro 3. Por exemplo, se o Índice de Qualificação dos Agravos for igual a 7 ( $\leq 13,6$ ) para o aspecto AR, o Fator de Multiplicação será de 3,2, não importa quão perto o IQA esteja do valor 6,8.

Quadro 3 – Índices de qualificação dos agravos para a valoração do dano

| Aspectos ambientais           | Intervalo do índice de qualificação dos agravos |             |             |             |             |
|-------------------------------|-------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Ar                            | $\leq 6,8$                                      | $\leq 13,6$ | $\leq 20,4$ | $\leq 27,2$ | $\leq 34,0$ |
| Água                          | $\leq 7,2$                                      | $\leq 14,4$ | $\leq 21,6$ | $\leq 28,8$ | $\leq 36,0$ |
| Solo-subsolo                  | $\leq 7,5$                                      | $\leq 15,0$ | $\leq 22,5$ | $\leq 30,0$ | $\leq 37,5$ |
| Fauna                         | $\leq 6,4$                                      | $\leq 12,8$ | $\leq 19,2$ | $\leq 25,6$ | $\leq 32,0$ |
| Flora                         | $\leq 6,6$                                      | $\leq 13,2$ | $\leq 19,8$ | $\leq 26,4$ | $\leq 33,0$ |
| Paisagem                      | $\leq 8,0$                                      | $\leq 16,0$ | $\leq 24,0$ | $\leq 32,0$ | $\leq 40,0$ |
| <b>Fator de Multiplicação</b> | <b>1,6</b>                                      | <b>3,2</b>  | <b>6,4</b>  | <b>12,8</b> | <b>25,6</b> |

Fonte: GALLI, 1996, p. 231

O valor do dano ambiental é obtido pela multiplicação entre o somatório dos Fatores de Multiplicação ( $\Sigma FM$ ) de todos os aspectos ambientais e o Valor de Exploração (Equação 2), adotado aqui como o Valor de Uso Direto apresentado nos laudos, visto que o preço de mercado da substância já foi calculado.

$$\text{Valor do dano ambiental} = \Sigma FM * \text{Valor de Exploração} \quad \text{Equação 2}$$

#### 4.2.2 Valor dos Serviços Ambientais das florestas

Os valores referência para os serviços ambientais no bioma Mata Atlântica, bioma no qual predominam os laudos de granito avaliados, foram propostos por Costanza, 1997; Oliveira, 1995 e Santos, 2000, *apud* Peixoto 2002, conforme Quadro 4.

Quadro 4 – Valor das funções ambientais para Mata Atlântica, em US\$.m<sup>-2</sup>.ano<sup>-1</sup>

|    | Serviço                  | Valor US\$.m <sup>-2</sup> .ano <sup>-1</sup> |                       |
|----|--------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------|
| 1  | Regulação da atmosfera   | NÃO AVALIADO                                  | Costanza et al., 1997 |
| 2  | Regulação do clima       | 0,0223                                        | Costanza et al., 1997 |
| 3  | Regulação de perturbação | 0,0005                                        | Costanza et al., 1997 |
| 4  | Regulação das águas      | 0,0006                                        | Costanza et al., 1997 |
| 5  | Suprimento de água       | 0,1610                                        | Oliveira et al., 1995 |
| 6  | Controle de Erosão       | 0,0245                                        | Costanza et al., 1997 |
| 7  | Formação de solo         | 0,0010                                        | Costanza et al., 1997 |
| 8  | Reciclagem de nutrientes | 0,0922                                        | Costanza et al., 1997 |
| 9  | Tratamento de rejeitos   | 0,0087                                        | Costanza et al., 1997 |
| 10 | Polinização              | NÃO AVALIADO                                  | Costanza et al., 1997 |
| 11 | Controle biológico       | 0,0021                                        | Santos et al., 2000   |
| 12 | Habitat/refúgio          | NÃO AVALIADO                                  | Costanza et al., 1997 |
| 13 | Recreação                | 0,0112                                        | Costanza et al., 1997 |
| 14 | Cultural                 | 0,0002                                        | Costanza et al., 1997 |
| 15 | Valor de opção           | 0,0002                                        | Santos et al., 2000   |
| 16 | Valor de existência      | 0,0003                                        | Santos et al., 2000   |
|    | <b>TOTAL</b>             | <b>0,3248</b>                                 |                       |

Fonte: PEIXOTO, 2002

Apesar de Costanza et al. (1997) ter publicado a atualização dos valores dos serviços ambientais devido às mudanças climáticas entre 1997 e 2011, foram considerados os valores publicados no ano de 1997, pois estes valores são utilizados atualmente pela perícia em Minas Gerais.

A valoração do dano aos serviços ambientais é obtida considerando o índice proposto no quadro acima, a área da degradação decorrente da atividade minerária e o tempo entre a degradação e o término da implantação do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), como mostra a Equação 3.

$$\text{Valoração do Dano [US\$]} = \text{Índice} * \text{ADA} * \text{Tempo (Degradação - PRAD)} \quad \text{Equação 3}$$

No presente caso, foi adotado o tempo entre o início da degradação e a perícia, por não haver qualquer previsão sobre a aplicação de um PRAD. Para obtenção da data do início do dano, foram observados nos 50 laudos que apresentaram análise de imagens de satélite qual era a data da primeira imagem que continha vestígios de intervenção antrópica, seja remoção da cobertura vegetal ou a própria extração mineral. Dos 50 laudos, 11 já possuíam o valor dos serviços ambientais determinado pelo signatário do laudo.

A correção monetária dos valores apresentados no Quadro 4 foi realizada anualmente para cada laudo, utilizando como referência o Índice de Preços ao Consumidor (IPC), disponibilizado pelo U.S. Department of Labor (2019), que mede a evolução dos preços de bens e serviços. O valor do dólar utilizado foi o mesmo adotado para a conversão do VUD em cada um dos laudos produzidos. Para os que não apresentaram tal fator, foi utilizada a taxa cambial executada pelo Banco Central (2019) referente à data da perícia em cada local.

O valor dos serviços ambientais, em cada laudo, foi então adicionado ao VUD a fim de se obter o valor total do dano (Valor Econômico do Recurso Ambiental - VERA).

#### 4.2.3 Sequestro de carbono

O sequestro de carbono médio realizado pela floresta estacional semidecidual em crescimento é descrito por Ferez (2010) como sendo de  $10,35 \text{ tCO}_2/\text{ha.ano}^{-1}$ , em condições usuais de plantio e sendo considerados os conteúdos de carbono nas biomassas: lenhosa da parte aérea, copa, raízes, serapilheira, estrato herbáceo e do solo. Dada a dificuldade de obtenção de valores precisos em relação ao sequestro de carbono em outros tipos de vegetação, foi adotado neste trabalho o valor de  $10,35 \text{ tCO}_2/\text{ha.ano}^{-1}$  para todo o bioma Mata Atlântica.

Desconsiderando as emissões de carbono provenientes da supressão da vegetação, e tendo em vista que a instalação da extração minerária impede a regeneração da vegetação no local, foi utilizado o valor do mercado de carbono para quantificar monetariamente o volume do carbono que deixou de ser removido da atmosfera pela cobertura vegetal que voltaria a se estabelecer na área outrora degradada. Foi adotado o valor de US\$ 2,60/tCO<sub>2e</sub>, média determinada para a América Latina no primeiro trimestre do ano de 2018, onde o principal tipo de projeto aplicado foi reflorestamento e uso do solo (HAMRICK; GALLANT, 2018).

Dessa forma, foi possível a inclusão do valor do serviço ambiental de sequestro de carbono à soma das funções ambientais para Mata Atlântica, apresentada anteriormente no Quadro 4. Os valores monetários foram devidamente corrigidos conforme metodologia apresentada no item anterior, e a Tabela 2 mostra os fatores obtidos para o ano de 2018.

Tabela 2 – Valores das funções ambientais para Mata Atlântica corrigidos para o ano de 2018

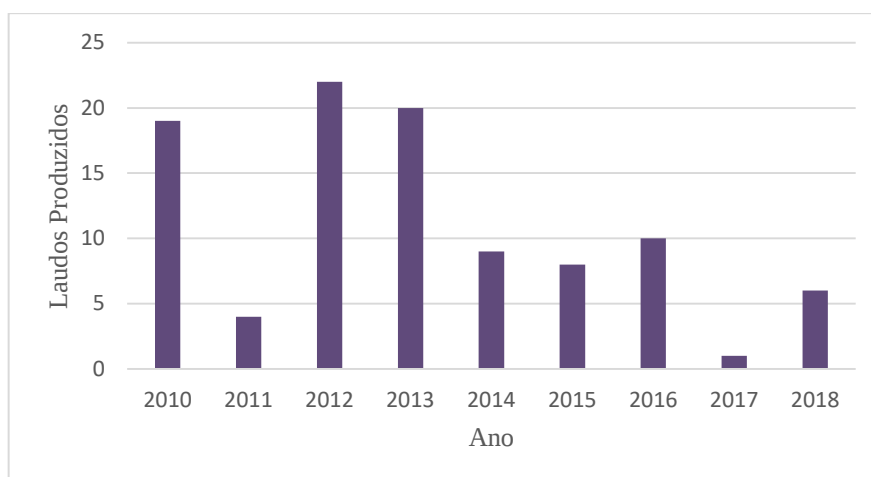
|    | Serviço                  | Valor US\$.m <sup>-2</sup> .ano <sup>-1</sup> |
|----|--------------------------|-----------------------------------------------|
| 1  | Regulação da atmosfera   | NÃO AVALIADO                                  |
| 2  | Regulação do clima       | 0,0348                                        |
| 3  | Regulação de perturbação | 0,0008                                        |
| 4  | Regulação das águas      | 0,0009                                        |
| 5  | Suprimento de água       | 0,2657                                        |
| 6  | Controle de Erosão       | 0,0382                                        |
| 7  | Formação de solo         | 0,0016                                        |
| 8  | Reciclagem de nutrientes | 0,1438                                        |
| 9  | Tratamento de rejeitos   | 0,0136                                        |
| 10 | Polinização              | NÃO AVALIADO                                  |
| 11 | Controle biológico       | 0,0031                                        |
| 12 | Habitat/refúgio          | NÃO AVALIADO                                  |
| 13 | Recreação                | 0,0175                                        |
| 14 | Cultural                 | 0,0003                                        |
| 15 | Valor de opção           | 0,0003                                        |
| 16 | Valor de existência      | 0,0004                                        |
| 17 | Sequestro de carbono     | 0,0027                                        |
|    | <b>TOTAL</b>             | <b>0,5236</b>                                 |

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Panorama da extração de granito em Minas Gerais

Pela análise dos laudos referentes à extração de granito produzidos pelo GPEMA de 2010 a 2018, fica evidente que a maior quantidade de perícias ocorreu durante os anos de 2012 e 2013, e a menor em 2017 (Figura 3).

Figura 3 – Distribuição anual de Laudos (Extração de Granito)



A realização de perícias depende de uma série de fatores. Inicialmente, é feita a identificação da usurpação de bens da união por meio de denúncia à Polícia Militar, órgão ambiental responsável, ou vistoria da Agência Nacional de Mineração (ANM). A seguir, no momento em que esses documentos chegam à delegacia, é instaurado o inquérito policial e solicitada a perícia ao Setor Técnico-Científico (SETEC). O tempo até a perícia depende, então, do volume de demandas que o Grupo de Perícia de Meio Ambiente (GPEMA) possui.

O estudo temporal e comparação das datas pertinentes ao processo, permitiu concluir que 71% dos processos levam até 3 anos entre a autuação da extração mineral até a perícia. O maior tempo foi superior a 9 anos e o menor foi de 7 meses. A demora entre a autuação da extração e a perícia prejudica a investigação, uma vez que ocorre alteração do ambiente natural e perda de vestígios que comprovem e/ou esclareçam a ilegalidade.

