



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PERÍCIAS CRIMINAIS AMBIENTAIS

Patrícia Cardoso Monteiro

VESEAPP - Valoração econômica dos serviços ecossistêmicos em Área de Preservação Permanente de curso d'água: subsídio para avaliação de danos, impactos e compensações ambientais.

Florianópolis

2021

Patrícia Cardoso Monteiro

**VESEAPP - Valoração econômica dos serviços ecossistêmicos em Área de Preservação
Permanente de curso d'água: subsídio para avaliação de danos, impactos e compensações
ambientais.**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação
em Perícias Criminais Ambientais da Universidade
Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de
Mestre em Perícias Criminais Ambientais
Orientadora: Profa. Dra. Cátia Regina Silva de Carvalho
Pinto.

Florianópolis

2021

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

Cardoso Monteiro, Patrícia
VESEAPP - Valoração econômica dos serviços ecossistêmicos
em Área de Preservação Permanente de curso d'água : subsídio
para avaliação de danos, impactos e compensações ambientais
/ Patrícia Cardoso Monteiro ; orientador, Cátia Regina
Silva de Carvalho Pinto, 2021.
105 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade
Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas,
Programa de Pós-Graduação em Perícias Criminais Ambientais,
Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Perícias Criminais Ambientais. 2. valoração econômica.
3. serviços ecossistêmicos. 4. perícia ambiental. 5. área de
preservação permanente. I. Silva de Carvalho Pinto, Cátia
Regina. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Programa de Pós-Graduação em Perícias Criminais Ambientais.
III. Título.

Patrícia Cardoso Monteiro

VESEAPP - Valoração econômica dos serviços ecossistêmicos em Área de Preservação Permanente de curso d'água: subsídio para avaliação de danos, impactos e compensações ambientais.

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Dr. Alexandre Siminski

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Dra. Mariana Coutinho Hennemann

Fundação Municipal do Meio Ambiente de Florianópolis (FLORAM)

Dr. Kleber Isaac Silva de Souza

Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Perícias Criminais Ambientais.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Profa. Dra. Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto
Orientadora

Florianópolis, 2021.

Este trabalho é dedicado aos meus colegas, amigos, professores,
familiares e mestres.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Profa. Dra. Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto pelo aceite de orientação deste trabalho;

Ao grande amigo, professor, Matemático, Mestre e quase Doutor em Ecologia, Eric Zettermann Dias de Azevedo, por me auxiliar sem reservas no desenvolvimento das fórmulas, pelas reuniões e correções do trabalho;

Aos meus queridos pais Kátia Regina Cardoso Monteiro e Ércules Romero Monteiro, e irmãos Taísa Cardoso Monteiro, Augusto Romero Monteiro e Leonardo Romero Monteiro, que também sempre me incentivaram a dar andamento ao mestrado e me auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho, cada um a sua forma e em sua área de atuação;

À Ambiens Consultoria, por me possibilitar flexibilização de horário de trabalho para assistir às aulas do mestrado e por sempre me incentivar à pesquisa e ao estudo.

A todos os professores do Mestrado e à Universidade Federal de Santa Catarina, pela oportunidade de realizar esta formação, bem como aos meus amigos e aos meus colegas de classe, pela troca de conhecimento e pelo incentivo constante durante todo esse processo de formação.

RESUMO

Diante da crescente demanda de valoração dos danos ambientais, no âmbito das perícias ambientais, e da escassa abordagem com um viés econômico mais específico, considerando o valor dos serviços ecossistêmicos afetados – o que, muitas vezes, subestima a valoração das perdas e dos danos - este trabalho desenvolveu cinco fórmulas para a valoração de cinco serviços ecossistêmicos prestados pela faixa marginal de curso d'água preservada: preservação dos recursos hídricos, preservação da paisagem, preservação da estabilidade geológica, facilitação do fluxo gênico de fauna e flora e proteção do solo. Tomou-se como premissa que a reprodução artificial desses serviços corresponde aos seus valores econômicos – já que, diante da sua ausência, haveria a necessidade de investimentos para sua reprodução, a fim de retomar, de alguma forma, os benefícios antes advindos naturalmente e gratuitamente para a população. Assim, para cada serviço foi desenvolvida uma fórmula, tomando como base orçamentos para a reprodução desses serviços, e mantendo variáveis facilmente obtidas em estudos de caso, não necessitando que o avaliador despenda tempo realizando orçamentos. Esse método também pode ser utilizado em âmbitos distintos às perícias ambientais que se façam necessários para compensar, indenizar, gratificar, alguma questão ambiental. Para estimar o valor econômico dos serviços ecossistêmicos de uma área de preservação permanente, foi aplicado o método VESEAPP, desenvolvido neste trabalho, em dois estudos de caso hipotéticos e comparado com outros cinco métodos já existentes: método Fator de Correção do Custo de Reposição, método VERD, método CATE, método DEPRN e método Almeida. Como resultado, obteve-se uma valoração econômica do dano ambiental superior pelo método VESEAPP comparado aos demais, pelo fato de considerar diretamente o valor monetário que seria investido para reproduzir cinco dos principais valores ecossistêmicos da Área de Preservação Permanente (APP) de curso d'água perdidos, enquanto que os demais métodos se fundamentam em fatores indiretos de correção, índices, ou outros métodos indiretos, aplicados sobre o custo de reposição. Dessa forma, é possível concluir que o método VESEAPP é um subsídio pertinente para a valoração econômica de danos, de impactos e de compensações ambientais em APP, uma vez que considera o valor que tais serviços representam em termos de investimentos financeiros para a sociedade, caso não fossem prestados gratuitamente pelos ecossistemas.

Palavras-chave: valoração econômica; serviços ecossistêmicos; dano ambiental; perícia ambiental; área de preservação permanente.

ABSTRACT

Given the growing demand of environmental valuation damage, in the context of environmental forensics, and the lack of an approach with a more specific economic bias that considers the value of affected ecosystem services - which often underestimates the valuation of losses and damage - this work developed five formulas for the valuation of five ecosystem services provided by the protected watercourse marginal strip: water resources preservation, landscape preservation, geological stability preservation, fauna and flora gene flow facilitation and ground protection. As a premise, it was considered that the artificial reproduction of these services corresponds to their economic values - since, in their absence, it would be necessary investments for their reproduction, in order to somehow recover the benefits previously arising naturally and free of charge for the population. Thus, for each service a formula was developed, and the variables are easily applied without the evaluator spending time with budgets. This method can also be used for any other environmental issue, as compensation, indemnity, gratification. To estimate the economic value of ecosystem services in a permanent preservation area, the VESEAPP method, developed, was applied in a hypothetical case study and compared with five other methods: Replacement Cost Correction Factor method, VERD method, CATE method, DEPRN method and Almeida method. As a result, the economic environmental damage valuation was higher by VESEAPP method, compared to the others, because it considers directly the monetary amount that would be invested to retake five of the main ecosystem services of a Permanent Preservation Area (APP), while the other methods are based on indirect correction factors, indexes, or other indirect methods, applied to the replacement cost. Thus, it is possible to conclude that the VESEAPP method is a relevant subsidy for the economic environmental damage valuation, since it considers the value that such services represent in terms of financial investments for society, when not provided by ecosystems.

Keywords: economic valuation; ecosystem services; environmental damage; environmental forensics; permanent preservation area.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores definidos para os fatores de correção.....	36
Tabela 2- Índices de qualificação dos agravos	38
Tabela 3 - Fatores para uso e ocupação do solo, Unidades de Conservação e APPs.....	43
Tabela 4 - Custo de implantação da ETA (<i>Cim</i>), em $R\$/m^3/dia$, obtido por meio da média aritmética do custo de implantação de três ETAs, em $R\$/m^3/dia$	47
Tabela 5 - Valor do custo de tratamento de água (operação e manutenção) da ETA (<i>Ctr</i>), em $R\$/m^3$, obtido por meio da média aritmética do custo de tratamento de três ETAs, em $R\$/m^3$	48
Tabela 6 – Categorias de PRAD, de acordo com a área (m^2) a ser recuperada, e tempo (h) despendido para cada ação inerente à elaboração do projeto, em cada categoria.	53
Tabela 7 – Investimento para elaboração de PRAD (<i>Ela</i>) de acordo com as <i>categorias</i> pequeno, médio e grande, e considerando hora técnica de R\$199,64.	53
Tabela 8 - Custo de implantação de PRAD (<i>Cip</i>), em $R\$/m^2$, obtido por meio da média aritmética do custo de implantação de 5 projetos, corrigido pelo IGP-M (FGV, 2020).	54
Tabela 9 - Custo de implantação da obra, em $R\%$, obtido por meio da orçamentação de 8 projetos de edificação de muro de gabião, com base nos valores SINAPI (maio, 2020), código 92744.	59
Tabela 10 - Custo médio ($R\$/m^2/ano$) para reposição de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg) em diferentes tipos de solos degradados.	66
Tabela 11 - Índices de qualificação dos agravos	79

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Descrição e qualificação dos agravos, segundo o aspecto do ambiente e tipo de dano.	37
Quadro 2 - Determinação das variáveis intangíveis.	40
Quadro 3 - Fator de relação entre os danos ambientais diretos e indiretos. Onde (d) danos ambientais diretos e (i) os indiretos.	42
Quadro 4 - Determinação dos valores intangíveis para os estudos de caso, método VERD....	80

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Gráfico das áreas (m²) dos Projetos de Recuperação elaborados no ano de 2002 a 2020, na Grande Florianópolis e municípios vizinhos, apresentando tendências de agrupamentos que podem ser divididos em três categorias de porte (pequeno, médio, grande). 52
- Figura 2: Gráfico dos resultados obtidos com a aplicação dos diferentes métodos de valoração (DEPRN - GALLI, 1996; VERD -CARDOSO, 2003; Almeida - ALMEIDA, 2010; CATE - RIBAS,1996; Fator de Correção do Custo de Reposição - VIEIRA, 2013; VESEAPP) nos dois estudos de caso definidos neste trabalho. 84
- Figura 3: Gráfico dos resultados obtidos com a aplicação dos diferentes métodos de valoração (DEPRN - GALLI, 1996; VERD -CARDOSO, 2003; Almeida - ALMEIDA, 2010; CATE - RIBAS,1996; VESEAPP) no estudo de caso de Cordioli (2013). 87
- Figura 4: Gráfico dos resultados obtidos com a aplicação dos diferentes métodos de valoração (Fator de Correção do Custo de Reposição – VIEIRA, 2013; VESEAPP) no estudo de caso de Vieira (2013)..... 89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

APP Área de Preservação Permanente

BDI Benefícios e Despesas Indiretas

CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente

CR Custo de Restauração

CRP Custo de Restauração Presente

CRO Custo de Restauração Objetiva

DEVESE Diretrizes Empresariais de Valoração Econômica de Serviços Ecosistêmicos

ETA Estação de Tratamento de Água

FGV Fundação Getúlio Vargas

FGV-EAESP Centro de Estudos em Sustentabilidade da Escola de Administração de Empresas da Fundação Getulio Vargas