Até que os documentos de registro da infração cheguem à delegacia, passam por entraves burocráticos que retardam o processo, fazendo com que este seja o maior período de demora. Apesar da demora em alguns casos, podendo chegar até 9 anos, em 41% dos casos o inquérito é instaurado até 1 ano após a autuação, sendo que o menor tempo observado foi de 37 dias.

A etapa de solicitação de perícia ocorre em menor tempo, sendo que 95% das solicitações aconteceram no primeiro ano, e destas, 64% foram realizadas nos primeiros 30 dias. O maior tempo observado foi de 3 anos. Após o pedido, a perícia atendeu 96% dos casos

até 1 ano, sendo que destes, 66% foram atendidos até 5 meses. O maior e menor tempo observados foram, respectivamente, 14 meses e 18 dias.

As informações apresentadas podem ser observadas nas Figuras 4 e 5, que mostram os dados obtidos anualmente e mensalmente (no primeiro ano) para cada etapa do processo e no tempo total, da autuação da mina até a data de realização da perícia.

Figura 4 – Lapso temporal anual entre as diversas etapas do processo

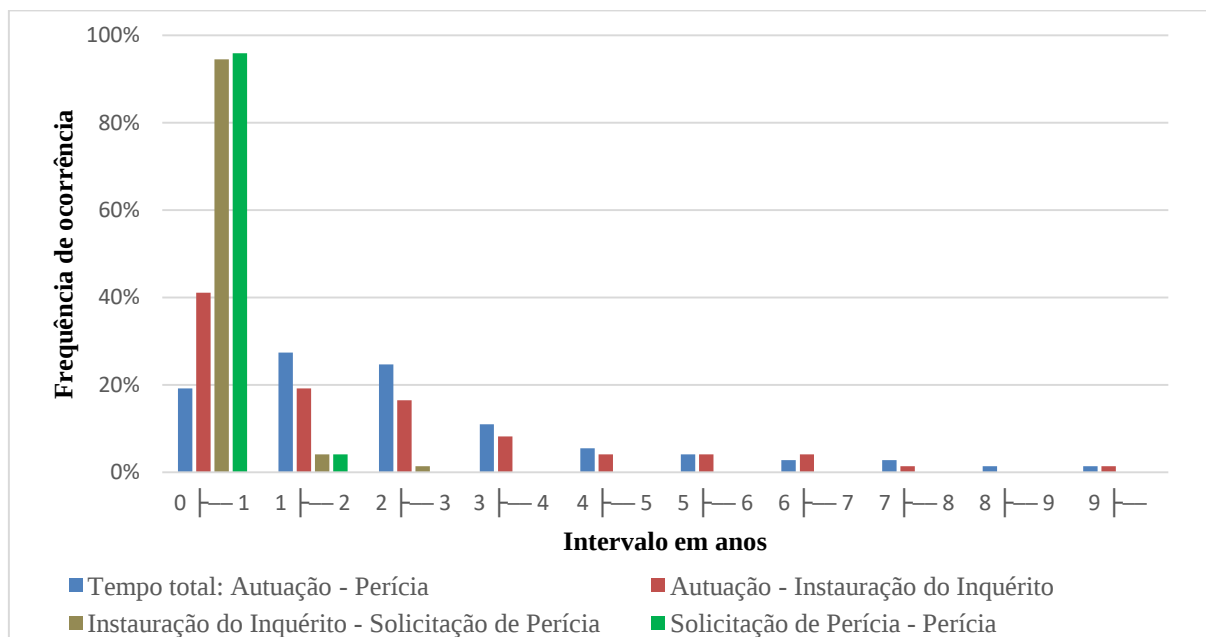
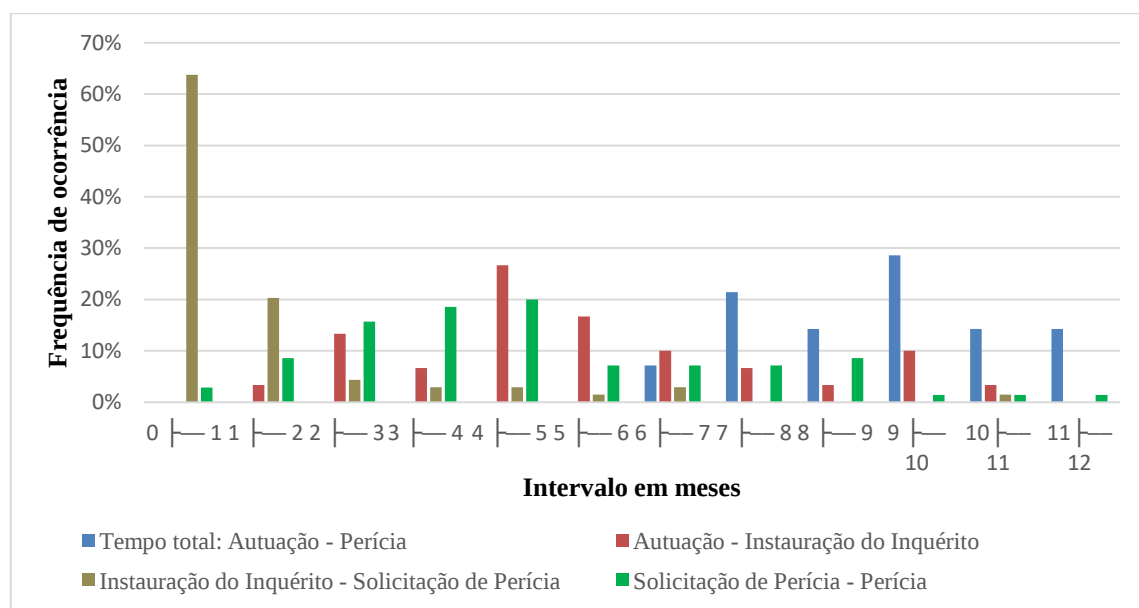


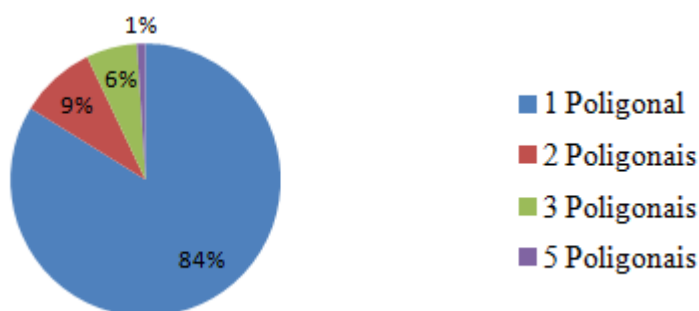
Figura 5 – Lapso temporal para o primeiro ano entre as diversas etapas do processo



A ilegalidade da extração mineral e autuação da mina pode ter ocorrido devido às irregularidades junto à Agência Nacional de Mineração (ANM, antigo DNPM). Foi

identificado que 84% dos locais se encontram na área de uma única poligonal ANM (Figura 6), porém nenhum deles está em fase de concessão de lavra. Segundo a Portaria do DNPM N° 144 de 03 de maio de 2007, antes da concessão de lavra, só é permitido lavrar, em caráter excepcional, mediante concessão pelo órgão de Guia de Utilização (DNPM, 2007). Dentre essas áreas, em 8% dos casos, apesar de haver extração de granito, a substância passível de exploração registrada no órgão não é "granito", caracterizando então, outra inconsistência.

Figura 6 – Poligonais ANM encontradas nas minas periciadas

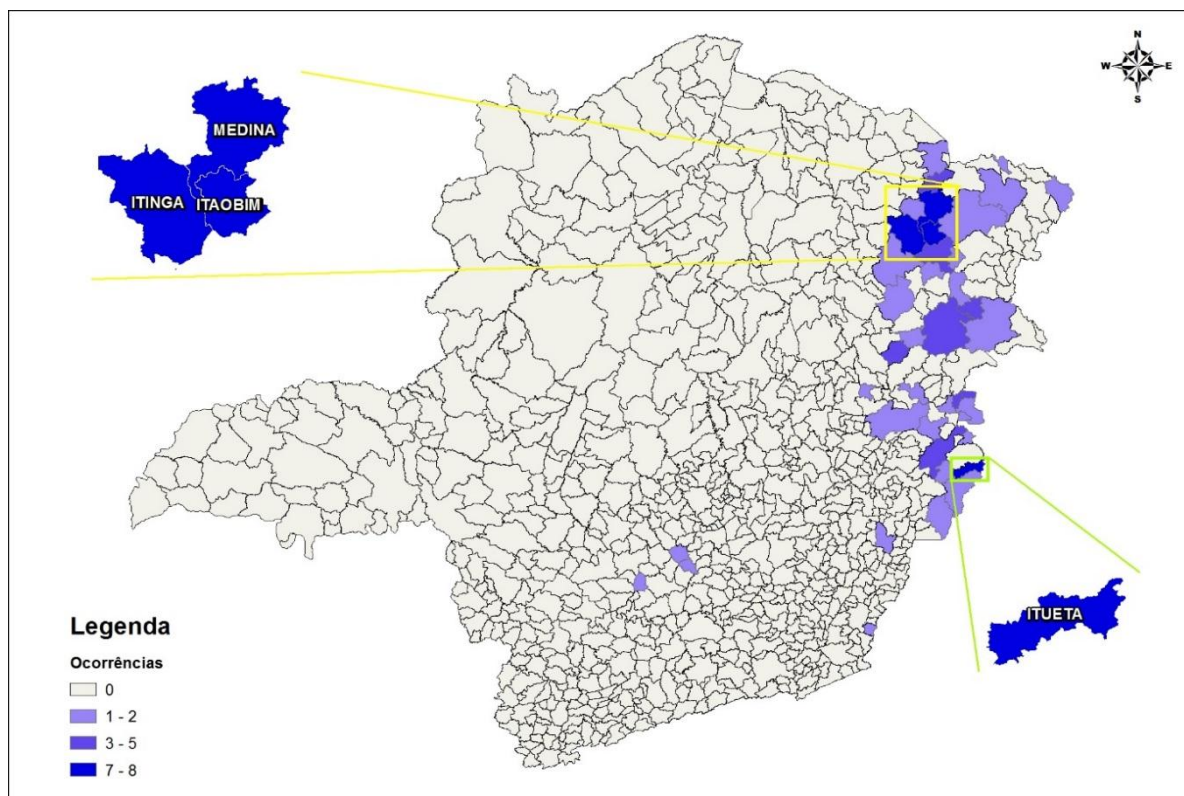


Os locais situados em mais de uma poligonal ANM (16%) podem refletir conflito de interesses entre os titulares dos processos minerários junto ao órgão licenciador, podendo ser esta também a causa da autuação da mina. Neste contexto, foram observadas apenas 2 minas em fase de concessão de lavra para a substância "granito" que possuíam frente de lavra em uma segunda poligonal, em diferente fase de licenciamento. Os minerais cadastrados para as áreas, além do granito são: Berílio, Caulim, Charnoquito, Feldspato, Gabro, Manganês, Ouro, Quartzo e Turmalina.

Quanto ao processo extrativo, as minas de granito são a céu aberto e apresentaram, essencialmente as estruturas: frente de lavra; pilha de deposição de estéreis e solo; pátio de deposição e embarque de blocos; e vias de acesso. Não foram localizadas estruturas de drenagem de águas pluviais. Foi possível perceber que em 28% dos locais a lavra se encontrava em atividade e bem desenvolvida, com presença de bancadas bem delineadas e maquinário apropriado, no momento da perícia.

A extração irregular estava presente em 41 municípios do estado de Minas Gerais, sendo que Itueta e Itaobim apresentaram 8,1% das ocorrências cada um, como mostra a Figura 7. Embora as regiões do Sul/Sudoeste de Minas e Zona da Mata registrarem a presença do mineral granito em seu território (como mostra a Figura 1), observa-se que as ocorrências de extração irregular nessas áreas não foram significativas. Isso se deve ao fato do Setor Técnico Científico (SETEC) não atender essas regiões, sendo estas atendidas pela Unidade Técnica Científica (UTEC), localizada no município de Juiz de Fora.