FM Fatores de Macrozoneamento

FUC Fatores de Unidades de Conservação e Áreas de Preservação Permanente

IGP-M Índice Geral de Preços do Mercado

IPBES Plataforma Intergovernamental da Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos CICES

Classificação Internacional Comum dos Serviços Ecosistêmicos

MCE Método de Custos Evitados

MCR Método do Custo de Reposição

MCV Método Custos de Viagem

MEA Millenium Ecosystem Assessment

MMA Ministério do Meio Ambiente

MPH Método de Preços Hedônicos

MPM Método de Produtividade Marginal

MVC Método de Valoração Contingente

SINAPU Sistema Nacional de Preços e Índices para Construção Civil

VE Valor de Existência

VESEAPP Valoração Econômica dos Serviços Ecosistêmicos de APP

VO Valor de Opção

VUD Valor de Uso Direto

VUI Valor de Uso Indireto

LISTA DE SÍMBOLOS

- $\$hora$ – valor da hora técnica de profissional habilitado ($R\$/hora$)
- $\$adubo$ – preço de adubação de cada muda ($R\$/muda$)
- $\$limpeza$ – preço de limpeza do terreno ($R\$/m^2$)
- $\$mao$ – preço da mão-de-obra para o seu replantio ($R\%$)
- $\$muda$ – preço da muda ($R\%$)
- APP_a – Comprimento do trecho do rio degradado (m)
- APP_j – Comprimento do trecho do rio a jusante da degradação (m)
- APP_t – Comprimento total do rio (m)
- C_{im} – Custo de implantação da ETA ($R\$/L/s$)
- C_{io} – Custo de implantação da obra ($R\%$)
- C_{ip} – Custo de implantação do projeto de recuperação ($R\$/m^2$)
- C_{mo} – Custo para monitoramento do projeto ($R\$/h$)
- C_{mp} – Custo de manutenção periódica anual do projeto de recuperação ($R\%$)
- C_{mr} – Custo de manutenção do replantio no primeiro ano ($R\%$)
- C_{ql} – Custo anual de reposição dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg ($R\$/m^2/ano$)
- C_{qt} – Custo anual de aquisição de solo ($R\$/m^2/ano$)
- C_{tr} – Custo do tratamento da água do nível de qualidade mínima para o nível de qualidade ideal ($R\$/m^3$)
- E_{et} – Investimentos de elaboração do projeto por um profissional habilitado ($R\%$)
- I_{et} – Investimento de implantação da obra de estabilização de talude ($R\%$)
- I_f – Investimento para captura e transporte da fauna (aves, mamíferos e herpetofauna) entre fragmentos da APP degradada ($R\%$)
- I_i – Investimento inicial de aquisição e implantação de uma ETA ($R\%$)
- I_o – Investimento de operação da ETA ($R\%/ano$)
- I_s – Investimento para coleta e transporte de sementes entre fragmentos da APP degradada ($R\%$)
- $Q_{diária\ média}$ – Vazão diária média do curso d'água (m^3/dia)
- V_{eg} – Valor econômico do serviço de preservação da estabilidade geológica ($R\%$)
- V_{fg} – Valor econômico do serviço de facilitação do fluxo gênico de fauna e flora ($R\%$)
- V_{pp} – Valor econômico do serviço de preservação da paisagem ($R\%$)
- V_{ps} – Valor econômico do serviço de preservação do solo ($R\%$)
- V_{rh} – Valor econômico do serviço de preservação dos recursos hídricos ($R\%$)
- h – Horas de trabalho para a elaboração de PRAD ($hora$)
- A – Área a ser recuperada (m^2)
- Al – Altura da calha do rio onde será implantado o muro (m)
- Ela – Investimento de elaboração do projeto de recuperação ($R\%$)

Ex – Extensão a ser implantado o muro (*m*)

Imp – Investimento de implantação do projeto de recuperação (R\$)

I_{ql} – Investimentos necessários para realizar a reposição da qualidade do solo (R\$)

I_{qt} – Investimentos necessários para realizar a reposição da quantidade do solo (R\$)

Man – Investimento da manutenção do projeto de recuperação (R\$)

Mon – Investimento do monitoramento do projeto de recuperação (R\$)

T – Tempo despendido para monitoramento do projeto (*h/ano*)

e – área ocupada por cada muda plantada (*m²*)

n – tempo para recuperação até o estágio sucessional esperado (*anos*)

Ω – Fator de correção dos parâmetros de qualidade de água afetados

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO e JUSTIFICATIVA.....	15
1.1	OBJETIVOS	17
1.1.1	Objetivo Geral.....	17
1.1.2	Objetivos Específicos	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DE CURSO D'ÁGUA	18
2.2	SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS	21
2.3	FUNÇÕES AMBIENTAIS DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	23
2.3.1	Preservação dos Recursos Hídricos	23
2.3.2	Preservação da Paisagem	24
2.3.3	Preservação da Estabilidade Geológica	25
2.3.4	Facilitação do Fluxo Gênico de Fauna e Flora.....	26
2.3.5	Proteção do Solo.....	27
2.4	VALORAÇÃO DE DANO AMBIENTAL.....	27
2.4.1	Métodos de Valoração Ambiental.....	30
2.4.1.1	<i>Método de Preços Hedônicos (MPH).....</i>	<i>30</i>
2.4.1.2	<i>Método Custos de Viagem (MCV)</i>	<i>31</i>
2.4.1.3	<i>Método de Valoração Contingente (MVC).....</i>	<i>32</i>
2.4.1.4	<i>Método de Produtividade Marginal (MPM).....</i>	<i>32</i>
2.4.1.5	<i>Método de Custos Evitados (MCE)</i>	<i>33</i>
2.4.1.6	<i>Método do Custo de Reposição (MCR)</i>	<i>34</i>
2.4.1.7	<i>Diretrizes Empresariais de Valoração Econômica de Serviços Ecossistêmicos... 35</i>	
2.4.1.8	<i>Método Fator de Correção do Custo de Reposição</i>	<i>35</i>
2.4.1.9	<i>Método DEPRN.....</i>	<i>37</i>
2.4.1.10	<i>Método VERD (Valor Estimado de Referência para a Degradação Ambiental).. 38</i>	
2.4.1.11	<i>Método Custos Ambientais Totais Esperados (CATE).....</i>	<i>40</i>
2.4.1.12	<i>Método Almeida.....</i>	<i>42</i>
3	METODOLOGIA.....	45
3.1	DEFINIÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS AVALIADOS	45
3.2	DESENVOLVIMENTO DAS FÓRMULAS	45
3.2.1	Preservação dos Recursos Hídricos	46

3.2.2	Preservação da Paisagem	51
3.2.3	Preservação da Estabilidade Geológica	58
3.2.4	Facilitação do Fluxo Gênico de Fauna e Flora.....	61
3.2.5	Proteção do Solo.....	63
3.3	APLICAÇÃO DO MÉTODO VESEAPP EM CASO HIPOTÉTICO	66
3.4	COMPARAÇÃO COM OUTROS MÉTODOS DE VALORAÇÃO	67
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	68
4.1	VALORAÇÃO ECONÔMICA: PRESERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS	68
4.2	VALORAÇÃO ECONÔMICA: PRESERVAÇÃO DA PAISAGEM.....	69
4.3	VALORAÇÃO ECONÔMICA: PRESERVAÇÃO DA ESTABILIDADE GEOLÓGICA.....	71
4.4	VALORAÇÃO ECONÔMICA: FACILITAÇÃO DO FLUXO GÊNICO DE FAUNA E FLORA.....	72
4.5	VALORAÇÃO ECONÔMICA: PROTEÇÃO DO SOLO.....	73
4.6	VALORAÇÃO ECONÔMICA: COMPARAÇÃO COM OUTROS MÉTODOS	74
4.6.1	Método VESEAPP - Valoração Econômica dos Serviços Ecosistêmicos de APP	74
4.6.2	Método Fator de Correção do Custo de Reposição	75
4.6.3	Método DEPRN - Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais	76
4.6.4	Método VERD (Valor Estimado de Referência para a Degradação Ambiental).....	80
4.6.5	Método Custos Ambientais Totais Esperados (CATE).....	81
4.6.6	Método Almeida.....	82
5	CONCLUSÃO.....	89
	REFERÊNCIAS.....	92
	ANEXO 1 – DEPRN - Critérios de qualificação de agravos	99
	ANEXO 2 – Área (m²) dos PRADs elaborados pela Ambiens Consultoria (2002 a 2020).....	105

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Há uma demanda crescente, em perícias ambientais, de esclarecimento relativo à valoração do dano ambiental causado (VIEIRA, 2013). Embora exista uma série de métodos que possam ser aplicados, conforme será apresentado ao longo deste trabalho, há carência de maior especificação considerando uma abordagem com um viés econômico direto quanto à sua origem e fundamentos, com base em preços de mercado, do valor dos serviços ecossistêmicos afetados por este dano ambiental. Ou seja, subestima-se o dano ambiental e as perdas que ocorrem nos serviços que a natureza provê à sociedade naturalmente e gratuitamente como a regulação do clima, a manutenção da qualidade da água, a proteção do solo, a estabilização geológica, e outros tantos que muitas vezes não são valorados, quando ocorre um dano ambiental.

A valoração de dano ambiental é uma das questões, no âmbito das perícias ambientais, que mais gera discussões e que não encontrou, ainda, um cenário de consenso na comunidade científica e nos órgãos de perícia oficial do país (VIEIRA, 2013). Apesar disso, a valoração é uma necessidade estabelecida pela Lei de Crimes Ambientais (Lei Federal nº 9.605/1998), art. 19: “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”.

O conhecimento da valoração de danos ambientais, além da aplicação em perícias ambientais, pode ser utilizado na construção de políticas públicas voltadas ao pagamento por serviços ambientais, certificações ambientais, tomada de decisão para implantação de empreendimentos, seguros ambientais, medidas compensatórias (VIONNET, 2019), indenização, aquisição, alienação, desapropriação, permuta, doação, entre outros (ABNT NBR 14653-6).

Apesar de serem diversas as metodologias disponíveis, muitas se investem de inferências subjetivas e carecem de respostas fundamentadas que possam amparar de forma segura os valores calculados (VIEIRA, 2013). Além disso, por ser um tema relativamente recente, os peritos ainda encontram dificuldades para estabelecer a melhor metodologia para uma situação específica, bem como para reconhecer os pontos de vulnerabilidade de cada uma delas. Soma-se a essas dificuldades a exigência de amplos levantamentos de campo e de análise de dados em contra passo à necessidade de agilidade e celeridade na emissão dos laudos periciais (VIEIRA, 2013).

Segundo Vieira (2013) um dos métodos mais utilizados atualmente, por exemplo, é o método do custo de reposição. Consiste, basicamente, em orçar os custos para recompor um

recurso ambiental que foi degradado, sendo comumente utilizado nos casos de supressão de vegetação. O autor aponta que a vantagem desse método é o seu caráter objetivo, pois se baseia no valor de produtos e serviços oferecidos regularmente no mercado, e a relativa facilidade de aplicação, não exigindo levantamentos de campo complexos. Por outro lado, não engloba diversos elementos teóricos envolvidos na valoração de um dano ambiental, como aqueles relacionados às perdas ou às interrupções de serviços ambientais prestados pelos ecossistemas.