Figura 7 – Ocorrência de atividade extrativa irregular no estado de Minas Gerais



Fonte: Elaborado pela Autora

A extração de granito representa ameaça ao bioma Mata Atlântica, uma vez que todas as ocorrências de mineração irregular estão presentes neste bioma. A importância do bioma Mata Atlântica se dá pela sua imensa biodiversidade, que mesmo fragmentada atualmente, estima-se a existência de cerca de 20.000 espécies vegetais, incluindo espécies endêmicas e ameaçadas de extinção. Essa riqueza é maior que a de alguns continentes como América do Norte e Europa e, por isso, a região é altamente prioritária para a conservação da biodiversidade mundial (MMA, 2015). Com relação à fauna, o bioma abriga cerca de 850 espécies de aves, 370 de anfíbios, 200 de répteis, 270 de mamíferos e 350 de peixes (MMA, 2019).

Nos laudos examinados foi possível constatar que a atividade minerária afetou cerca de 387 ha, ou 3.877.270 m<sup>2</sup> em superfície, no bioma Mata Atlântica. Os tipos de cobertura vegetal afetados estão apresentados na Figura 8. Apesar de 45% dos locais apresentarem Área Diretamente Afetada menor ou igual a 2ha, a maior contribuição para a degradação em superfície ocorreu nas áreas que tiveram ADA superior a 10ha. Dessa forma, apenas 8% dos locais foram capazes de somar 34% de toda a área degradada, como observa-se na Figura 9.

Figura 8 – Tipos de cobertura vegetal afetados por laudos examinados

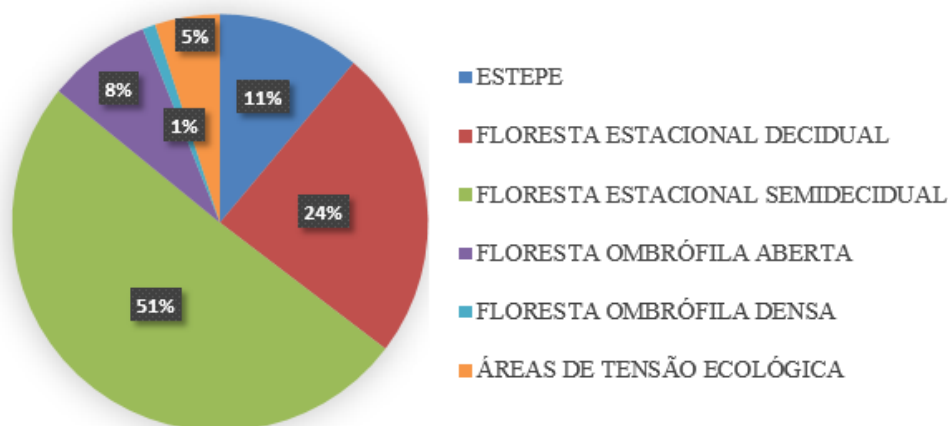
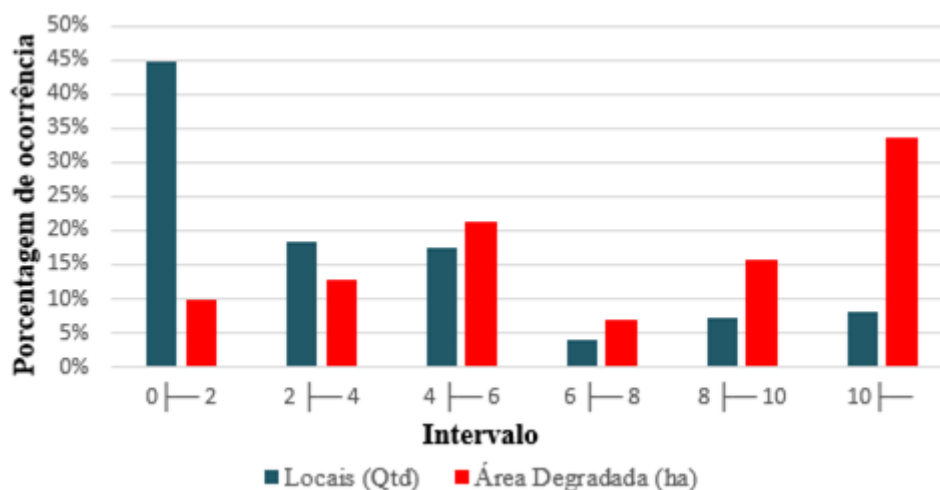


Figura 9 – Área Diretamente Afetada – Quantidade e Área (ha)



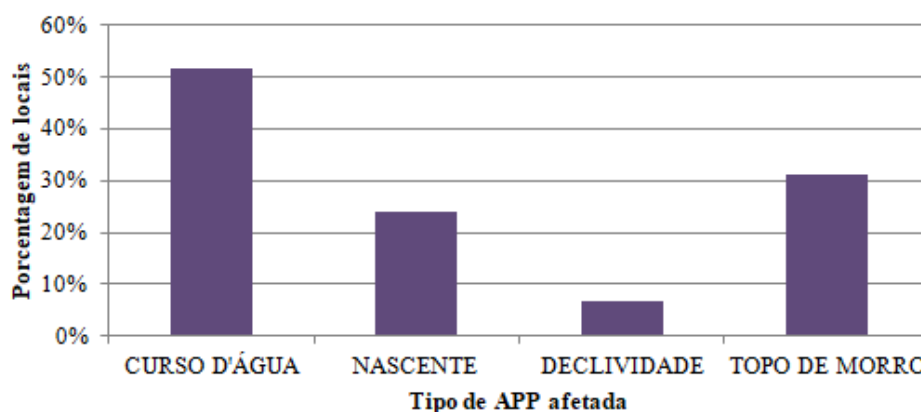
Da área degradada total, 15,97ha se encontram no interior de Unidades de Conservação (UC) de Uso Sustentável, representando 5% dos laudos analisados. Este tipo de UC tem por objetivo "compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais" (Art. 7º, § 2º, BRASIL, 2000).

A mineração, como atividade capaz de causar significativo impacto ambiental ao meio ambiente, se localizada em Unidade de Conservação ou em sua zona de amortecimento (ZA), está sujeita ao licenciamento por parte do órgão ambiental responsável pela administração da unidade. As perícias apontam que 5% das áreas, correspondentes a 7,13ha de degradação em superfície, se inserem em zona de amortecimento (ZA), faixa de 3 mil metros (definida na ausência de Plano de Manejo) a partir do limite da UC, com o propósito de reduzir os impactos negativos sobre a unidade de forma que as atividades permitidas são restritas e necessitam de aprovação pelo órgão competente (BRASIL, 2010). Ressalta-se que a faixa definida para a ZA era de 10km antes de 2010 (BRASIL, 1990), porém optou-se por

considerar apenas o limite de 3km, visto que as áreas de interferência foram autuadas em data posterior à vigência da Resolução que estabelece o novo limite para zonas de amortecimento.

Outro tipo de área importante para a conservação da biodiversidade é a Área de Preservação Permanente – APP, definida pela Lei nº 12.651/2012. Este tipo de área tem a função 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” (Art. 3º, II, BRASIL, 2012). A intervenção em APP ocorreu em 29% dos casos. A maior parcela de alterações ocorreu em APP situada às margens de cursos d’água (52%), conforme Figura 10.

Figura 10 – Tipos de APP afetadas pela extração mineral



Os impactos causados pela mineração mais comumente encontrados nos laudos analisados foram: supressão e/ou impedimento da regeneração da vegetação, alteração do relevo natural; remoção da camada fértil e compactação do solo; destruição de nichos faunísticos e perda de habitat; risco de poluição do solo e das águas por efluentes de veículos e máquinas (óleos, graxa e/ou combustível); erosão do solo; assoreamento dos cursos d’água; intervenção em Área de Preservação Permanente – APP (de cursos d’água, nascentes ou topos de morro) e Unidades de Conservação.

## 5.2 Valoração dos danos ambientais

A seleção do método de valoração mais adequado depende do objetivo da valoração, devendo variar em função do tipo, magnitude e localização do dano em questão (MOTTA, 1997). A dificuldade em encontrar um método aplicável à perícia criminal se deve ao fato de não ser possível a utilização de metodologias baseadas em entrevistas ou a utilização de mercados hipotéticos ou preços hedônicos, capazes de captar os valores de uso e de não uso na composição do valor econômico total do recurso ambiental. A obtenção de informações por meio de tais técnicas seria uma quebra de paradigma no trabalho de perícia criminal, que

tem por princípio examinar vestígios de fatos e não resultados de pesquisas (MAGLIANO, 2013).

Por outro lado, métodos que utilizam estimativa de valor para a recuperação de áreas degradadas são de difícil aplicação aos locais de extração de granito, devido à complexidade dos danos, principalmente relacionados a existência de um grande desnível no terreno proveniente da frente de lavra, além da pilha de rejeitos, que consiste em um agrupamento de material com diferentes características. Ainda que fosse possível a mensuração dos custos de reposição, estes podem diferir muito conforme a solução técnica adotada e seriam subestimados por não estimar os valores de não uso do bem mineral extraído.

Os laudos produzidos pelo GPEMA contêm a valoração do bem mineral por meio do seu valor mercadológico, ou seja, apresentam o cálculo do Valor de Uso Direto (VUD), que é realizado pela multiplicação do volume aproveitado de granito e seu referido preço de mercado. O VUD depende então de uma série de fatores: tipo de granito observado em campo; volume de granito extraído e taxa de aproveitamento adotada; além da tabela de preços utilizada pelo perito.

São adotados os preços propostos pela Secretaria da Fazenda do Estado do Espírito Santo, que publica periodicamente Ordens de Serviço contendo uma pauta de valores mínimos para a comercialização de bens minerais. A preferência pelos valores de granito estabelecidos pelo estado do Espírito Santo se deve ao fato de este ser o maior produtor de rochas ornamentais do país, além de o estado de Minas Gerais não apresentar o valor para tal bem em m<sup>3</sup>. O preço de mercado variou de R\$ 133,69 a R\$ 804,76 nos laudos, sendo que os valores R\$ 420,00; R\$ 186,50 e R\$ 483,00, foram os mais recorrentes, em ordem decrescente de utilização. De acordo com os laudos examinados, o montante de granito comercializado no período de jan/2010 a out/2018 foi de R\$ 211.101.325,67.

A taxa de aproveitamento, ou porcentagem de granito aproveitado, depende do estado do bem mineral extraído e nível de fraturamento, pois isso determina a atratividade ao mercado consumidor. O aproveitamento de lavra variou entre 30% a 60% nos laudos analisados. Esta relação determinou que o volume total de rejeitos descartados nas pilhas de estéril foi de 604.299,4 m<sup>3</sup> de granito, aproximadamente. O volume de granito rejeitado poderia ser britado e aproveitado na construção civil, o que amenizaria o dano causado.