Para suprir essa lacuna, o mesmo autor propôs adaptações no método do custo de reposição para sua aplicação em casos de perícias ambientais, por meio da adoção de fatores de correção correspondentes a serviços ambientais específicos. Mesmo sendo uma proposta bastante válida, principalmente por tentar incorporar no cálculo uma relação teórica mais próxima à parcela referente aos serviços ambientais, e também por ser uma ferramenta mais prática e rápida dentro do contexto de perícias ambientais, pode haver uma subestimação na aproximação do valor econômico dos danos ambientais e das externalidade geradas pela atividade impactante. Essa subestimação pode ocorrer pelo fato de os fatores de correção serem construídos, em sua maioria, com base em pesquisas e opiniões que, mesmo que de especialistas, não incorpora valores de mercado em sua concepção.

Outro método utilizado é o custo de oportunidade – que usa o custo das perdas econômicas que a população tem diante das restrições de uso dos recursos ambientais de uma determinada área, podendo, em muitos casos, não representar de forma adequada o valor do dano, tampouco do serviço ambiental, conforme exemplo a seguir. Ansolin et al. (2018) utilizou esse método para valorar áreas de preservação permanente; neste caso, o valor econômico de cada hectare de floresta correspondeu a 30 sacas (60 kg) de milho/ano, uma vez que essa seria a perda econômica em razão da restrição de uso dessa porção de terra para a agricultura. Novamente, assim como em outros casos que poderiam ser citados, se observa uma lacuna na valoração econômica dos serviços ambientais que são prestados por uma determinada área.

Diante disso — e sem qualquer intenção de promover a substituição dos serviços ecossistêmicos por artificiais ou de mensurar o valor intrínseco da natureza, por sua reconhecida intangibilidade — este trabalho desenvolveu um método para a Valoração Econômica dos Serviços Ecossistêmicos de Área de Preservação Permanente (VESEAPP) de curso d'água, sob a premissa de que a monetização do quanto que se despenderia em investimentos para a sua reprodução é uma forma de valorar, objetivamente e diretamente, o valor econômico desses serviços ecossistêmicos para as populações humanas. Essa forma de

valoração é pertinente, visto que, diante da perda ou ausência desses serviços, haveria a necessidade de investimentos para sua reprodução, a fim de retomar, de alguma forma, os benefícios antes advindos naturalmente e gratuitamente.

Dentre as APPs, a faixa marginal de curso d'água foi selecionada para este trabalho, por ser recorrentemente abordada em perícias ambientais e em processos judiciais ambientais; é um ambiente historicamente ocupado pelo homem e também muito frequente no território nacional. Além disso, na APP preservada de faixa marginal de curso d'água ocorrem simultaneamente todos os serviços ecossistêmicos selecionados para esse estudo, fornecendo um maior espectro de possibilidades para a valoração econômica dos serviços ecossistêmicos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um método de valoração econômica dos serviços ecossistêmicos prestados por vegetação florestal preservada localizada em faixa marginal de curso d'água, para subsidiar a valoração econômica de danos, de impactos e de compensações ambientais em Áreas de Preservação Permanente.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Definir os principais serviços ecossistêmicos existentes em Área de Preservação Permanente de curso d'água localizada em área florestal preservada.
- Desenvolver fórmulas específicas para valorar economicamente cada um dos serviços ecossistêmicos levantados.
- Aplicar o método desenvolvido em caso hipotético de valoração por dano ambiental em Área de Preservação Permanente de curso d'água.
- Comparar o resultado da valoração obtido com o de outros métodos de valoração existentes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DE CURSO D'ÁGUA

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) são espaços territoriais especialmente protegidos, conforme disposto no inciso III, § 1º, do art. 225 da Constituição Federal de 1988:

Art. 225. 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.

§ 1º Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

(...)

III - **definir**, em todas as unidades da Federação, **espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos**, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção;

(...). (BRASIL, 1988).

(grifo nosso)

A iniciativa de estabelecer a preservação de espaços naturais com funções ambientais significativas foi abordada, em um primeiro momento, no Código Florestal de 1934 (Decreto nº 23.793/1934), ao definir o que seriam *florestas protetoras*, de acordo com a função que exerciam:

Art. 4º. Serão consideradas florestas protetoras as que, por sua localização, servirem conjunta ou separadamente para qualquer dos seguintes fins:

- a) conservar o regime das águas;
- b) evitar a erosão das terras pela ação de agentes naturais;
- c) fixar dunas;
- d) auxiliar a defesa das fronteiras, de modo conjugado necessário pelas autoridades militares;
- e) assegurar condições de saúde pública;
- f) proteger sítios que por sua beleza merecem ser conservados;
- g) asilar espécimes raros da fauna indígena; (BRASIL, 1934).

O termo “preservação permanente”, por sua vez, surgiu legalmente a partir da Lei Federal nº 4.771/1965 e suas atualizações, que atribuiu às APPs não apenas a função de preservar a vegetação ou a biodiversidade, mas de outros aspectos ambientais relevantes para a conservação da qualidade ambiental, como os recursos hídricos, a estabilidade geológica, o solo, a paisagem e o bem estar das populações humanas, conforme se pode observar no art. 1, §2, Inciso II, da referida Lei:

Art. 1, § 2º, II - área de preservação permanente: área protegida nos termos dos arts. 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas; (BRASIL, 1965) (Incluído pela Medida Provisória nº 2.166-67, de 2001)

Neste momento também já foram especificados, no art. 2º, os locais que seriam considerados como de preservação permanente. Após alterações da Lei Federal nº 4.771/1965 e, posteriormente, com a promulgação da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei Federal nº 12.651/2012) ficou estabelecida como APP, no art. 4º, o que segue:

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

- a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
- b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento; (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012). (Vide ADC Nº 42) (Vide ADIN Nº 4.903)

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros; (Redação dada pela Lei nº 12.727, de 2012). (Vide ADIN Nº 4.903)

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45º, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

VII - os manguezais, em toda a sua extensão;

VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25º, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;

XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado. (Redação dada pela Lei nº 12.727, de 2012).

(BRASIL, 2012).

Ainda são consideradas de preservação permanente, de acordo com a Lei Federal nº 12.651/2012, Art 6º, quando assim declaradas pelo Poder Público, outras situações, de acordo com a função exercida pelos ambientes:

Art. 6º Consideram-se, ainda, de preservação permanente, quando declaradas de interesse social por ato do Chefe do Poder Executivo, as áreas cobertas com florestas ou outras formas de vegetação destinadas a uma ou mais das seguintes finalidades:

I - conter a erosão do solo e mitigar riscos de enchentes e deslizamentos de terra e de rocha;

II - proteger as restingas ou veredas;

III - proteger várzeas;

IV - abrigar exemplares da fauna ou da flora ameaçados de extinção;

V - proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico, cultural ou histórico;

VI - formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias;

VII - assegurar condições de bem-estar público;

VIII - auxiliar a defesa do território nacional, a critério das autoridades militares.

IX - proteger áreas úmidas, especialmente as de importância internacional.

(BRASIL, 2012).

Ou seja, o caráter de preservação permanente é estabelecido para determinada área devido à função ambiental que ela exerce, visando a preservação da estabilidade ambiental e, em especial, a preservação da vida humana. Tanto que, conforme MMA (2011), na década de 1980, mediante a Lei Federal nº 7803/1989, houve uma ampliação das faixas de APPs, frente ao evento de grandes enchentes de 1983 e 1984, que atingiram cidades do Vale do Itajaí em Santa Catarina:

Naquela época levantamentos realizados na região mostraram que as pessoas e infraestruturas mais atingidas pelas cheias e deslizamentos de terra foram aquelas que ocupavam as áreas muito próximas aos rios, riachos e encostas com grande declividade. Cálculos da época apontaram que os prejuízos econômicos e perda de vidas humanas teriam sido significativamente menores se as faixas de APPs fossem maiores. Tais argumentos, entre outros, sensibilizaram o Congresso Nacional (numa época que não havia ainda comissões de meio ambiente) a ponto de a Comissão de Agricultura ter aprovado por unanimidade a ampliação da faixa de 5 para 30 metros, da APP nos rios com largura inferior a 10 metros, assim como a ampliação de outros parâmetros. Ou seja, a ampliação das faixas das APPs de cursos d'água na década de 80 do século passado, considerou, além dos aspectos ambientais, a garantia do bem-estar das populações humanas. (MMA, 2011).

O mesmo trabalho apontou que se a faixa de 30 metros em cada margem, considerada Área de Preservação Permanente, ao longo dos cursos d'água estudados na Região Serrana do Rio de Janeiro estivesse livre para a passagem da água, os efeitos das chuvas que ocorreram entre os anos de 1988 a 2007 em Petrópolis, Friburgo, Teresópolis, Sumidouro, teriam sido significativamente menores, tanto em suas consequências ambientais, quanto econômicas e sociais (MMA, 2011).

Assim, foi selecionada para o presente estudo de valoração econômica a faixa marginal de curso d'água, por ser um ambiente historicamente ocupado pelo homem; frequente no território nacional; suscetível a riscos e ocorrência de danos e comumente abordada em perícias ambientais.

2.2 SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

Há uma série de autores que conceituaram “serviços ecossistêmicos” (BOYD & BANZHAF, 2007; COLLINS & LARRY, 2007; FISHER & TURNER, 2008, TEEB, 2010; FARLEY, 2012). Neste trabalho será utilizado aquele proposto por Costanza et al. (1997) e também adotado pela maioria das organizações governamentais e não-governamentais: os serviços ecossistêmicos são os benefícios para populações humanas que derivam, direta ou indiretamente, das funções dos ecossistemas, ou, em outras palavras, são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas (MEA, 2005).

Existem diferentes formas de classificar os serviços ecossistêmicos. A Avaliação Ecossistêmica do Milênio, publicada em 2005, classificou os serviços ecossistêmicos em quatro categorias: provisão (como alimento, água, madeira, fibra), regulação (como regulação do clima, de inundações, de doenças, da qualidade de água), culturais (recreacional, estético e espiritual) e de suporte (também chamados de apoio ou habitat, como formação do solo, fotossíntese, ciclagem de nutrientes, ciclagem da água). Atualmente, com a iniciativa da Plataforma Intergovernamental da Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos, conhecida como IPBES (em inglês, International Platform on Biodiversity and Ecosystem Services) e da Classificação Internacional Comum dos Serviços Ecossistêmicos, conhecida como CICES (em inglês, The Common International Classification of Ecosystem Services), são consideradas três categorias (Provisão, Regulação, Culturais), entendendo a quarta (Suporte) não como uma categoria, mas como funções ecossistêmicas que são necessárias para a produção de todos os serviços ecossistêmicos, não havendo um benefício direto obtido pelas populações.

Alguns autores e instituições se referem aos serviços ecossistêmicos como sinônimos de serviços ambientais. Entretanto, há uma tendência mais recente entre os especialistas em distingui-los de forma que os serviços ecossistêmicos se referem a contribuição da natureza para as sociedades e os serviços ambientais como as ações humanas que melhoram ou contribuem para os serviços ecossistêmicos (ex.: recuperação de áreas degradadas; tratamento de água; reciclagem de resíduos) naturais (MMA, 2020).