O Modelo DEPRN foi aplicado como alternativa de mensuração dos danos aos serviços ambientais perdidos pela extração mineral nos locais, não considerados no VUD. O Modelo considera uma associação entre os impactos citados nos laudos e os agravos ao meio ambiente em seis diferentes aspectos ambientais (ar, água, solo/subsolo, fauna, flora e

paisagem) e a pontuação obtida se relaciona à magnitude de cada impacto (a pontuação em cada laudo é mostrada no Apêndice A). Para obtenção do valor total do dano ambiental, o somatório dos Fatores de Multiplicação foi multiplicado pelo Valor de Uso Direto (VUD) em cada um dos 97 laudos que continham tal informação. Dessa forma, a diferença entre o VUD e o valor do dano ambiental é proporcional ao  $\Sigma$  Fator de Multiplicação. Os valores obtidos anualmente pela metodologia aplicada são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Valor do dano ambiental anual - Método DEPRN

| <b>Ano</b>   | <b>Qnt. Laudos</b> | <b>Média do <math>\Sigma</math> Fator de Multiplicação</b> | <b>Soma dos VUD (R\$)</b> | <b>Valor do dano ambiental Método DEPRN (R\$)</b> |
|--------------|--------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------|
| 2010         | 19                 | 10,02                                                      | 38.073.549,79             | 397.697.446,12                                    |
| 2011         | 4                  | 10,00                                                      | 11.052.955,48             | 106.137.377,09                                    |
| 2012         | 21                 | 10,21                                                      | 25.467.752,05             | 258.538.470,18                                    |
| 2013         | 19                 | 11,45                                                      | 21.647.225,91             | 245.163.894,21                                    |
| 2014         | 9                  | 9,78                                                       | 33.072.735,85             | 357.022.517,34                                    |
| 2015         | 8                  | 10,80                                                      | 2.577.655,25              | 28.346.536,80                                     |
| 2016         | 10                 | 10,40                                                      | 25.007.951,94             | 249.956.918,93                                    |
| 2017         | 1                  | 9,60                                                       | 956.340,00                | 9.180.864,00                                      |
| 2018         | 6                  | 11,73                                                      | 53.245.159,40             | 733.645.131,14                                    |
| <b>Total</b> | <b>97</b>          | <b>10,52</b>                                               | <b>211.101.325,67</b>     | <b>2.385.689.155,80</b>                           |

A variação na quantidade de laudos, além das especificidades de cada mina de granito, dificulta uma análise anual dos valores encontrados. A Tabela 4 apresenta detalhadamente os valores para o ano de 2018, o qual obteve maior soma do VUD e, conseqüentemente, do valor do dano ambiental.

Tabela 4 – Valor do dano ambiental para o ano de 2018 – Método DEPRN

| <b>Nº Laudo</b> | <b><math>\Sigma</math> Fator de Multiplicação</b> | <b>Preço de mercado (R\$/m<sup>3</sup>)</b> | <b>VUD</b>           | <b>Método DEPRN</b>   |
|-----------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------|-----------------------|
| 92              | 9,6                                               | 362,25                                      | 2.282.175,00         | 21.908.880,00         |
| 93              | 9,6                                               | 362,25                                      | 1.376.550,00         | 13.214.880,00         |
| 94              | 11,2                                              | 804,76                                      | 2.655.708,00         | 29.743.929,60         |
| 95              | 14,4                                              | 483,00                                      | 42.540.089,76        | 612.577.292,54        |
| 96              | 12,8                                              | 483,00                                      | 4.132.576,98         | 52.896.985,34         |
| 97              | 12,8                                              | 483,00                                      | 258.059,66           | 3.303.163,65          |
| <b>Total</b>    |                                                   |                                             | <b>53.245.159,40</b> | <b>733.645.131,14</b> |

A metodologia revela que o valor total do dano ambiental ultrapassa os 2 bilhões de reais (valor exato: R\$ 2.174.587.830,12), o que representa um prejuízo cerca de 10x superior ao mensurado pela comercialização do mineral extraído. A grandeza deste valor se deve ao montante de agravos considerados. O Modelo DEPRN presume a obtenção de valores altos por considerar seis diferentes aspectos ambientais que sofrem impactos pela atividade de mineração, quais sejam ar, água, solo/subsolo, fauna, flora e paisagem.

O Somatório do Fator de Multiplicação é proporcional aos danos apresentados nos laudos examinados. No exemplo proposto por Galli (1996), o valor utilizado foi de 22,4, explicado pela maior seleção de agravos. O presente trabalho obteve fatores que variaram entre 9,6 e 14,4, refletindo valores conservadores, baseados em dados secundários presentes nos laudos. Se a associação entre impactos e agravos fosse realizada em campo, existe a possibilidade de que este fator fosse maior, devido a maior facilidade e certeza nas correlações.

O método não considera os Valores de Opção e de Existência. No entanto, obtém altos valores do dano ambiental, podendo-se considerar que não refletem bem o prejuízo causado ao meio ambiente e à sociedade, quanto à sua variação de bem-estar, uma vez que os elevados resultados provêm de uma multiplicação pelo valor mercadológico do minério extraído. Isso faz com que um mesmo dano ambiental possua diferentes valores dependendo do tipo e do preço do minério extraído. Pode-se dizer que esta é uma metodologia subjetiva e, assim, sujeita ao julgamento de quem a aplica, o que dificulta sua repetitividade.

#### 5.2.1 Valor dos Serviços Ambientais das Florestas

Como forma de complementação da análise dos danos ambientais, foram calculados os valores dos serviços ambientais promovidos pelas florestas e perdidos pela supressão e/ou impedimento da regeneração causados pela instalação do empreendimento mineral, de acordo com os valores propostos por Costanza, 1997; Oliveira, 1995 e Santos, 2000, *apud* Peixoto 2002 para o bioma Mata Atlântica. A metodologia foi aplicada para 39 laudos onde foi possível a identificação do início do dano ambiental por meio de imagens de satélite. A valoração dos serviços ambientais já havia sido realizada por esta mesma metodologia em 11 laudos, nos quais os valores de referência (Quadro 4, anterior) foram apenas corrigidos monetariamente para o ano em que o laudo foi produzido.

É importante ressaltar que o período total deveria abranger o lapso entre o dano e o término da execução do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas. Logo, os valores

encontrados considerando-se como tempo final a data da perícia estão subestimados, sendo que o dano se prolonga por muito tempo.

O cálculo dos serviços ambientais foi adicionado ao Valor de Uso Direto para obtenção do Valor Econômico do Recurso Ambiental (VERA). Os Valores de Opção (VO) e de Existência (VE) já foram considerados no Quadro 4. A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos para a soma anual do VERA, bem como os respectivos valores do Modelo DEPRN em cada laudo.

Tabela 5 – Valor dos serviços ambientais por Costanza, 1997; Oliveira, 1995 e Santos, 2000

| Ano          | Qnt. Laudos | VUD (R\$)             | VERA (R\$)            | MÉTODO DEPRN (R\$)      |
|--------------|-------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| 2011         | 2           | 3.881.685,20          | 4.141.951,98          | 37.343.751,36           |
| 2012         | 8           | 20.210.101,16         | 22.965.300,29         | 203.146.571,14          |
| 2013         | 14          | 12.188.344,91         | 14.427.848,45         | 123.599.465,41          |
| 2014         | 7           | 29.764.734,27         | 32.578.280,73         | 342.012.187,74          |
| 2015         | 5           | 2.390.020,25          | 4.214.154,90          | 26.536.168,80           |
| 2016         | 7           | 20.331.061,73         | 24.564.274,45         | 198.862.593,89          |
| 2017         | 1           | 956.340,00            | 1.582.181,88          | 9.180.864,00            |
| 2018         | 6           | 53.245.159,40         | 58.159.375,53         | 733.645.131,14          |
| <b>Total</b> | <b>50</b>   | <b>142.967.446,92</b> | <b>162.633.368,22</b> | <b>1.674.326.733,47</b> |

Os dados da tabela acima mostram que os serviços ambientais promovidos pelas florestas (VERA) e o Modelo DEPRN representam um aumento de 14% e 1071% no VUD, respectivamente. O resultado pelo Modelo DEPRN é 930% superior ao valor obtido pelo VERA devido aos danos aos outros aspectos ambientais considerados, além da flora (ar, água, solo/subsolo, fauna e paisagem). Dessa forma, o VERA está subestimado por não abranger os danos causados pela alteração no relevo, intervenção em áreas protegidas ou supressão de rios e nascentes, além do método considerar a área degradada para obtenção dos serviços ambientais. A área degradada não é suficiente para a mensuração do dano ambiental gerado por não ser proporcional ao aumento do volume de minério extraído e impactos causados, no caso específico da mina de granito, que acontece muitas vezes no plano vertical pelo aprofundamento da extração e com reduzida área superficial. O aprofundamento da mina pode afetar o lençol subterrâneo, aumento seu risco de contaminação, além de aumentar o risco de acidentes.

Nestes casos, apesar da restrita área em superfície, o volume extraído é alto, assim como a geração e despejo de rejeitos na pilha de estéril, que pode ocorrer em locais onde a

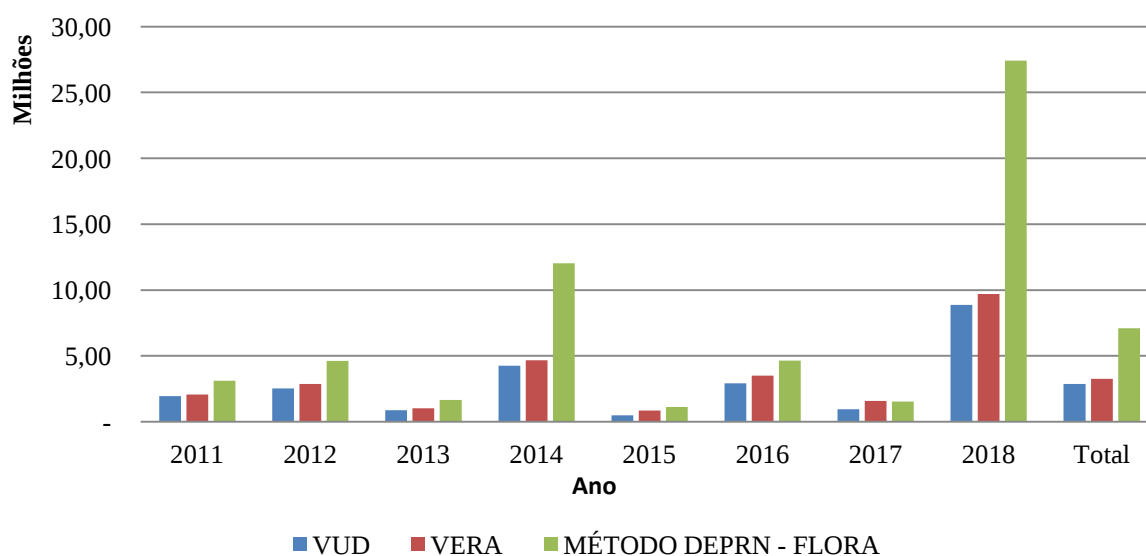
declividade elevada favorece o rolamento dos blocos e aumenta ainda o risco de acidentes de pessoas e animais.

Devido à diferença nos aspectos abrangidos em cada método, ponderou-se a comparação entre o valor referente apenas aos danos à flora, no Modelo DEPRN, que representa 21% do valor total do dano, e o VERA devido aos serviços ambientais promovidos pelas florestas. A Tabela 6 apresenta os valores dos danos ambientais quando considerado apenas o Fator de Multiplicação referente à flora, enquanto a Figura 11 ilustra a média anual dos valores obtidos.

Tabela 6 – Valor dos serviços ambientais referentes aos danos à flora – Modelo DEPRN

| Ano          | Qnt. Laudos | VUD (R\$)             | VERA (R\$)            | MÉTODO DEPRN – FLORA (R\$) |
|--------------|-------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|
| 2011         | 2           | 3.881.685,20          | 4.141.951,98          | 6.210.696,32               |
| 2012         | 8           | 20.210.101,16         | 22.965.300,29         | 36.900.961,86              |
| 2013         | 14          | 12.188.344,91         | 14.427.848,45         | 23.225.428,99              |
| 2014         | 7           | 29.764.734,27         | 32.578.280,73         | 84.285.729,89              |
| 2015         | 5           | 2.390.020,25          | 4.214.154,90          | 5.620.019,60               |
| 2016         | 7           | 20.331.061,73         | 24.564.274,45         | 32.529.698,77              |
| 2017         | 1           | 956.340,00            | 1.582.181,88          | 1.530.144,00               |
| 2018         | 6           | 53.245.159,40         | 58.159.375,53         | 164.530.550,08             |
| <b>Total</b> | <b>50</b>   | <b>142.967.446,92</b> | <b>162.633.368,22</b> | <b>354.833.229,50</b>      |

Figura 11 – Média anual dos valores dos danos ambientais



A Tabela 6 revela que a discrepância entre os valores do Modelo DEPRN e dos serviços ambientais providos pelas florestas foi menor (46%) neste módulo de cálculo, sendo que o montante obtido para os danos a flora representa um aumento de 148% no total do VUD. Mesmo com a redução da distância entre os valores obtidos pelos dois métodos, ainda não é possível dizer que são coincidentes, justamente pela divergência de critérios considerados.

### 5.2.2 Sequestro de Carbono

A adição do fator referente ao sequestro de carbono aos serviços ambientais foi realizada com o intuito de que os danos ambientais sejam melhor valorados, dado as limitações deste método já citadas anteriormente. O Valor Econômico do Recurso Ambiental com a adição do sequestro de carbono está representado na Tabela 7 como VERA Modificado (a comparação em cada laudo pode ser observada no Apêndice B).

Tabela 7 – Valor dos serviços ambientais com adição do sequestro de carbono

| <b>Ano</b>   | <b>Qnt.<br/>Laudos</b> | <b>VUD (R\$)</b>      | <b>Serviços<br/>Ambientais<br/>VUI+VO+VE<br/>(R\$)</b> | <b>Serviços<br/>Ambientais<br/>+CARBONO<br/>(R\$)</b> | <b>VERA<br/>MODIFICADO<br/>(R\$)</b> |
|--------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 2011         | 2                      | 3.881.685,20          | 260.266,78                                             | 261.615,49                                            | 4.143.300,69                         |
| 2012         | 8                      | 20.210.101,16         | 2.755.199,13                                           | 2.769.341,21                                          | 22.979.442,37                        |
| 2013         | 14                     | 12.188.344,91         | 2.239.503,54                                           | 2.251.093,45                                          | 14.439.438,36                        |
| 2014         | 7                      | 29.764.734,27         | 2.813.546,46                                           | 2.828.068,65                                          | 32.592.802,92                        |
| 2015         | 5                      | 2.390.020,25          | 1.824.134,65                                           | 1.833.487,98                                          | 4.223.508,23                         |
| 2016         | 7                      | 20.331.061,73         | 4.233.212,72                                           | 4.255.164,27                                          | 24.586.226,00                        |
| 2017         | 1                      | 956.340,00            | 625.841,88                                             | 629.081,01                                            | 1.585.421,01                         |
| 2018         | 6                      | 53.245.159,40         | 4.914.216,13                                           | 4.939.602,38                                          | 58.184.761,78                        |
| <b>Total</b> | <b>50</b>              | <b>142.967.446,92</b> | <b>19.665.921,30</b>                                   | <b>19.767.454,45</b>                                  | <b>162.734.901,37</b>                |

O VERA Modificado foi 0,062% ou R\$ 101.533,15 superior ao VERA anteriormente calculado. O incremento deste item representou um aumento de aproximadamente 0,51% sobre o valor total dos serviços ambientais (VUI+VO+VE).

A inclusão do sequestro de carbono aos valores referência de serviços ambientais para o bioma Mata Atlântica se mostrou uma alternativa interessante à medida que utiliza um fator

específico para a retirada de carbono pela vegetação presente no Brasil, diferentemente dos outros valores que são referências mundiais de serviços ambientais.

O valor do mercado de carbono aplicado (referente ao reflorestamento na América Latina) foi outra vantagem observada, uma vez que este varia com o tempo, com a metodologia para remoção de carbono utilizada, bem como depende do país de aplicação da atividade compensatória.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de métodos de valoração ambiental que avaliam os danos aos componentes ambientais, além do valor mercadológico auxiliam na internalização das externalidades geradas pela mineração, pois quantificam os serviços ambientais prejudicados ao longo da extração mineral.

O valor do dano ambiental obtido pelo Modelo DEPRN foi cerca de 10 vezes superior ao valor da comercialização do granito, ultrapassando os 2 bilhões de reais nos 97 laudos analisados. O método propõe a obtenção de altos valores do dano por considerar 6 aspectos ambientais. No entanto, pode não refletir bem o prejuízo causado ao meio ambiente e à sociedade por ser subjetivo e por se basear no Valor de Uso Direto, fazendo com que um mesmo dano ambiental possua diferentes valores dependendo do tipo e do preço do minério extraído.

A valoração pelos serviços ambientais provenientes das florestas resulta em valores mais conservadores em relação ao método anteriormente aplicado, por considerar apenas danos à flora, além de ser adicionado ao VUD, ao invés de multiplicado, como no Modelo DEPRN. A principal limitação da valoração pelos serviços ambientais das florestas se deve à não abrangência de danos ao solo, ar, água e etc. A área degradada em superfície não é suficiente para a mensuração do dano ambiental gerado por não ser proporcional ao aumento do volume de minério extraído e impactos causados, no caso específico da mina de granito, que acontece muitas vezes no plano vertical pelo aprofundamento da extração e com reduzida área superficial. Nestes casos, apesar da restrita área em superfície, o volume extraído é alto, assim como a geração e despejo de rejeitos na pilha de estéril, que pode ocorrer em locais onde a declividade elevada favorece o rolamento dos blocos e aumenta ainda o risco de acidentes de pessoas e animais.

A inclusão do sequestro de carbono aos valores referência de serviços ambientais para o bioma Mata Atlântica se mostrou uma alternativa interessante à medida que utiliza um fator específico para a retirada de carbono pela vegetação presente no Brasil, diferentemente dos outros valores que são referências mundiais de serviços ambientais.

A valoração de dano agrega valor e complementa a metodologia já utilizada pela perícia. Limitações são comuns aos métodos de valoração, de modo que isso não invalida os resultados obtidos. Dessa forma, internalizar os custos da degradação pode fundamentar uma exploração mais racional e maiores investimentos em fiscalização para que seja reduzido o número de minas sendo operadas ilegalmente, mas ainda é necessário o desenvolvimento de metodologias que capturem melhor o valor dos danos ambientais causados pela mineração.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, U.A., RUIZ, M.S., CARUSO, L.G. Perfil 7- Rochas dimensionadas e aparelhadas. Mercado produtor mineral do estado de São Paulo. São Paulo: I.P.T., 1990. p.137 – 151.

ALENCAR, C. R. A. Manual de caracterização, aplicação, uso e manutenção das principais rochas comerciais no Espírito Santo. **Instituto Euvaldo Lodi**. Cachoeiro de Itapemirim/ES: IEL, 2013.

ALMEIDA, J. R.. **Perícia ambiental judicial e securitária: impacto, dano e passivo ambiental**. Rio de Janeiro: Thex, 2006.

ALVES, A.N.; COSTA, P.C.G. O potencial, a diversidade e os desafios da mineração no estado. **Revista do legislativo**, Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, n. 41, p. 21-26, jan./dez. 2008.

AMORIM, N. A.; CONCEIÇÃO, T. L. A.; FERREIRA, P. D. A. Mineração de agregados e saúde pública: uma perspectiva socioambiental nas comunidades rurais Sagui 1 e 2. **Educação, Tecnologia e Cultura - E.T.C.**, [S.l.], n. 14, jun. 2016.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE MINERAÇÃO. Rochas ornamentais e de revestimentos. 2017.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/>. Acesso em 01 mai 2019.

BRASIL. Constituição (1988). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 5 out 1988. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm). Acesso em: 27 nov 2018.

BRASIL. Decreto Nº 9.406, de 12 de junho de 2018. Regulamenta o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, a Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978, a Lei nº 7.805, de 18 de julho de 1989, e a Lei nº 13.575, de 26 de dezembro de 2017. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 jun 2018. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/decreto/D9406.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/D9406.htm). Acesso em: 27 nov 2018.

BRASIL. Decreto-Lei Nº 227, de 28 de fevereiro de 1967. Dá nova redação ao Decreto-lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940. (Código de Minas). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 fev 1967. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Decreto-Lei/Del0227.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/Del0227.htm). Acesso em: 27 nov 2018.

BRASIL. Lei Federal nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

BRASIL, Lei Federal nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 01 set 1981. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm). Acesso em: 20 set 2018.

BRASIL. Lei Federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 fev 1998. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm). Acesso em: 20 set 2018.

BRASIL. Lei Federal nº 9.985, de 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 União**, Brasília, DF, 19 jul 2000. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm). Acesso em: 01 mai 2019.

BRASIL. Lei Nº 12.651, de 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 União**, Brasília, DF, 28 mai 2012. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em: 01 mai 2019.

BRASIL. Lei Nº 8.176, de 8 de fevereiro de 1991. Define crimes contra a ordem econômica e cria o Sistema de Estoques de Combustíveis. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 09 fev 1991. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1991/lei-8176-8-fevereiro-1991-363881-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 27 nov 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA Nº 01, de 23 jan 1986**.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA Nº 428, de 17 dez 2010**.

CHIODI FILHO, C.; RODRIGUES, E. P. Guia de aplicação de rochas em revestimentos. Projeto Bula - São Paulo: **ABIROCHAS**, 2009.

COSTANZA, R., et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**; v. 387, p. 253-260, 1997.

COMPANHIA MINERADORA DE MINAS GERAIS - COMIG. Panorama do setor de rochas ornamentais e de revestimento no estado e Minas Gerais, Brasil. Jan. 2016.

CORDIOLI, M. L. A. **Aplicação de diferentes métodos de valoração econômica do dano ambiental em um estudo de caso da perícia criminal do Estado de Santa Catarina.** Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Perícias Criminais Ambientais. Florianópolis, SC, 2013.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. Portaria Nº 144 de 03 de maio de 2007. Dispõe sobre a regulamentação do § 2º do art. 22 do Código de Mineração, que trata da extração de substâncias minerais antes da outorga de concessão de lavra. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 09 fev 1991. Disponível em: <http://www.dnmp.gov.br/acesso-a-informacao/legislacao/portarias-do-diretor-geral-do-dnmp/portarias-do-diretor-geral/portaria-no-144-em-03-05-2007-do-diretor-geral-do-dnmp>. Acesso em: 25 abr 2019.

FEREZ, A. P. C. **Efeito de práticas silviculturais sobre as taxas iniciais de sequestro de carbono em plantios de restauração da Mata Atlântica.** Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2010.

GALLI, F. Valoração de Danos Ambientais – Subsídio para Ação Civil, Série Divulgação e Informação, 193, Companhia Energética de São Paulo, CESP, São Paulo, 1996.

HAMRICK, K; GALLANT, M. Voluntary Carbon Markets Insights: 2018 Outlook and First-Quarter Trends. **Ecosystem Marketplace**. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. Panorama da Mineração em Minas Gerais / Instituto Brasileiro de Mineração, Sindicato Nacional da Indústria da Extração do Ferro de Metais – Brasília: IBRAM, 2016.

KLOTZ, A. O. **Valoração de danos a ecossistemas florestais naturais em perícias criminais ambientais no Estado da Bahia.** Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Perícias Criminais Ambientais. Florianópolis, SC, 2016.

LEMOS, R. Vale: **Nossa História**, 2012. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/pt/aboutvale/book-our-history/paginas/default.aspx>. Acessado em: 27 nov 2018.

MAGLIANO, M. M. De quanto é o rombo ambiental no Brasil? **Perícia Federal**, v. XIII, p. 8-13, 2012.

MAGLIANO, M. M. **Valoração econômica em laudos periciais de crimes contra o meio ambiente.** Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Perícias Criminais Ambientais. Florianópolis, SC, 2013.