Recentemente foi sancionada a Lei Federal nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021, que clarifica esses conceitos técnicos por meio desse dispositivo legal que institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais. Para os fins desta Lei, consideram-se (art. 2º):

(...)

II - serviços ecossistêmicos: benefícios relevantes para a sociedade gerados pelos ecossistemas, em termos de manutenção, recuperação ou melhoria das condições ambientais, nas seguintes modalidades:

a) serviços de provisão: os que fornecem bens ou produtos ambientais utilizados pelo ser humano para consumo ou comercialização, tais como água, alimentos, madeira, fibras e extratos, entre outros;

b) serviços de suporte: os que mantêm a perenidade da vida na Terra, tais como a ciclagem de nutrientes, a decomposição de resíduos, a produção, a manutenção ou a renovação da fertilidade do solo, a polinização, a dispersão de sementes, o controle de populações de potenciais pragas e de vetores potenciais de doenças humanas, a proteção contra a radiação solar ultravioleta e a manutenção da biodiversidade e do patrimônio genético;

c) serviços de regulação: os que concorrem para a manutenção da estabilidade dos processos ecossistêmicos, tais como o sequestro de carbono, a purificação do ar, a moderação de eventos climáticos extremos, a manutenção do equilíbrio do ciclo hidrológico, a minimização de enchentes e secas e o controle dos processos críticos de erosão e de deslizamento de encostas;

d) serviços culturais: os que constituem benefícios não materiais providos pelos ecossistemas, por meio da recreação, do turismo, da identidade cultural, de experiências espirituais e estéticas e do desenvolvimento intelectual, entre outros;

III - serviços ambientais: atividades individuais ou coletivas que favorecem a manutenção, a recuperação ou a melhoria dos serviços ecossistêmicos;

Portanto, diante do conhecimento da existência desses serviços ecossistêmicos e de que isso tem um valor — uma vez que sua ausência implicaria em custos para as populações humanas — estamos perante o conceito da “invisibilidade econômica da natureza” (SUKHDEV, 2011), que se trata de todo esse valor que vem da natureza para os seres humanos e que não é reconhecido e tampouco contabilizado pelos mercados.

Sukhdev (2011) apresenta a Floresta Amazônica como um exemplo disso:

“[A Amazônia] não é só uma floresta, com um massivo depósito de carbono e de biodiversidade, mas também é uma *fábrica de chuva*, cujo grande volume de vapor d’água gerado por dia precipita sobre a Bacia do Prata, alimentando a economia da agricultura na ordem de 240 bilhões de dólares por ano na América Latina. E a pergunta que se faz é: quanto que o Uruguai, Paraguai, Argentina e mesmo o estado do Mato Grosso no Brasil pagam por esse insumo vital da economia, para o estado do Amazonas, que produz essa chuva? E a resposta é zero.”

Essa abordagem não pretende buscar quem recebe ou quem paga, mas apenas colocar luz ao fato de que essa é a “invisibilidade econômica da natureza” e que não pode continuar, uma vez que incentivos econômicos são muito poderosos nas tomadas de decisões em políticas públicas para que, de alguma forma, iniciem mudanças no setor de meio ambiente.

Há muitas críticas quanto aos conceitos dos serviços ecossistêmicos e de sua valoração, assim como contra-argumentos favoráveis. A principal crítica é da promoção da mercantilização da natureza, como produto potencial de mercado, sendo que os seus valores são intangíveis. Por um lado, é inquestionável a intangibilidade do valor da natureza, por conta de toda sua complexidade, interdependências e inter-relações, assim como é fato a existência do risco de tornar os serviços da natureza em um mercado. Por outro lado, há quem

defenda que enquanto não se adaptar a linguagem do meio ambiente para a do mundo econômico atual; enquanto não se monetizar o que pode representar o meio ambiente, pelo menos algum de seus aspectos, ele nunca estará no centro das discussões e da tomada de decisões (SCHLAEPFER et al., 2018).

Para tudo se faz juízo de valor. Ocorre que, na maioria das vezes, nesses valores não estão inseridos os custos das externalidades ambientais geradas para a produção desse bem de consumo, uma vez que são desconhecidas e não valoradas. Não sendo valoradas, automaticamente ocorre a transferência do custo dessas externalidades para terceiros, infringindo os princípios da justiça ambiental.

Em perícia ambiental judicial a demanda da valoração de bens ambientais advém de quesitos formulados para esclarecer o “valor do dano ambiental”, especialmente quando o dano é reconhecidamente irreversível (totalmente ou parcialmente), sendo necessário atribuir um valor de compensação, multa, indenização para o poluidor/ degradador. Há danos cuja restauração não é possível; mesmo que a recuperação leve o sítio afetado para uma situação não degradada, há alguma perda que deve ser indenizada, inclusive os danos intercorrentes. Por isso, assim como para a tomada de decisões que afetem o bem ambiental, se torna importante desenvolver metodologias para a valoração dos serviços ecossistêmicos afetados que sejam o mais objetivas possível e claras quanto à origem do valor econômico encontrado e que permitam menor subestimação do valor econômico do dano ambiental.

2.3 FUNÇÕES AMBIENTAIS DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

2.3.1 Preservação dos Recursos Hídricos

As APPs de faixa marginal de curso d'água, composta por cobertura vegetal protegida, reduzem a drenagem e o carreamento de substâncias e elementos para os corpos d'água (TUNDISI et al, 2008), mantendo, dessa forma, os recursos hídricos mais limpos, em termos de qualidade da água. Além disso, as florestas ripárias controlam a temperatura da água por meio do sombreamento, melhorando o habitat para as comunidades aquáticas; funcionam como fonte de nutrientes para as populações de organismos aquáticos e silvestres; agem como filtros não só de sedimentos, mas de material orgânico, fertilizantes, pesticidas e outros poluentes que podem afetar de forma adversa os corpos d'água (SCHÄFFER et al., 2011).

Dos parâmetros de qualidade de água elencados na Resolução CONAMA nº 357/2005, segundo Silva et al. (2003), a *turbidez* é um dos principais parâmetros capaz de demonstrar interferências do uso e ocupação do solo de uma bacia na dinâmica fluvial, possuindo, portanto, relação direta com a preservação da faixa marginal. No entanto, há outros estudos que mostram que a vegetação ciliar em uma bacia reduz as concentrações de nitrogênio, fosfato, fósforo dissolvido, ferro, entre outros (EMMETT et al., 1994).

Dessa forma, a função de regulação da qualidade da água, conferida pelas APPs de curso d'água com cobertura vegetal, traz benefícios para as populações humanas. LOPES (2020) realizou uma valoração no caminho inverso; a fim de fornecer subsídios para regulamentar a contribuição financeira por usuários de recursos hídricos beneficiados por unidades de conservação (Lei ° 9.985/2000, art. 47), ele calculou quanto que a presença da vegetação marginal de curso d'água dessas unidades favorece o aumento de vazão e a disponibilidade hídrica para fins de abastecimento público.

2.3.2 Preservação da Paisagem

A proteção da vegetação nas APPs de curso d'água garante harmonia e equilíbrio à paisagem, conferindo um aspecto ambiental agradável para quem o visualiza. Em ambientes urbanos, a manutenção de áreas verdes proporciona uma maior qualidade de vida e de conforto ambiental à população, inserindo elementos naturais no cenário capazes de amenizar a poluição visual das cidades que, geralmente, se caracterizam por um meio excessivamente adensado (SCHÄFFER, 2011).

Definida por Sauer (1925) como “uma área composta por uma associação distinta de formas, ao mesmo tempo físicas e culturais”, a paisagem pode ser entendida como a percepção do ambiente de acordo com o ponto de vista de um determinado observador, onde o homem constitui-se, ao mesmo tempo, em parte integrante e transformante. Desta maneira, a paisagem pode receber valores diversos de acordo com o sujeito que a percebe, pelo maior ou menor grau de vivência e conhecimento sobre a área observada e do ponto de vista de onde é feita esta observação.

Dessa forma, a função de *preservação da paisagem*, conferida pelas APPs de curso d'água com cobertura vegetal, traz um benefício de conforto ambiental e visual para a população, que pode ser valorada de acordo com a disposição a pagar dos frequentadores e moradores da área de estudo, para a manutenção de áreas verdes nas faixas marginais de cursos d'água - Sarvilinna et al. (2016), por exemplo, mostrou que há público que deseja investir na recuperação das margens dos rios. Outra forma de valoração, e adotada neste

trabalho para reduzir a subjetividade do método, foi mediante o levantamento dos custos que são despendidos no caso de esse serviço ser perdido e não ser mais prestado pela natureza, sendo arcado, portanto, pela sociedade, até que a vegetação da área atinja porte tal equivalente ao que eventualmente foi suprimido.

Há uma diversidade de fatores que influenciam no processo de sucessão em florestas tropicais, como uso da terra, tipo de perturbação a que foi submetida, clima da região, condições químicas e físicas do solo, estoque do banco de sementes, paisagem do entorno, entre outros (SIMINSKI et al., 2013). No caso da Floresta Ombrófila Densa, de uma maneira geral e para esse estudo, será considerado um período de até 6 anos — podendo chegar a 10 anos em alguns casos devido ao grau de perturbação da área — para a recuperação da vegetação até o estágio inicial de regeneração; de 6 anos a 15 anos para alcançar o estágio médio; de 15 a 60 anos para avançado; de 60 a 200 anos, para alcançar novamente o estágio semelhante à floresta primária (APREMAVI, 2020). Essas idades são próximas ao tempo de sucessão de estratos estabelecidos por Siminski (2013), que determinou um tempo de até 7 anos para atingir porte de arbusto (compatível com estágio inicial); 7 a 15 anos para atingir porte de arvoretas (compatível com estágio médio); 15 a 60 anos para atingir o porte arbóreo pioneiro a avançado (compatível com estágio avançado).

Os dados quali-quantitativos para uma caracterização técnica-legal de determinado remanescente florestal, por sua vez, estão disponíveis na Resolução CONAMA 04/1994. Cabe destacar que essa caracterização não é absoluta, visto que pode levar à obtenção de resultados divergentes para diferentes avaliações no mesmo local (SIMINSKI et al., 2013).

2.3.3 Preservação da Estabilidade Geológica

A função de preservação da estabilidade geológica é uma das atribuições mais importantes das APPs, não apenas de encostas e topos de morro, mas também de cursos d'água. Essa função evita a ocorrência de desbarrancamentos e deslizamentos de solo e rochas e consequentes prejuízos econômicos, de vidas humanas e ambientais. A instabilidade geológica é potencializada pelo desmatamento da cobertura arbórea, pela ocupação das áreas com agricultura, edificações ou obras de infraestrutura, como estradas (SCHÄFFER, 2011).

De um modo geral, a vegetação nativa em um ecossistema ripário tem a capacidade de regular o regime hidrológico e aumentar a resistência do solo através das raízes, por meio, por exemplo, da interceptação da chuva e da evapotranspiração que removem a umidade do

solo (WU et al., 1979). Adicionalmente, neste sentido, a estabilidade geológica também previne o assoreamento dos corpos d'água, evitando cheias e enchentes.