MAIOR, G. R. S. **Panorama da mineração de rochas ornamentais no estado do Espírito Santo com ênfase na lavra por bancadas ultra-altas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Tecnologia e Geociências. Programa de Pós-Graduação Em Engenharia Mineral. Recife, PE, 2013.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: global assessment reports**. Washington, DC: Island Press, 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Manual de Normas e Procedimentos para Licenciamento Ambiental no Setor de Extração Mineral. Agosto de 2001.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Mapa de Vegetação Nativa na Área de Aplicação da Lei no. 11.428/2006 – Lei da Mata Atlântica (ano base 2009). Brasília, DF. 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Biomass: Mata Atlântica**. 2019. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/biomass/mata-atl%C3%A2ntica\\_emdesenvolvimento](http://www.mma.gov.br/biomass/mata-atl%C3%A2ntica_emdesenvolvimento). Acessado em: 01 mai 2019.

MOTTA, R. S. Manual para valoração econômica de recursos ambientais. Rio de Janeiro: IPEA/MMA/PNUD/CNPq, 1997. 254p.

OLIVEIRA, R.R., ZAÚ, A.S., LIMA, D.F. RODRIGUES, H.C. e AMORIM, H.B. Formulação de custos ambientais no Maciço da Tijuca (Rio de Janeiro, Brasil). **Oecologia Brasiliensis**: Estrutura, Funcionamento e Manejo dos Ecossistemas Brasileiros, v.1, p. 557-568, 1995.

PARRON, L.M.; GARCIA, J.R. Serviços ambientais: conceitos, classificação, indicadores e aspectos correlatos. In: PARRON, L.M. et al. Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica. Brasília, DF: EMBRAPA, 2015.

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

PROGRAMA PARA O DESENVOLVIMENTO EM REDE DO SETOR DE ROCHAS ORNAMENTAIS (REDEROCHAS). Plano de desenvolvimento do APL de rochas ornamentais de Cachoeiro de Itapemirim. Cachoeiro de Itapemirim, 2007.

ROSA, R. **Introdução ao Geoprocessamento**. Instituto de Geografia – Laboratório de Geoprocessamento. Universidade Federal de Uberlândia – UFU, 2013. 142 p.

SANTOS, J.E.; NOGUEIRA, F.; PIRES, J.S.R.; OBARA, A. T. & PIRES, A.M.Z.C.R. **Funções Ambientais e Valores dos Ecossistemas Naturais Estudo de Caso: Estação Ecológica de Jataí**, v.1., São Paulo, Rima Editora, 2000.

SILVA, O. P. A mineração em Minas Gerais: Passado, presente e futuro. **Geonomos**, v. 3, n.1, p. 77-86, 1995.

SIRVINSKAS, L. P. **Manual de direito ambiental**. 16. ed. São Paulo: Saraiva, 2018.

SIRVINSKAS, L. P. **Manual de direito ambiental**. 4. Ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

TOMMASELLI, A. M. G. **Fotogrametria Básica – Introdução**. Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC, 2009.

U.S. DEPARTMENT OF LABOR. Disponível em:  
[https://www.bls.gov/data/inflation\\_calculator.htm](https://www.bls.gov/data/inflation_calculator.htm). Acesso em 25 mai 2019.

# APÊNDICE A

Tabela 8 – Aplicação do Método DEPRN aos laudos analisados

| Nº Laudo | ATMOSFERA                      |   |                                         |   |                              |     | ÁGUA                                |   |                 |   |                        |     | SOLO/SUBSOLO                            |   |                             |   |                              |     | FAUNA                  |   |                 |   | FLORA                  |   |                                            |   |                        |   | PAISAGEM                     |   |                                        |   | Σ FM |                 |  |                        |  |                                                       |  |                                       |  |                 |  |
|----------|--------------------------------|---|-----------------------------------------|---|------------------------------|-----|-------------------------------------|---|-----------------|---|------------------------|-----|-----------------------------------------|---|-----------------------------|---|------------------------------|-----|------------------------|---|-----------------|---|------------------------|---|--------------------------------------------|---|------------------------|---|------------------------------|---|----------------------------------------|---|------|-----------------|--|------------------------|--|-------------------------------------------------------|--|---------------------------------------|--|-----------------|--|
|          | Proximidade de centros urbanos |   | Localização em relação à área protegida |   | Morte ou dano à fauna (x1,5) |     | Alteração da qualidade do ar (x1,5) |   | Índice Numérico |   | Fator de Multiplicação |     | Localização em relação à área protegida |   | Comprometimento do aquífero |   | Morte ou dano à fauna (x1,5) |     | Danos ao relevo (x1,5) |   | Índice Numérico |   | Fator de Multiplicação |   | Localização em relação às áreas protegidas |   | Favorecimento à erosão |   | Morte ou dano à fauna (x1,5) |   | Alteração nos nichos ecológicos (x1,5) |   |      | Índice Numérico |  | Fator de Multiplicação |  | Localização em relação à área ou município protegidos |  | Proximidade de centros urbanos (x1,5) |  | Índice Numérico |  |
| 1        | 0                              | 0 | 0                                       | 0 | 0                            | 1,6 | 0                                   | 0 | 0               | 0 | 0                      | 1,6 | 0                                       | 0 | 0                           | 0 | 3                            | 4,5 | 1,6                    | 0 | 0               | 0 | 1,6                    | 0 | 3                                          | 1 | 1                      | 6 | 1,6                          | 0 | 0                                      | 0 | 1,6  | 9,6             |  |                        |  |                                                       |  |                                       |  |                 |  |
| 2        | 0                              | 0 | 0                                       | 0 | 0                            | 1,6 | 0                                   | 0 | 0               | 0 | 0                      | 1,6 | 0                                       | 0 | 0                           | 0 | 3                            | 4,5 | 1,6                    | 0 | 0               | 0 | 1,6                    | 0 | 3                                          | 1 | 1                      | 6 | 1,6                          | 0 | 0                                      | 0 | 1,6  | 9,6             |  |                        |  |                                                       |  |                                       |  |                 |  |
| 3        | 0                              | 2 | 0                                       | 0 | 2                            | 1,6 | 3                                   | 0 | 0               | 0 | 3                      | 1,6 | 1                                       | 1 | 1                           | 0 | 3                            | 7,5 | 1,6                    | 3 | 0               | 3 | 1,6                    | 2 | 3                                          | 1 | 1                      | 8 | 3,2                          | 3 | 0                                      | 3 | 1,6  | 11              |  |                        |  |                                                       |  |                                       |  |                 |  |
| 4        | 0                              | 2 | 0                                       | 0 | 2                            | 1,6 | 3                                   | 0 | 0               | 0 | 3                      | 1,6 | 0                                       | 1 | 1                           | 0 | 3                            | 6,5 | 1,6                    | 3 | 0               | 3 | 1,6                    | 2 | 3                                          | 1 | 1                      | 8 | 3,2                          | 3 | 0                                      | 3 | 1,6  | 11              |  |                        |  |                                                       |  |                                       |  |                 |  |
| 5        | 0                              | 2 | 0                                       | 0 | 2                            | 1,6 | 3                                   | 0 | 0               | 0 | 3                      | 1,6 | 0                                       | 1 | 1                           | 0 | 3                            | 6,5 | 1,6                    | 3 | 0               | 3 | 1,6                    | 2 | 3                                          | 1 | 1                      | 8 | 3,2                          | 3 | 0                                      | 3 | 1,6  | 11              |  |                        |  |                                                       |  |                                       |  |                 |  |
| 6        | 0                              | 0 | 0                                       | 0 | 0                            | 1,6 | 0                                   | 0 | 0               | 0 | 0                      | 1,6 | 0                                       | 0 | 0                           | 0 | 3                            | 4,5 | 1,6                    | 0 | 0               | 0 | 1,6                    | 0 | 3                                          | 1 | 1                      | 6 | 1,6                          | 0 | 0                                      | 0 | 1,6  | 9,6             |  |                        |  |                                                       |  |                                       |  |                 |  |
| 7        | 0                              | 0 | 0                                       | 0 | 0                            | 1,6 | 0                                   | 0 | 0               | 0 | 0                      | 1,6 | 0                                       | 0 | 0                           | 0 | 3                            | 4,5 | 1,6                    | 0 | 0               | 0 | 1,6                    | 0 | 3                                          | 1 | 1                      | 6 | 1,6                          | 0 | 0                                      | 0 | 1,6  | 9,6             |  |                        |  |                                                       |  |                                       |  |                 |  |
| 8        | 0                              | 2 | 0                                       | 0 | 2                            | 1,6 | 3                                   | 0 | 0               | 0 | 3                      | 1,6 | 0                                       | 2 | 2                           | 0 | 2                            | 7   | 1,6                    | 3 | 0               | 3 | 1,6                    | 3 | 3                                          | 1 | 1                      | 9 | 3,2                          | 3 | 0                                      | 3 | 1,6  | 11              |  |                        |  |                                                       |  |                                       |  |                 |  |
| 9        | 0                              | 0 | 0                                       | 0 | 0                            | 1,6 | 0                                   | 0 | 0               | 0 | 0                      | 1,6 | 0                                       | 0 | 0                           | 0 | 3                            | 4,5 | 1,6                    | 0 | 0               | 0 | 1,6                    | 0 | 3                                          | 1 | 1                      | 6 | 1,6                          | 0 | 0                                      | 0 | 1,6  | 9,6             |  |                        |  |                                                       |  |                                       |  |                 |  |
| 10       | 0                              | 0 | 0                                       | 0 | 0                            | 1,6 | 0                                   | 0 | 0               | 0 | 0                      | 1,6 | 0                                       | 0 | 1                           | 0 | 3                            | 5,5 | 1,6                    | 0 | 0               | 0 | 1,6                    | 0 | 3                                          | 1 | 1                      | 6 | 1,6                          | 0 | 0                                      | 0 | 1,6  | 9,6             |  |                        |  |                                                       |  |                                       |  |                 |  |
| 11       | 0                              | 0 | 0                                       | 0 | 0                            | 1,6 | 0                                   | 0 | 0               | 0 | 0                      | 1,6 | 0                                       | 0 | 1                           | 0 | 3                            | 5,5 | 1,6                    | 0 | 0               | 0 | 1,6                    | 0 | 2                                          | 1 | 1                      | 5 | 1,6                          | 0 | 0                                      | 0 | 1,6  | 9,6             |  |                        |  |                                                       |  |                                       |  |                 |  |
| 12       | 0                              | 2 | 0                                       | 0 | 2                            | 1,6 | 3                                   | 0 | 0               | 0 | 3                      | 1,6 | 0                                       | 1 | 0                           | 0 | 3                            | 5,5 | 1,6                    | 3 | 0               | 3 | 1,6                    | 2 | 3                                          | 1 | 1                      | 8 | 3,2                          | 3 | 0                                      | 3 | 1,6  | 11              |  |                        |  |                                                       |  |                                       |  |                 |  |
| 13       | 0                              | 0 | 0                                       | 0 | 0                            | 1,6 | 0                                   | 0 | 0               | 0 | 0                      | 1,6 | 0                                       | 0 | 0                           | 0 | 3                            | 4,5 | 1,6                    | 0 | 0               | 0 | 1,6                    | 0 | 3                                          | 1 | 1                      | 6 | 1,6                          | 0 | 0                                      | 0 | 1,6  | 9,6             |  |                        |  |                                                       |  |                                       |  |                 |  |
| 14       | 0                              | 0 | 0                                       | 0 | 0                            | 1,6 | 0                                   | 0 | 0               | 0 | 0                      | 1,6 | 0                                       | 0 | 0                           | 0 | 3                            | 4,5 | 1,6                    | 0 | 0               | 0 | 1,6                    | 0 | 3                                          | 1 | 1                      | 6 | 1,6                          | 0 | 0                                      | 0 | 1,6  | 9,6             |  |                        |  |                                                       |  |                                       |  |                 |  |