No entanto, importante ressaltar que, dependendo do formato da copa, comprimento do tronco, seu próprio peso (CAMPAGNOLO et al., 2018), assim como a largura do solo (MICHEL et al., 2012), pode se gerar uma instabilidade na encosta natural, ocasionando deslizamentos após ventos ou de chuvas muito intensas.

Dessa forma, a função de preservar a estabilidade geológica, conferida pela maioria das APPs de curso d'água com cobertura vegetal, traz um benefício para as populações humanas de contribuição na garantia da segurança material e de vida das populações residentes na região de seu entorno.

2.3.4 Facilitação do Fluxo Gênico de Fauna e Flora

As áreas florestadas, em especial aquelas das margens dos cursos d'água, são “corredores ecológicos” por excelência. Ao se manterem preservadas, ocorre a interligação biológica e gênica da fauna e da flora que percorre por essas áreas para outros espaços territoriais, podendo, inclusive, serem espaços especialmente protegidos, como Reserva Legal, Unidades de Conservação ou outros remanescentes de vegetação nativa.

Essa possibilidade de fluxo de genes e de movimento da biota facilita a dispersão de espécies; a recolonização de áreas degradadas; a manutenção de populações que demandam, para sua sobrevivência, de áreas mais extensas; o aumento da troca de genes entre as populações. Quando o fluxo gênico é interrompido ou diminuído drasticamente, as populações naturais ficam isoladas sofrendo uma diminuição da sua variabilidade genética, tornando-as menos adaptáveis às mudanças do ambiente. Portanto, a inexistência de fluxo gênico aumenta a vulnerabilidade das espécies à extinção (SCHÄFFER, 2011).

Destaca-se que o fluxo gênico pode ser uma importante força evolutiva (SLATKIN, 1987). Quando os níveis de hibridização são elevados e a taxa de incorporação de alelos externos supera as taxas de mutação, o fluxo gênico torna-se a principal fonte de evolução da população (ELLSTRAND et al., 1999).

Dessa forma, pode-se entender que a função de facilitar o fluxo gênico da fauna e da flora, conferida pelas APPs de curso d'água com cobertura vegetal, beneficia a variabilidade genética das populações, o que torna a fauna e a flora mais resilientes quanto às ameaças que possam colocar em risco a sua sobrevivência. No caso de plantas, este fluxo pode ocorrer pela dispersão do pólen e da semente por diferentes meios (como por animais, vento, água, etc); além disso, o banco de sementes do solo pode possibilitar fluxo gênico no tempo. No caso de

animais, este fluxo pode ocorrer pela movimentação da fauna e consequente cruzamento com espécimes localizados em áreas distintas. Destaca-se que, para estimar o fluxo gênico efetivo, devem-se usar marcadores genéticos (MARTINS, 1987).

2.3.5 Proteção do Solo

O solo, quando exposto às intempéries do tempo, fica suscetível à perda de propriedades químicas e orgânicas essenciais para a fertilidade da terra. Assim, a cobertura vegetal sobre o solo não só o protege fisicamente dessas intempéries, funcionando como uma barreira, mas também contribui para a manutenção constante dessa fertilidade, uma vez que as plantas contribuem com nutrientes, por meio da decomposição das folhas e de restos vegetais; intensificam a atividade biológica aérea e subterrânea; evitam perda de água e de amplitude térmica. No subsolo, as raízes, os microrganismos e a matéria orgânica contribuem com a estrutura do solo ao formar e estabilizar os macroagregados, que proporcionam macroporosidade, aeração, percolação da água no solo, favorecendo o crescimento radicular das plantas e estimulando a atividade biológica (EMBRAPA, 2017).

Além disso, a manutenção da vegetação nativa evita que em períodos de chuvas torrenciais as camadas superficiais do solo — que contêm uma maior concentração de nutrientes essenciais para a sobrevivência da flora — sejam perdidas por meio do carreamento para o leito dos rios e nascentes (SCHÄFFER, 2011). E, mesmo que não sejam carreados pela chuva, o solo pode ser perdido sob forma de matéria em suspensão. A presença de extensas áreas de ocupação do solo com culturas causa uma perda de aproximadamente 20 toneladas de solo por hectare/ano, o que, dentre outros problemas, causa prejuízo financeiro agrícola. Em áreas com mata nativa tem-se em média uma perda de apenas 4 kg de solo por hectare/ano, enquanto em áreas de plantio de soja e algodão a perda ultrapassa mais de 20 toneladas por hectare/ano (SCHÄFFER, 2011). Autores como Eltz et al. (1984), Rufino et al., (1985), Dedeczek et al. (1986) apontam perdas de solo (t/ha/ano) na ordem de 230, 118 e 53 t/ha/ano, em solos descobertos de culturas de trigo/milho, café e milho, respectivamente.

Deste modo, a função de proteger o solo das APPs de faixa marginal de curso d'água com vegetação preservada contribui para minimizar tanto a perda de quantidade de solo como da fertilidade.

2.4 VALORAÇÃO DE DANO AMBIENTAL

Apesar de o trabalho de valoração dos ecossistemas ser certamente difícil e cheio de incerteza, fazemos isso querendo ou não, explicitamente ou não, todos os dias ao tomar decisões (CONSTANZA et al., 1997). Os mesmos autores colocam que o exercício de valorar os serviços do capital natural, em última instância, consiste em determinar as diferenças que mudanças relativamente pequenas nestes serviços fazem para o bem estar humano; mudanças na qualidade e quantidade dos serviços ecossistêmicos têm valor à medida que ou alteram os benefícios associados com as atividades humanas ou alteram os custos dessas atividades, cujo valor pode ou não estar estabelecido pelos mercados.

No âmbito das perícias ambientais, a valoração monetária do dano ambiental é uma necessidade estabelecida pela Lei de Crimes Ambientais (Lei Federal nº 9605/1998), art. 19, embora ainda seja uma das questões que gera mais discussões e ainda não encontrou um cenário de consenso na comunidade científica e nos órgãos de perícia oficial do país (VIEIRA, 2013).

Há uma série de metodologias que podem ser aplicadas para a valoração do dano ambiental. Um dos desafios é conhecê-las e selecionar aquela mais adequada ao seu escopo de trabalho, sempre observando as suas limitações e premissas, e que permita conduzir à finalidade previamente estabelecida.

Um dos sistemas de classificação mais bem aceito, e que foi incorporado pela ABNT NBR 14653-6 para normatizar a Avaliação de Bens quanto aos Recursos Naturais e Ambientais, é aquele proposto por Pearce (1993). A premissa dessa metodologia é de que, embora os recursos ambientais não tenham usualmente valor de mercado, o seu valor econômico, como os demais bens, deriva de seus atributos, os quais podem ou não estar associados a um uso (ABNT NBR 14653-6).

O método divide o valor de um bem ou serviço ambiental em quatro componentes principais, sendo os seguintes conceitos adotados pela referida NBR: o valor de uso direto (VUD), o valor de uso indireto (VUI), o valor de opção (VO) e o valor de existência (VE). O valor de uso direto (VUD) refere-se ao valor dos bens e serviços que são utilizados diretamente pelo homem, como extração de recursos ou visitação de sítios naturais; o valor de uso indireto (VUI) é atribuído a um recurso ou serviço ambiental pelo bem-estar que ele proporciona através de seus serviços ambientais, como proteção do solo, fixação de carbono nas florestas; o valor de opção (VO) é atribuído a um recurso ambiental, hoje desconhecido e realizável no futuro, associado a uma disposição de conservá-lo para uso direto ou indireto, como o benefício decorrente de fármacos ainda não descobertos, desenvolvidos a partir da flora nativa de uma região; o valor de existência (VE), ou valor de não-uso, está relacionado

ao valor intrínseco dos recursos naturais e deriva de uma posição moral, cultural, ética e altruística em relação ao direito de existência e/ou preservação de espécies e bens naturais, independentemente das possibilidades de uso.

A maioria desses valores mencionados é difícil de valorar, pela complexidade e infinidade de inter-relações e interdependências existentes nos ecossistemas. E, em última instância, pode-se considerar que o valor dos serviços ambientais — pelo fato de o VE estar inserido em seu conceito, tornando a valoração infinita — são imensuráveis por serem indispensáveis à sobrevivência da humanidade; em sua total ausência, não há compensação monetária que substitua a possibilidade da vida humana.

Diante dessas limitações científicas e restrições éticas e morais, há que se reconhecer que, qualquer que seja a metodologia aplicada, não se alcançará um valor real dos ecossistemas e de seus serviços. De toda forma, a demanda existente em perícias ambientais requer que metodologias menos subjetivas afirmem, de alguma forma, o valor econômico dos danos ambientais, como subsídio na tomada de decisão para compensações, indenizações, multas, entre outras sanções.

O valor econômico do recurso ambiental, por meio do método da ABNT NBR 14653-6, consiste em inferir quanto varia o bem-estar das pessoas, devido a mudanças na quantidade e qualidade de bens e serviços ambientais, seja na sua apropriação por uso ou não. Assim, o valor econômico do recurso ambiental neste método é expresso por:

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

Ou

$$VERA = VU + VE$$

Sendo que:

VERA: valor econômico do recurso ambiental;

VUD: valor de uso direto;

VUI: valor de uso indireto;

VO: valor de opção; e

VE: valor de existência

VU: valor de uso

Dentre as componentes definidas para o VERA, apenas o VUD pode ser estabelecido de forma direta a partir de uma avaliação de preços. Para os demais valores (VE, VUI, VO), é preciso estudar caso a caso e ter conhecimento e domínio dos diferentes meios de valoração — Custo de Reposição, Custos de Re-localização, Custos Defensivos ou de Proteção evitados, Custos de Controle Evitados, Custo de Oportunidade da Conservação, Produtividade Marginal, Mercado de Bens Substitutos, Custo de Viagem, Preços Hedônicos, Valoração Contingente, entre outros — além de ter clareza do caso estudado e de seu escopo, pois a escolha do método para se chegar ao VUD, VUI e VO depende do objetivo da valoração, das hipóteses assumidas, da disponibilidade de dados e do conhecimento da dinâmica ecológica do bem a valorar, devendo-se explicitar claramente os fatores limitantes e os pressupostos assumidos no momento da valoração (NBR 14.653-6).

Isso torna a aplicação do método complexa, e, novamente, exige do perito não apenas conhecimentos técnicos do assunto, mas tempo e recursos para o levantamento de dados. Por isso, muitas vezes o VUI (Valor de Uso Indireto) e o VO (Valor de Opção) são suprimidos das análises de valoração em perícias, mas são nesses valores que estão inseridos os valores dos serviços ecossistêmicos.

2.4.1 Métodos de Valoração Ambiental

2.4.1.1 Método de Preços Hedônicos (MPH)

A premissa básica do MPH é que, ao se comprar um imóvel, além das características estruturais da edificação, aquelas relativas a locação e socioambientais do entorno também são levadas em consideração na escolha e no preço a pagar. Portanto, são aspectos valorados, mesmo que indiretamente (NOGUEIRA; MEDEIROS; ARRUDA, 2000).