|    |   |   |   |   |   |     |   |   |   |   |   |     |   |   |   |   |   |     |     |   |   |   |     |   |   |   |   |   |     |   |   |   |     |     |
|----|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|---|-----|-----|---|---|---|-----|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|-----|-----|
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 | 6,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 20 | 2 | 2 | 0 | 0 | 4 | 1,6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1,6 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 5,5 | 1,6 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 2 | 3 | 1 | 1 | 8 | 3,2 | 3 | 3 | 8 | 1,6 | 11  |
| 21 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 2 | 0 | 1 | 0 | 3 | 7,5 | 1,6 | 0 | 1 | 2 | 1,6 | 0 | 2 | 1 | 1 | 5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 1 | 2 | 1,6 | 9,6 |
| 24 | 0 | 2 | 1 | 1 | 5 | 1,6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1,6 | 2 | 2 | 1 | 0 | 3 | 9,5 | 3,2 | 3 | 1 | 5 | 1,6 | 3 | 3 | 1 | 1 | 9 | 3,2 | 3 | 1 | 5 | 1,6 | 13  |
| 25 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 1 | 2 | 1,6 | 9,6 |
| 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 28 | 0 | 2 | 0 | 1 | 4 | 1,6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1,6 | 2 | 2 | 2 | 0 | 3 | 11  | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 3 | 3 | 1 | 1 | 9 | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 13  |
| 29 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 2 | 0 | 1 | 0 | 3 | 7,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 1,6 | 0 | 1 | 2 | 1,6 | 9,6 |
| 32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 2 | 1 | 1 | 5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 34 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 6,5 | 1,6 | 0 | 1 | 2 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 1 | 2 | 1,6 | 9,6 |
| 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3   | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 37 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 2 | 0 | 1 | 0 | 3 | 7,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 38 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 2 | 3 | 1,6 | 9,6 |
| 39 | 0 | 2 | 1 | 1 | 5 | 1,6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1,6 | 2 | 1 | 2 | 0 | 3 | 9,5 | 3,2 | 3 | 1 | 5 | 1,6 | 2 | 3 | 1 | 1 | 8 | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 13  |
| 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 41 | 1 | 0 | 1 | 1 | 4 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 6,5 | 1,6 | 0 | 1 | 2 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 2 | 3 | 1,6 | 9,6 |
| 42 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 6,5 | 1,6 | 0 | 1 | 2 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 43 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1,6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1,6 | 0 | 2 | 2 | 0 | 3 | 8,5 | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 3 | 3 | 1 | 1 | 9 | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 13  |
| 44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |

|    |   |   |   |   |   |     |   |   |   |   |   |     |   |   |   |   |   |     |     |   |   |   |     |   |   |   |   |   |     |   |   |   |     |     |
|----|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|---|-----|-----|---|---|---|-----|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|-----|-----|
| 45 | 0 | 2 | 1 | 1 | 5 | 1,6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1,6 | 2 | 2 | 1 | 0 | 3 | 9,5 | 3,2 | 3 | 1 | 5 | 1,6 | 3 | 3 | 1 | 1 | 9 | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 13  |
| 46 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 6,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 47 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1,6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1,6 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 6,5 | 1,6 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 3 | 3 | 1 | 1 | 9 | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 11  |
| 48 | 0 | 2 | 1 | 1 | 5 | 1,6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1,6 | 2 | 1 | 2 | 0 | 3 | 9,5 | 3,2 | 3 | 1 | 5 | 1,6 | 2 | 2 | 1 | 1 | 7 | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 13  |
| 49 | 0 | 2 | 1 | 1 | 5 | 1,6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1,6 | 2 | 1 | 2 | 0 | 3 | 9,5 | 3,2 | 3 | 1 | 5 | 1,6 | 2 | 2 | 1 | 1 | 7 | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 13  |
| 50 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 5,5 | 1,6 | 0 | 1 | 2 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 51 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 52 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 | 6,5 | 1,6 | 0 | 1 | 2 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 53 | 0 | 2 | 0 | 1 | 4 | 1,6 | 3 | 2 | 1 | 1 | 8 | 3,2 | 2 | 2 | 3 | 0 | 3 | 12  | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 3 | 3 | 1 | 1 | 9 | 3,2 | 3 | 1 | 5 | 1,6 | 14  |
| 54 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1,6 | 3 | 2 | 1 | 1 | 8 | 3,2 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 | 9,5 | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 3 | 2 | 1 | 1 | 8 | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 14  |
| 55 | 2 | 2 | 1 | 1 | 7 | 1,6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1,6 | 2 | 1 | 2 | 0 | 3 | 9,5 | 3,2 | 3 | 1 | 5 | 1,6 | 2 | 3 | 1 | 1 | 8 | 3,2 | 3 | 3 | 8 | 1,6 | 13  |
| 56 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 2 | 0 | 1 | 0 | 3 | 7,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 57 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1,6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1,6 | 0 | 2 | 1 | 0 | 3 | 7,5 | 1,6 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 3 | 3 | 1 | 1 | 9 | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 11  |
| 58 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 2 | 0 | 1 | 0 | 3 | 7,5 | 1,6 | 0 | 1 | 2 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 5,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 60 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 5,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 2 | 1 | 1 | 5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 61 | 0 | 2 | 1 | 1 | 5 | 1,6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1,6 | 2 | 1 | 2 | 0 | 3 | 9,5 | 3,2 | 3 | 1 | 5 | 1,6 | 2 | 3 | 1 | 1 | 8 | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 13  |
| 62 | 0 | 2 | 1 | 1 | 5 | 1,6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1,6 | 2 | 1 | 2 | 0 | 3 | 9,5 | 3,2 | 3 | 1 | 5 | 1,6 | 2 | 3 | 1 | 1 | 8 | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 13  |
| 63 | 0 | 2 | 0 | 1 | 4 | 1,6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1,6 | 2 | 2 | 1 | 0 | 3 | 9,5 | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 3 | 3 | 1 | 1 | 9 | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 13  |
| 64 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 65 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 2 | 0 | 1 | 0 | 3 | 7,5 | 1,6 | 0 | 1 | 2 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 66 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 2 | 0 | 1 | 0 | 3 | 7,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 67 | 0 | 2 | 1 | 1 | 5 | 1,6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1,6 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 | 7,5 | 1,6 | 3 | 1 | 5 | 1,6 | 3 | 3 | 1 | 1 | 9 | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 11  |
| 68 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 5,5 | 1,6 | 0 | 1 | 2 | 1,6 | 0 | 3 | 0 | 1 | 5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 69 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 70 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 2 | 0 | 1 | 0 | 3 | 7,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 71 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 2 | 0 | 1 | 0 | 3 | 7,5 | 1,6 | 0 | 1 | 2 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 72 | 1 | 0 | 1 | 1 | 4 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 2 | 0 | 1 | 0 | 3 | 7,5 | 1,6 | 0 | 1 | 2 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 2 | 3 | 1,6 | 9,6 |
| 73 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 2 | 0 | 1 | 0 | 3 | 7,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 74 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |

|    |   |   |   |   |   |     |   |   |   |   |   |     |   |   |   |   |   |     |     |   |   |   |     |   |   |   |   |   |     |   |   |   |     |     |
|----|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|---|-----|-----|---|---|---|-----|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|-----|-----|
| 75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 76 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 2 | 0 | 1 | 0 | 3 | 7,5 | 1,6 | 0 | 1 | 2 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 77 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1,6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1,6 | 2 | 2 | 2 | 0 | 3 | 11  | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 3 | 3 | 1 | 1 | 9 | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 13  |
| 78 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 2 | 0 | 1 | 0 | 3 | 7,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 79 | 0 | 2 | 0 | 1 | 4 | 1,6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1,6 | 2 | 1 | 2 | 0 | 3 | 9,5 | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 2 | 3 | 1 | 1 | 8 | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 13  |
| 80 | 0 | 2 | 0 | 1 | 4 | 1,6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1,6 | 2 | 1 | 2 | 0 | 3 | 9,5 | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 2 | 3 | 1 | 1 | 8 | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 13  |
| 81 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 82 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | 8   | 3,2 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 11  |
| 83 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 5,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 84 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 5,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 85 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 5,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 86 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1,6 | 3 | 2 | 1 | 1 | 8 | 3,2 | 2 | 1 | 2 | 0 | 3 | 9,5 | 3,2 | 2 | 0 | 2 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 13  |
| 87 | 0 | 2 | 0 | 1 | 4 | 1,6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1,6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 3 | 8,5 | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 3 | 2 | 1 | 1 | 8 | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 13  |
| 88 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 6,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 89 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 2 | 0 | 1 | 0 | 3 | 7,5 | 1,6 | 0 | 1 | 2 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 90 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 6,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 91 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 6,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 2 | 1 | 1 | 5 | 1,6 | 0 | 1 | 2 | 1,6 | 9,6 |
| 92 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 2 | 0 | 1 | 0 | 3 | 7,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 93 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 2 | 0 | 1 | 0 | 3 | 7,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 1,6 | 9,6 |
| 94 | 0 | 2 | 1 | 1 | 5 | 1,6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1,6 | 0 | 2 | 1 | 0 | 3 | 7,5 | 1,6 | 3 | 1 | 5 | 1,6 | 3 | 3 | 1 | 1 | 9 | 3,2 | 3 | 1 | 5 | 1,6 | 11  |
| 95 | 0 | 2 | 0 | 1 | 4 | 1,6 | 3 | 2 | 1 | 1 | 8 | 3,2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 3 | 11  | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 3 | 3 | 1 | 1 | 9 | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 14  |
| 96 | 0 | 2 | 0 | 1 | 4 | 1,6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1,6 | 2 | 1 | 2 | 0 | 3 | 9,5 | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 2 | 3 | 1 | 1 | 8 | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 13  |
| 97 | 0 | 2 | 0 | 1 | 4 | 1,6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1,6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 3 | 8,5 | 3,2 | 3 | 0 | 3 | 1,6 | 3 | 3 | 1 | 1 | 9 | 3,2 | 3 | 1 | 5 | 1,6 | 13  |

## APÊNDICE B

Tabela 9 – Valor total do dano ambiental obtido para cada um dos métodos utilizados