Segundo King e Mazzotta (2000), alguns fatores dificultam a aplicação do MPH: exige a utilização de ferramentas econométricas, o que requer bons conhecimentos de estatística e de grande levantamento e análise de dados.

Seroa da Motta (1997) apresenta a mesma visão e coloca que:

[...] a necessidade de levantamento de dados para este método é significativa. Requer, além dos indicadores ambientais, informações dos vários atributos que influenciam o preço da propriedade, como as próprias características da propriedade (tamanho, grau de conservação, benfeitorias, etc), as facilidades de serviços (comerciais, transporte, educação), a qualidade do local (vizinhança, taxa de criminalidade, etc) e também informações sócio-econômicas dos proprietários sobre uma amostra representativa das propriedades de uma região. (SEROA DA MOTTA, 1997).

Ainda, pelo fato de captar apenas a *disposição à pagar* das pessoas para diferenças em atributos ambientais percebidas por elas, e suas consequências, é um método que requer cuidado na sua aplicação para valoração de serviços ambientais, que prestam um benefício muitas vezes superior ao que é percebido individualmente.

Ainda assim, nos casos em que exista uma alta correlação entre os atributos ambientais locais e os preços das propriedades e em que esses atributos possam ser identificados e avaliados, o MPH é uma boa ferramenta para o cálculo do valor dos recursos ambientais. No entanto, de forma geral, a aplicação prática deste método é viável apenas em casos envolvendo o mercado imobiliário e condições de riscos associadas a atividades profissionais (VIEIRA, 2013).

2.4.1.2 Método Custos de Viagem (MCV)

O MCV identifica o valor do recurso ambiental com o seu valor recreacional, uma vez que tem a premissa que esses gastos para a recreação podem ser utilizados, no mínimo, como uma aproximação dos benefícios proporcionados pelos recursos e serviços ambientais. Por essas particularidades, o MCV é normalmente utilizado na valoração econômica ambiental de parques, áreas de lazer e de proteção ambiental (ABNT, 2009).

Para essa valoração, é necessário coletar informações relativas aos gastos realizados pelas pessoas em viagens para recreação, lazer e turismo, como as despesas com equipamentos, deslocamento (combustível, pedágio, aluguel de carro, passagens), alimentação, bilhetes de entrada, despesas de consumo no próprio local, estadia (NOGUEIRA; MEDEIROS; ARRUDA, 2000). Isso se faz por meio de questionários com os visitantes, coletando-se informações como procedência (distância em relação ao local do sítio visitado), condições socioeconômicas, gênero e idade, transporte utilizado, duração da visita (VIEIRA, 2013). Após a coleta, a aplicação do método consiste em regressão múltipla para estimar a curva de demanda por visitas a partir de uma função de geração de viagens, descrevendo a quantidade de visitas que um indivíduo faria a um determinado lugar, considerando suas características socioeconômicas (NOGUEIRA; MEDEIROS; ARRUDA, 2000).

Algumas limitações são encontradas na aplicação do método. Os valores são superestimados quando a viagem envolve a visitação de outros lugares, que não exclusivamente o local a ser valorado (KING & MAZZOTTA, 2000); o método se restringe a lugares de visitação pública em que é necessário o deslocamento até eles (CORDIOLI, 2013); além disso, atenção especial deve ser dada à formulação do questionário e ao cálculo da proporcionalidade dos custos de viagem diretamente relacionados à visita à área onde o serviço ambiental será valorado (FGV, 2014).

2.4.1.3 Método de Valoração Contingente (MVC)

Segundo Nogueira et al. (1998), o Método de Valoração Contingente (MVC) possibilita valorar recursos e serviços ambientais para os quais não há preços no mercado tradicional, por meio de pesquisa de opinião em mercados hipotéticos. Nesse sentido, são captadas as preferências do consumidor em relação à disposição a pagar pela preservação de um bem ambiental ou a receber por sua perda.

A vantagem desse método é que pode ser aplicado para inúmeros bens e serviços ambientais - que, em sua maioria, não têm valor estabelecido no mercado tradicional (SEROA DA MOTTA, 1997) - e, segundo entendimento da NBR ABNT 14653-6, é capaz de medir o valor de existência, além dos valores de uso direto, indireto e de opção.

A desvantagem é que, muitas vezes, os indivíduos não são capazes de perceber a importância do bem a valorar, o que pode gerar valores incompatíveis quanto a sua real disposição a pagar ou a receber (SEROA DA MOTA, 1997). Por isso, é desejável que o entrevistado tenha familiaridade com o tema para alcançar resultados mais próximos de um cenário real (NOGUEIRA et al., 1998). Além disso, o questionário deve ser cuidadosamente planejado, para não induzir o entrevistado a determinada resposta (DUBEUX, 1998).

2.4.1.4 Método de Produtividade Marginal (MPM)

O MPM, também conhecido como método dose-resposta, se baseia na premissa de que o serviço ou bem ambiental pode ser considerado como um insumo de um processo produtivo, cuja disponibilidade influencia no fornecimento de bens que possuem valor definido no mercado; ou seja, será a “dose”, que refletirá em uma “resposta” no meio produtivo que dependa desse recurso. Por exemplo, em uma cultura agrícola que apresente erosão, a sua produção final será proporcional pela influência da quantidade da erosão; para

cada “dose” de erosão, existirá uma “resposta” em termos de redução na quantidade produzida da cultura (NOGUEIRA, MEDEIROS e ARRUDA, 2000). Diante disso, com os custos de reposição dos nutrientes que se perdem com a erosão de solo, com fertilizantes no mercado, por exemplo, é possível calcular a perda aproximada pela erosão do solo. Outro trabalho que ilustra essa “dose-resposta” é o de Lopes (2020) - a vegetação aumenta a vazão de referência do curso d’água e beneficia quem tem outorga para irrigação. Ou seja, o desmatamento da faixa marginal responde em uma redução da vazão do rio, o que pode ser objeto de valoração.

Os desafios da aplicação desse método são compreender como funciona a relação dose-resposta relativas ao nível de degradação e as consequências no sistema produtivo, com os modelos econômicos adequados (NOGUEIRA, MEDEIROS e ARRUDA, 2000; PEARCE, 1993; NOGUEIRA et al., 1998).

Na mesma linha, Seroa da Motta (1997) coloca que a aplicação do método requer conhecimentos aprofundados a respeito das relações ecossistêmicas que um determinado dano ambiental pode provocar, uma vez que “as relações causais em ecologia são ainda pouco conhecidas e de estimação bastante complexa (...) questões como resiliência e capacidade assimilativa não permitem a determinação de formas funcionais simples para as dose-respostas e suas respectivas funções de produção.”

A função dose-resposta é normalmente obtida por meio de métodos estatísticos de regressão simples ou múltipla. Adota-se regressão simples se for possível assumir que o serviço ecossistêmico em questão é o único fator determinante da resposta observada. Se houver qualquer outro fator influenciando a resposta que se pretende valorar, será necessário mensurá-lo e incluí-lo na análise, o que pedirá métodos de regressão múltipla (FGV, 2014).

2.4.1.5 Método de Custos Evitados (MCE)

O Método de Custos Evitados (MCE), também chamado de Método de Gastos Preventivos ou Defensivos (MGD), fundamenta-se na premissa de que gastos com produtos ou serviços substitutos ou complementares a um determinado serviço ou característica ambiental, podem ser considerados como estimativa do valor monetário do benefício prestado por tal serviço ou característica ambiental (PEARCE, 1993). Ou seja, estima o valor do aspecto ambiental com base nos custos relacionados a prevenção de sua perda, diferente do MCR, que se baseia nos custos relacionados à recuperação de sua perda.

Um exemplo clássico é a disposição a pagar de uma pessoa, ao comprar água mineral. Por meio do custo despendido na água mineral, para evitar contrair os possíveis males que uma água encanada pode trazer para sua saúde, supõe-se que se está avaliando, indiretamente, o bem substituto “água descontaminada” (MAIA, 2002). Esse método, segundo Nogueira et al. (1998), é bastante utilizado em estudos envolvendo a morbidade e mortalidade humana, bem como as relações entre poluição e as consequências desta à saúde humana.

Apesar de ser um método relativamente simples de aplicar, deve-se atentar que, na prática, não existem bens substitutos perfeitos aos recursos ambientais, que exerçam as mesmas funções e benefícios que esses (SEROA DA MOTTA, 1997). Assim, os gastos realizados não refletirão todos os danos provocados pela degradação do recurso ambiental.

2.4.1.6 Método do Custo de Reposição (MCR)

O Método do Custo de Reposição (MCR) busca avaliar o valor do bem ou serviço ambiental perdido, por meio dos custos envolvidos na reposição de seu estado que foi degradado. É um método bastante utilizado para valorar a supressão vegetal, por exemplo, uma vez que mediante o levantamento dos custos envolvidos para a recuperação da área, como valor das mudas, insumos utilizados (adubo, estacas), placas, cercas, monitoramento – incluindo a perda econômica relativa ao período entre o tempo inicial da degradação e o tempo da total recuperação¹ - é possível estimar os bens e serviços ambientais que foram perdidos e que serão corrigidos (ABNT NBR 14653-6: 2008).

Por haver valores estabelecidos no mercado, torna-se um método mais fácil de aplicar. Além disso, é prático e rápido, podendo ser utilizado em qualquer região por meio de uma simples pesquisa de preços. Por outro lado, Maia (2002) pontua que este método se limita pela impossibilidade de captar e valorar todas as complexas propriedades do atributo ambiental que deveriam ser repostas. Além disso, o método não incorpora o valor da perda dos serviços ambientais prestados pelo ecossistema, tonando o resultado obtido subestimado.

Buscando minimizar o efeito destas limitações, alguns autores propuseram adaptações do MCR, por meio da aplicação de “fatores ambientais”. Romanó (1999) propôs aplicar um adicional de 100% (cem por cento) sobre o valor do custo de reposição, como forma de incluir

¹ Esse valor de perda econômica anterior à total recuperação é equivalente ao custo de reposição multiplicado por uma taxa social de retorno do capital, aplicada ao longo do tempo de reposição. (ABNT NBR 14653-6).

os valores intangíveis no cálculo do valor do dano ambiental. Almeida (2010) propôs aplicar fatores de correção, de acordo com o macrozoneamento da área, como sua inserção em alguma UC ou em APP, e aplicação de lucro cessante. Corrêa e Souza (2013) sugerem a aplicação de taxas de juros decrescentes sobre o custo de reposição do ecossistema degradado.

Apesar de suas fragilidades, é um método que tem sido bastante utilizado no contexto das perícias ambientais (CARDOSO, 2003; MAGLIANO, 2012; ALMEIDA, 2010; STEIGLEDER, 2011), por não requerer extenso levantamento de dados e complexidade de cálculos.

2.4.1.7 Diretrizes Empresariais de Valoração Econômica de Serviços Ecossistêmicos

Há uma abordagem de valoração econômica dos serviços ecossistêmicos desenvolvida pelo Centro de Estudos em Sustentabilidade (GVces) da Escola de Administração de Empresas da Fundação Getúlio Vargas (FGV-EAESP), que desenvolveu um conjunto de ferramentas de apoio à gestão empresarial para a valoração de suas vulnerabilidades e impactos sobre o capital natural, em especial as externalidades ambientais, disponível no documento *Diretrizes Empresariais de Valoração Econômica de Serviços Ecossistêmicos* (FGV, 2014).

Essa abordagem analisa os serviços ecossistêmicos sob 3 (três) perspectivas distintas: as dependências dos negócios da empresa em relação a esses serviços ecossistêmicos, os impactos sofridos pela empresa diante das variações na disponibilidade desses serviços ecossistêmicos e os impactos não compensados das atividades da empresa nesses serviços ecossistêmicos quando afetam outros atores sociais — as externalidades ambientais.

Após o levantamento de dados, internos e externos relativos aos aspectos ambientais envolvidos e as relações de consumo da empresa, é possível aplicá-los numa ferramenta de cálculo disponibilizada pela FGV (2014), para obter a valoração econômica de dependências, impactos sofridos pela empresa e externalidades em relação a 8 serviços ecossistêmicos: Provisão de água (quantidade), Provisão de biomassa combustível, Regulação da qualidade da água, Regulação da assimilação de efluentes líquidos, Regulação do clima global, Regulação de polinização, Regulação de erosão do solo, Recreação e Turismo.

2.4.1.8 Método Fator de Correção do Custo de Reposição

Este método, desenvolvido por Vieira (2013) foi criado para valoração de danos ambientais em casos de supressão de vegetação florestal. Foram desenvolvidos fatores de

correção, embasados na análise dos serviços ambientais afetados pelo dano, bem como nas características específicas da área, como estágio de sucessão da vegetação, tipo de uso do solo e existência de restrições legais para a ocupação. Para a definição dos valores de cada fator de correção foram consultados diversos profissionais da área ambiental, através da aplicação de questionários, incluindo peritos criminais, pesquisadores de instituições de ensino e pesquisa e servidores de órgãos de fiscalização ambiental.

A fórmula para o cálculo do valor do dano ambiental proposto é:

$$VDA = CR \times [(\%FSA \times \%FES) + \%FUS + \Sigma\%FPL)],$$

onde:

VDA – valor do dano ambiental;

CR – custo de reposição;

FSA – fator de serviços ambientais (será um valor fixo);

FES – fator de estágio de sucessão;

FUS – fator de uso do solo;

FPL – fator de proteção legal.

Enquanto que os valores definidos para os fatores de correção estão elencados na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores definidos para os fatores de correção.

Fator de Correção		Valores definidos (%)	
	Proteção do solo e controle da erosão	92	
	Ciclagem de nutrientes	85	
FSA	Infiltração da água e recarga de corpos hídricos	89	TOTAL = 516
	Regulagem do microclima	85	
	Conservação da biodiversidade	93	
	Sequestro de carbono	72	
FES	Inicial	56	
	Médio	78	
	Avançado ou formação primária	95	
	Área ocupada predominantemente por vegetação nativa preservada	83	
FUS	Área ocupada predominantemente por atividades agropecuárias (agricultura, pecuária, silvicultura)	77	
	Área ocupada predominantemente por zonas urbanas consolidadas	76	
FPL	UC de proteção integral	97	
	UC de uso sustentável	79	
	APP	97	

Legenda: FSA - fator de serviços ambientais; FES - fator de estágio de sucessão; FUS - fator de uso do solo; FPL - fator de proteção legal; UC - unidade de conservação; APP - área de preservação permanente.

Fonte: Vieira (2013).

Destaca-se que no Fator de Proteção Legal (FPL) falta considerar neste método as áreas de uso restrito e outros espaços protegidos que não são APP ou UC, como áreas de compensação por área equivalente de supressão e área de manutenção de vegetação (Lei Federal nº 11.428/2006), Reserva Legal, Áreas Prioritárias para Conservação – MMA, entre outros.

2.4.1.9 Método DEPRN

A metodologia DEPRN, desenvolvida pelo Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais do Estado de São Paulo (GALLI, 1996), consiste no uso de um quadro e de uma tabela (

Tabela 2 e Quadro 1) para identificar os danos aplicáveis para seu estudo de caso e qualificá-los.

No Quadro 1, o meio ambiente é dividido em seis aspectos ambientais: ar; água; solo e subsolo; fauna; flora e paisagem. Para cada aspecto do ambiente são considerados dois tipos de danos (um de índice 1,0 e outro de índice 1,5) e, para cada tipo de danos são descritos diversos agravos que são qualificados de 0 a 3 unidades, conforme consta no ANEXO 1.

Quadro 1- Descrição e qualificação dos agravos, segundo o aspecto do ambiente e tipo de dano.

ASPECTO AMBIENTAL	TIPO DE DANO	DESCRIÇÃO E QUALIFICAÇÃO DOS AGRAVOS							
ATMOSFERA	Impacto causado pela emissão de gases, partículas, agentes biológico, energia	Toxicidade da emissão	Proximidade de centros urbanos	Áreas protegidas	Comprometimento do aquífero	Morte ou dano à fauna	Morte ou dano à flora	Dano ao patrimônio ou monumento natural	
	Impacto na dinâmica atmosférica (x 1,5)	Morte ou dano à fauna	Morte ou dano à flora	Alteração da qualidade do ar	Previsão de reequilíbrio				
AGUA	Impacto causado por compostos químicos, físicos, biológico, energia	Toxicidade da emissão	Comprometimento do aquífero	Áreas protegidas	Dano ao solo e/ou subsolo	Morte ou dano à fauna	Morte ou dano à flora	Dano ao patrimônio ou monumento natural	
	Impacto na hidrodinâmica (x 1,5)	Morte ou dano à fauna	Morte ou dano à flora	Alteração da classe do corpo hídrico	Alteração da vazão / volume de água	Previsão de reequilíbrio			
SOLO / SUBSOLO	Impacto causado por agentes químicos, físicos, biológicos e energia	Toxicidade da emissão	Comprometimento do aquífero	Áreas protegidas	Assoreamento de corpo hídrico	Morte ou dano à fauna	Morte ou dano à flora	Dano ao patrimônio ou monumento natural	Objetivando comercialização
	Impacto na dinâmica solo e/ou subsolo (x 1,5)	Morte ou dano à fauna	Morte ou dano à flora	Alteração na capacidade de uso da terra	Dano ao relevo	Previsão de reequilíbrio			
FAUNA	Dano aos indivíduos	Áreas protegidas	Espécies ameaçadas de extinção	Espécies endêmica	Fêmeas	Objetivando comercialização			
	Impacto na dinâmica da comunidade (x 1,5)	Importancia relativa	Morte ou dano à flora	Alteração dos nichos ecológicos	Previsão de reequilíbrio				
FLORA	Dano aos indivíduos	Áreas protegidas	Espécies ameaçadas de extinção	Espécies endêmica	Favorecimento da erosão	Dano ao patrimônio ou monumento Natural	Objetivando comercialização		
	Impacto na dinâmica da comunidade (x 1,5)	Morte ou dano à fauna	Importancia relativa	Alteração dos nichos ecológicos	Previsão de reequilíbrio				
PAISAGEM	Dano à paisagem	Áreas e/ou municípios protegidos	Proximidade de centros urbanos	Reversão do dano	Comprometimento do aquífero	Comprometimento do solo - subsolo	Morte ou dano à fauna	Morte ou dano à flora	Dano ao patrimônio monumento nat.
	Dano ao patrimônio cultural, histórico, turístico, arquit. artístico (x 1,5)	Proximidade de centros urbanos	Reversão do dano	Comprometimento do aquífero	Comprometimento do solo / subsolo	Morte ou dano à fauna	Morte ou dano à flora		

Fonte: Galli, 1996 apud NETO, 2012.

Após a identificação dos agravos de cada tipo de dano, deve-se somar o valor obtido nas respectivas qualificações e multiplicado pelo fator (índice de multiplicação) estabelecido para cada tipo de dano. Com esse valor obtido no somatório de cada aspecto ambiental, deve-se identificar o respectivo “fator multiplicador” de cada aspecto, conforme apresentado na

Tabela 2.

Tabela 2- Índices de qualificação dos agravos

Aspectos Ambientais	Intervalo do índice de qualificação dos agravos				
Ar	≤ 6,8	≤ 13,6	≤ 20,4	≤ 27,2	≤ 34,0
Água	≤ 7,2	≤ 14,4	≤ 21,6	≤ 28,8	≤ 36,0
Solo-Subsolo	≤ 7,5	≤ 15,0	≤ 22,5	≤ 30,0	≤ 37,5
Fauna	≤ 6,4	≤ 12,7	≤ 19,2	≤ 25,6	≤ 32,0
Flora	≤ 6,6	≤ 13,2	≤ 19,8	≤ 26,4	≤ 33,0
Paisagem	≤ 8,0	≤ 16,8	≤ 24,0	≤ 32,0	≤ 40,0
Fator Multiplicador	1,6	3,2	6,4	12,8	25,6

Fonte: Galli, 1996 apud NETO, 2012.

Por fim, somando-se todos os fatores de multiplicação obtidos, aplica-se a fórmula a seguir, sendo que “valor de recuperação” corresponde ao valor despendido para se recuperar a área degradada:

$$\text{DANO} = [\Sigma (\text{Fator de multiplicação})] \times \text{Valor de Recuperação}$$

2.4.1.10 Método VERD (*Valor Estimado de Referência para a Degradação Ambiental*)

O método VERD, proposto por Cardoso (2003), sugere uma alternativa simplificada para a valoração econômica do dano ambiental, quantificando por meio de duas variáveis - quantificáveis e intangíveis – representadas, respectivamente, por q e i .

Quantificáveis (q) são aquelas variáveis que, de alguma forma, são economicamente mensuráveis e que estão associadas aos danos ambientais, como por exemplo: investimentos não realizados pelo causador, necessários para prevenir a poluição gerada; custos de licenciamentos ambientais não recolhidos em favor do Estado; custos de recuperação da área degradada.

Intangíveis (i) são aquelas variáveis representadas por danos e riscos efetivos ou potenciais praticados contra os ambientes físico, biótico e antrópico, em que não há como associar um valor econômico, como por exemplo: incômodos à saúde, desgastes psicológicos, danos ao patrimônio histórico e cultural, impacto visual, danos aos representantes dos diferentes reinos. Cada valor de i será representado por um quantificador que irá variar de 0 a

4, proporcional à intensidade e duração do impacto causado sobre o meio e seus componentes, assim como a seguir:

- Impacto de curto prazo (dias):

- * Sem impacto: 0
- * Baixo impacto: 1
- * Médio impacto: 2
- * Alto impacto: 3

- Impacto de médio e longo prazo (meses e anos): 4

Assim, o valor de VERD será representado pela multiplicação entre o valor total de i (soma dos quantificadores de cada variável intangível identificada no dano ambiental) e o valor total de q (soma total dos valores de q). Isto é:

$$\text{VERD} = \sum_{n=1}^{\alpha} q_n \times \sum_{n=1}^{\alpha} i_n$$

Onde:

VERD – valor econômico de referência do dano ambiental;

$\sum q_n$ – somatório dos valores numéricos correspondentes às variáveis economicamente quantificáveis;

$\sum i_n$ – somatório dos valores numéricos correspondentes às variáveis economicamente intangíveis, com peso que varia na escala de 0 a 4;

n – variáveis consideradas no cálculo, variando de 1 até α .