| Nº | ANO  | VUD (R\$)     | Serviços Ambientais VUI+VO+VE (R\$) | VERA (R\$)    | Serviços Ambientais +CARBONO (R\$) | VERA MODIFICADO (R\$) | MÉTODO DEPRN   |
|----|------|---------------|-------------------------------------|---------------|------------------------------------|-----------------------|----------------|
| 1  | 2010 | 213.169,50    | -                                   | -             | -                                  | -                     | 2.046.427,20   |
| 2  | 2010 | 243.990,00    | -                                   | -             | -                                  | -                     | 2.342.304,00   |
| 3  | 2010 | 2.172.188,81  | -                                   | -             | -                                  | -                     | 24.328.514,67  |
| 4  | 2010 | 509.253,00    | -                                   | -             | -                                  | -                     | 5.703.633,60   |
| 5  | 2010 | 705.063,25    | -                                   | -             | -                                  | -                     | 7.896.708,40   |
| 6  | 2010 | 181.278,00    | -                                   | -             | -                                  | -                     | 1.740.268,80   |
| 7  | 2010 | 326.375,00    | -                                   | -             | -                                  | -                     | 3.133.200,00   |
| 8  | 2010 | 60.000,00     | -                                   | -             | -                                  | -                     | 672.000,00     |
| 9  | 2010 | 8.281.000,00  | -                                   | -             | -                                  | -                     | 79.497.600,00  |
| 10 | 2010 | 462.370,80    | -                                   | -             | -                                  | -                     | 4.438.759,68   |
| 11 | 2010 | 1.335.526,00  | -                                   | -             | -                                  | -                     | 12.821.049,60  |
| 12 | 2010 | 16.673.100,00 | -                                   | -             | -                                  | -                     | 186.738.720,00 |
| 13 | 2010 | 59.120,00     | -                                   | -             | -                                  | -                     | 567.552,00     |
| 14 | 2010 | 557.262,00    | -                                   | -             | -                                  | -                     | 5.349.715,20   |
| 15 | 2010 | 2.215.000,00  | -                                   | -             | -                                  | -                     | 21.264.000,00  |
| 16 | 2010 | 5.228.434,00  | -                                   | -             | -                                  | -                     | 50.192,97      |
| 17 | 2010 | 1.725.777,00  | -                                   | -             | -                                  | -                     | 16.567.459,20  |
| 18 | 2010 | 1.473.909,00  | -                                   | -             | -                                  | -                     | 14.149.526,40  |
| 19 | 2010 | 873.939,00    | -                                   | -             | -                                  | -                     | 8.389.814,40   |
| 20 | 2011 | 18.127,80     | -                                   | -             | -                                  | -                     | 203.031,36     |
| 21 | 2011 | 805.583,20    | 11.927,19                           | 817.510,39    | 11.988,99                          | 817.572,19            | 7.813.172,16   |
| 22 | 2011 | 3.076.102,00  | 248.339,60                          | 3.324.441,60  | 249.626,50                         | 3.325.728,50          | 29.530.579,20  |
| 23 | 2011 | 7.144.853,58  | -                                   | -             | -                                  | -                     | 68.590.594,37  |
| 24 | 2012 | 25.015,78     | -                                   | -             | -                                  | -                     | 320.201,98     |
| 25 | 2012 | 434.322,00    | -                                   | -             | -                                  | -                     | 4.169.491,20   |
| 26 | 2012 | 229.320,00    | -                                   | -             | -                                  | -                     | 2.201.472,00   |
| 27 | 2012 | 78.540,00     | -                                   | -             | -                                  | -                     | 753.984,00     |
| 28 | 2012 | 1.512.000,00  | -                                   | -             | -                                  | -                     | 19.353.600,00  |
| 29 | 2012 | 387.576,00    | -                                   | -             | -                                  | -                     | 3.720.729,60   |
| 30 | 2012 | 151.200,00    | -                                   | -             | -                                  | -                     | 1.451.520,00   |
| 31 | 2012 | 458.199,00    | -                                   | -             | -                                  | -                     | 4.398.710,40   |
| 32 | 2012 | 736.260,00    | 49.342,41                           | 785.602,41    | 49.595,68                          | 785.855,68            | 7.068.096,00   |
| 33 | 2012 | 20.441,16     | 766.515,31                          | 786.956,47    | 770.449,73                         | 790.890,89            | 196.235,14     |
| 34 | 2012 | 731.431,36    | -                                   | -             | -                                  | -                     | 7.021.741,06   |
| 35 | 2012 | 13.020.000,00 | 506.373,38                          | 13.526.373,38 | 508.972,53                         | 13.528.972,53         | 124.992.000,00 |
| 36 | 2012 | 206.640,00    | -                                   | -             | -                                  | -                     | 1.983.744,00   |
| 37 | 2012 | 2.047,10      | -                                   | -             | -                                  | -                     | 19.652,16      |
| 38 | 2012 | 2.900.000,00  | 23.051,27                           | 2.923.051,27  | 23.169,59                          | 2.923.169,59          | 27.840.000,00  |
| 39 | 2012 | 185.000,00    | 126.615,91                          | 311.615,91    | 127.265,81                         | 312.265,81            | 2.368.000,00   |

|    |      |               |              |               |              |               |                |
|----|------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|----------------|
| 40 | 2012 | 630.000,00    | 262.143,88   | 892.143,88    | 263.489,43   | 893.489,43    | 6.048.000,00   |
| 41 | 2012 | 850.936,85    | -            | -             | -            | -             | 8.168.993,76   |
| 42 | 2012 | 190.422,80    | -            | -             | -            | -             | 1.828.058,88   |
| 43 | 2012 | 2.668.000,00  | 898.734,66   | 3.566.734,66  | 903.347,74   | 3.571.347,74  | 34.150.400,00  |
| 44 | 2012 | 50.400,00     | 122.422,32   | 172.822,32    | 123.050,70   | 173.450,70    | 483.840,00     |
| 45 | 2013 | 345.898,17    | 119.666,28   | 465.564,45    | 120.285,58   | 466.183,75    | 4.427.496,58   |
| 46 | 2013 | 315.000,00    | 379.571,61   | 694.571,61    | 381.535,98   | 696.535,98    | 3.024.000,00   |
| 47 | 2013 | 535.500,00    | 151.828,65   | 687.328,65    | 152.614,39   | 688.114,39    | 5.997.600,00   |
| 48 | 2013 | 574.216,10    | 52.821,44    | 627.037,54    | 53.094,80    | 627.310,90    | 7.349.966,08   |
| 49 | 2013 | 258.904,94    | 94.118,20    | 353.023,14    | 94.605,28    | 353.510,22    | 3.313.983,23   |
| 50 | 2013 | 236.628,00    | 26.113,00    | 262.741,00    | 26.248,14    | 262.876,14    | 2.271.628,80   |
| 51 | 2013 | 5.500.000,00  | 93.823,20    | 5.593.823,20  | 94.308,76    | 5.594.308,76  | 52.800.000,00  |
| 52 | 2013 | 1.008.000,00  | 268.096,75   | 1.276.096,75  | 269.484,21   | 1.277.484,21  | 9.676.800,00   |
| 53 | 2013 | 3.108.000,00  | -            | -             | -            | -             | 44.755.200,00  |
| 54 | 2013 | 164.808,00    | -            | -             | -            | -             | 2.373.235,20   |
| 55 | 2013 | 11.166,00     | 52.101,49    | 63.267,49     | 52.371,13    | 63.537,13     | 142.924,80     |
| 56 | 2013 | 952.000,00    | 273.768,34   | 1.225.768,34  | 275.185,15   | 1.227.185,15  | 9.139.200,00   |
| 57 | 2013 | 246.000,00    | -            | -             | -            | -             | 2.755.200,00   |
| 58 | 2013 | 123.220,70    | 275.314,24   | 398.534,94    | 276.739,05   | 399.959,75    | 1.182.918,72   |
| 59 | 2013 | 1.725.948,00  | 44.661,10    | 1.770.609,10  | 44.892,23    | 1.770.840,23  | 16.569.100,80  |
| 60 | 2013 | 1.360.044,00  | -            | -             | -            | -             | 13.056.422,40  |
| 61 | 2013 | 495.338,30    | 395.529,73   | 890.868,03    | 397.576,68   | 892.914,98    | 6.340.330,24   |
| 62 | 2013 | 106.524,70    | 12.089,50    | 118.614,20    | 12.152,07    | 118.676,77    | 1.363.516,16   |
| 63 | 2013 | 4.580.029,00  | -            | -             | -            | -             | 58.624.371,20  |
| 64 | 2014 | 142.362,36    | 10.385,54    | 152.747,90    | 10.439,14    | 152.801,50    | 1.366.678,66   |
| 65 | 2014 | 1.184.031,00  | 178.382,84   | 1.362.413,84  | 179.303,56   | 1.363.334,56  | 10.940.594,40  |
| 66 | 2014 | 4.532.094,00  | 47.156,00    | 4.579.250,00  | 47.399,40    | 4.579.493,40  | 43.508.102,40  |
| 67 | 2014 | 22.913.846,91 | 2.483.102,53 | 25.396.949,44 | 2.495.919,13 | 25.409.766,04 | 276.669.772,29 |
| 68 | 2014 | 1.260.000,00  | -            | -             | -            | -             | 12.096.000,00  |
| 69 | 2014 | 690.000,00    | 66.006,87    | 756.006,87    | 66.347,56    | 756.347,56    | 6.624.000,00   |
| 70 | 2014 | 303.576,00    | -            | -             | -            | -             | 2.914.329,60   |
| 71 | 2014 | 235.200,00    | 20.783,42    | 255.983,42    | 20.890,70    | 256.090,70    | 2.257.920,00   |
| 72 | 2014 | 67.200,00     | 7.729,27     | 74.929,27     | 7.769,16     | 74.969,16     | 645.120,00     |
| 73 | 2015 | 134.400,00    | -            | -             | -            | -             | 1.290.240,00   |
| 74 | 2015 | 311.897,00    | 1.368.392,39 | 1.680.289,39  | 1.375.408,88 | 1.687.305,88  | 2.994.211,20   |
| 75 | 2015 | 362.250,00    | 44.158,25    | 406.408,25    | 44.384,68    | 406.634,68    | 3.477.600,00   |
| 76 | 2015 | 50.400,00     | -            | -             | -            | -             | 483.840,00     |
| 77 | 2015 | 2.835,00      | -            | -             | -            | -             | 36.288,00      |
| 78 | 2015 | 593.381,25    | 70.211,84    | 663.593,09    | 70.571,86    | 663.953,11    | 5.696.460,00   |
| 79 | 2015 | 591.192,00    | 319.336,92   | 910.528,92    | 320.974,34   | 912.166,34    | 7.567.257,60   |
| 80 | 2015 | 531.300,00    | 22.035,24    | 553.335,24    | 22.148,23    | 553.448,23    | 6.800.640,00   |
| 81 | 2016 | 4.202.100,00  | 1.602.410,93 | 5.804.510,93  | 1.610.720,32 | 5.812.820,32  | 40.340.160,00  |
| 82 | 2016 | 167.229,09    | -            | -             | -            | -             | 1.872.965,81   |
| 83 | 2016 | 3.622.500,00  | 152.371,57   | 3.774.871,57  | 153.161,70   | 3.775.661,70  | 34.776.000,00  |
| 84 | 2016 | 2.656.969,72  | -            | -             | -            | -             | 25.506.909,31  |

|              |      |                      |                      |                      |                      |                       |                         |
|--------------|------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|
| 85           | 2016 | 5.955.390,00         | 566.817,14           | 6.522.207,14         | 569.756,40           | 6.525.146,40          | 57.171.744,00           |
| 86           | 2016 | 1.151.375,40         | 531.788,20           | 1.683.163,60         | 534.545,82           | 1.685.921,22          | 14.737.605,12           |
| 87           | 2016 | 1.852.691,40         | -                    | -                    | -                    | -                     | 23.714.449,92           |
| 88           | 2016 | 2.906.257,13         | 1.069.556,00         | 3.975.813,13         | 1.075.102,24         | 3.981.359,37          | 27.900.068,45           |
| 89           | 2016 | 28.980,00            | 82.112,71            | 111.092,71           | 82.538,51            | 111.518,51            | 278.208,00              |
| 90           | 2016 | 2.464.459,20         | 228.156,17           | 2.692.615,37         | 229.339,28           | 2.693.798,48          | 23.658.808,32           |
| 91           | 2017 | 956.340,00           | 625.841,88           | 1.582.181,88         | 629.081,01           | 1.585.421,01          | 9.180.864,00            |
| 92           | 2018 | 2.282.175,00         | 338.607,12           | 2.620.782,12         | 340.356,32           | 2.622.531,32          | 21.908.880,00           |
| 93           | 2018 | 1.376.550,00         | 79.125,01            | 1.455.675,01         | 79.533,76            | 1.456.083,76          | 13.214.880,00           |
| 94           | 2018 | 2.655.708,00         | 240.273,43           | 2.895.981,43         | 241.514,65           | 2.897.222,65          | 29.743.929,60           |
| 95           | 2018 | 42.540.089,76        | 2.658.025,98         | 45.198.115,74        | 2.671.757,02         | 45.211.846,78         | 612.577.292,54          |
| 96           | 2018 | 4.132.576,98         | 1.487.353,46         | 5.619.930,44         | 1.495.036,95         | 5.627.613,93          | 52.896.985,34           |
| 97           | 2018 | 258.059,66           | 110.831,13           | 368.890,79           | 111.403,67           | 369.463,33            | 3.303.163,65            |
| <b>Total</b> |      | <b>214.571.816,7</b> | <b>19.665.921,30</b> | <b>62.633.368,22</b> | <b>19.767.454,45</b> | <b>162.734.901,37</b> | <b>2.385.689.155,80</b> |