α – número de variáveis consideradas.

Para determinar as variáveis intangíveis, o autor divide o meio ambiente em abiótico (físico), biótico e antrópico. Considera como características (representantes) dos componentes do meio biótico:

- Reino Monera: bactérias e cianobactérias;
- Reino Protista: protozoários (amebas, protozoários);
- Reino Fungi: cogumelos, musgos;
- Reino Animal: Vertebrados (peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos) e Invertebrados (besouros, minhocas, lesmas, caramujos, centopeias, aranhas e ácaros);
- Reino das Plantas: extrato arbóreo, arbustivo e herbáceo.

Para facilitar a determinação das variáveis intangíveis o autor propõe a utilização do Quadro 2, a seguir:

Quadro 2 - Determinação das variáveis intangíveis.

		Impacto Ambiental					
		Curto Prazo*					Médio e longo prazo/riscos**
Ambiente	Ambiente	<i>in</i>	Sem -0	Baixo -1	Médio -2	Alto -3	4
Físico	Ar	<i>i1</i>					
	Água	<i>i2</i>					
	Solo/sedimentos	<i>i3</i>					
Biótico: Reino Monera	Bactérias e cianobactérias	<i>i4</i>					
Reino Protista	Protozoários (ameba, paramecio)	<i>i5</i>					
Reino Fungi	Cogumelos	<i>i6</i>					
Reino Animal	Invertebrados	<i>i7</i>					
	Vertebrados	<i>i8</i>					
Reino das Plantas	Estrato arbóreo	<i>i9</i>					
	Estrato arbustivo	<i>i10</i>					
	Estrato herbáceo	<i>i11</i>					
Ambiente Antrópico	Social	<i>i12</i>					
	Paisagístico	<i>i13</i>					
	Perdas econômicas intangíveis	<i>i14</i>					
	Bem-estar	<i>i15</i>					
Total							

*duração de dias

**duração de meses a anos

Fonte: Adaptado de Cardoso (2003).

2.4.1.11 Método Custos Ambientais Totais Esperados (CATE)

O método CATE (Custos Ambientais Totais Esperados), desenvolvido por Ribas (1996), calcula a renda perpétua que a sociedade estaria disposta a receber em detrimento da indenização (pecuniária ou não) de determinado tipo de degradação ambiental.

Há a possibilidade de duas vertentes: Custos Ambientais Totais Esperados/Dano Ambiental Intermitente (CATE I) e Custos Ambientais Totais Esperados/Dano Ambiental Contínuo (CATE II).

O CATE I é utilizado nos casos de danos ambientais intermitentes, ou seja, não contínuos, sem riscos ambientais contínuos, oriundos de uma ação degradadora não repetitiva, única, não periódica. A seguir, a fórmula de CATE I:

$$CATE I = \frac{(Vc + Cd \times Fi/d) \cdot (1 + j)^n}{(1 + j)^n - 1}$$

Onde:

CATE I = Custos ambientais esperados para danos ambientais intermitentes

Vc = Valor comercial da propriedade;

Cd = Custos de reparação do dano ambiental;

Fi/d = Fator que relaciona os danos diretos e indiretos;

j = Taxa de juros (% ao ano);

n = Período de duração dos efeitos dos impactos adversos (anos).

CATE II é utilizado na valoração de danos ambientais contínuos, ou seja, com degradação ambiental periódica, repetitiva, com riscos ambientais vinculados de maneira contínua, como lançamento sistemático de poluentes atmosféricos e de águas residuais. A seguir, a fórmula de CATE II:

$$CATE II = \frac{(Vc + Cd \times Fi/d)}{j}$$

Onde:

CATE II = Custos ambientais esperados para danos ambientais contínuos

Vc = Valor comercial da propriedade;

Cd = Custos de reparação do dano ambiental;

Fi/d = Fator que relaciona os danos diretos e indiretos;

j = Taxa de juros (% ao ano);

Em ambas as equações o item *Vc* deve apenas ser utilizado no cálculo quando o infrator obteve vantagem econômica em função do dano ambiental.

Já o fator de relação *Fi/d* relaciona os danos diretos e indiretos decorrentes de um impacto ambiental negativo em uma escala de 1 a 9, conforme Quadro 3.

Quadro 3 - Fator de relação entre os danos ambientais diretos e indiretos. Onde (d) danos ambientais diretos e (i) os indiretos.

Fator (Fi/d)	Significado
1	Relação de predominância inexistente de i sobre d
3	Pequena predominância de i sobre d
5	Significativa predominância de i sobre d
7	Predominância forte de i sobre d
9	Predominância absoluta de i sobre d
2,4,6,8	Valores intermediários

Fonte: Ribas (2006, pág. 136).

Ribas (2010) complementou essa metodologia com o cálculo da irreversibilidade do dano ambiental para determinado período decorrido entre o estabelecimento do cenário de dano ambiental do de implementação de medidas ambientais de mitigação, correção, prevenção, controle, compensação e/ou eventual indenização ambiental. Ou seja, raciocínio matemático semelhante ao empregado no sistema financeiro, em casos de inadimplência de dívida acrescida de juros para o período correspondente ao atraso.

Para o cálculo do dano ambiental irreversível utiliza-se a seguinte fórmula:

$$DAI = CATE [(1 + j)^t - 1]$$

Sendo que:

DAI – Dano ambiental irreversível;

t – tempo, em anos, decorrido entre o estabelecimento dos danos ambientais e a implementação das medidas ambientais;

j – taxa de juros ao ano (%);

CATE – CATE I ou CATE II.

2.4.1.12 Método Almeida

Segundo Almeida (2010), a avaliação do dano ambiental pode ser dividida em duas parcelas: uma parcela objetiva de observação direta e outra subjetiva, decorrente dos impactos ocasionados pelo dano, de difícil mensuração. A primeira é representada pelo custo mínimo de reparação imediata do dano, o mais próximo do status inicial; a segunda tem como

finalidade atingir um alvo ainda pouco conhecido, que é o “estado do ecossistema e todas as suas propriedades e processo de ordem química, física e biológica, que garantem a sua complexidade e equilíbrio. Esse alvo não é conhecido e talvez nunca seja” (ALMEIDA, 2010). Para uma aproximação dessa parcela subjetiva foram criados índices que procuram qualificar e hierarquizar um determinado ecossistema em função de diversos parâmetros.

O modelo proposto é baseado em uma escala hierárquica de categorização dos ecossistemas em função da sua situação em relação aos diversos tipos de uso do solo (Lei Complementar n. 17/1997), Unidade de Conservação (Lei Federal n. 9985/2000) e Área de Preservação Permanente (Res. CONAMA n. 303/2002). Dessa categorização, foram definidos os fatores constantes da Tabela 3.

Tabela 3 - Fatores para uso e ocupação do solo, Unidades de Conservação e APPs.

Macrozoneamento	Fator
Zona Urbana de Dinamização	1
Zona Urbana de Consolidação	1
Zona Urbana de Uso Controlado	1,1
Zona Rural de Dinamização	1,2
Zona Rural de Uso Diversificado	1,2
Áreas Rurais Remanescentes	1,2
Zona Rural de Uso Controlado	1,5
Áreas de Lazer Ecológico	2
Zona de Conservação Ambiental	2
Área de Proteção de Mananciais	2
Áreas com Restrições Físico-Ambientais	2
Unidades de Conservação	Fator
Fora de qualquer unidade	1
Área de Proteção Ambiental	1,2
Área de Relevante Interesse Ecológico	1,5
Floresta Nacional	2
Reserva Extrativista	2
Reserva de Fauna	2
Reserva de Desenvolvimento Sustentável	2
Reserva Particular de Patrimônio Natural	3
Estação Ecológica	5,8
Reserva Biológica	6
Parque Nacional	6
Monumento Natural	6
Refúgio da Vida Silvestre	6
Área de Preservação Permanente	6

Fonte: Almeida (2010).

Com isso, a parcela subjetiva equivale ao custo objetivo multiplicado pelo fator correspondente ao uso e ocupação do solo; à Unidade de Conservação ou à Área de Preservação Permanente, conforme equação a seguir:

$$CR = CRO \times FM \times FUC$$

Sendo que:

CR – Custo de Restauração (R\$)

CRO – Custo de Restauração Objetiva (R\$)

FM – Fatores de Macrozoneamento (Tabela 3)

FUC – Fatores de Unidades de Conservação e Áreas de Preservação Permanente (Tabela 3)

Adicionalmente, Almeida (2010) sugere a soma do lucro cessante ao custo de restauração, de forma que o período entre a data que ocorreu o dano e a data em que área for completamente reparada — ou a data da perícia, a depender do objetivo da valoração — seja contabilizada.

Para o cálculo do lucro cessante o autor divide em 04 (quatro) tipos de degradação: degradação instantânea sem recuperação natural, degradação progressiva linear, degradação instantânea com recuperação progressiva e restauração incompleta. Para cada tipo de degradação, sugere-se a aplicação de diferentes fórmulas, conforme detalhado em Almeida (2010). No presente trabalho será utilizada a fórmula para o caso de *degradação instantânea sem recuperação natural* – ou seja, a degradação ocorre praticamente de forma instantânea e a área permaneceu degradada por um período de tempo até a data da restauração. Isto é:

$$CRP = CR (1 + i)^t$$

Sendo que:

CRP – Custo de Restauração Presente (R\$)

CR – Custo de Restauração (R\$)

i – Índice de Correção (taxa de juros ao ano)

t – Período entre o início da degradação e a data dos exames

3 METODOLOGIA

3.1 DEFINIÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS AVALIADOS

Para atingir o primeiro objetivo deste trabalho foi consultado o conceito de APP da Lei Federal nº 12.651/2012, disponível no art. 3º, inciso II - a fim de conferir um caráter técnico-legal ao método que permita aplicá-lo objetivamente no âmbito das perícias ambientais – e selecionados cinco dos sete serviços ecossistêmicos citados:

**área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. (BRASIL, 2012).
(grifo nosso).**

Os serviços ecossistêmicos selecionados para esse trabalho são:

- Preservação dos recursos hídricos;
- Preservação da paisagem;
- Preservação da estabilidade geológica;
- Facilitação do fluxo gênico de fauna e flora;
- Proteção do solo.

As funções ambientais de preservar a biodiversidade e de assegurar o bem-estar das populações humanas não foram desenvolvidas neste trabalho, por requererem dados específicos e de certa complexidade que não foram possíveis de obter no tempo de execução deste trabalho. Podem, todavia, serem objeto de estudo de trabalhos futuros.

Dentre as APPs, a faixa marginal de curso d'água foi selecionada, para o estudo de caso, por ser recorrentemente abordada em perícias ambientais e em processos judiciais ambientais; é um ambiente historicamente ocupado pelo homem e também muito frequente no território nacional. Além disso, na APP preservada de faixa marginal de curso d'água ocorre simultaneamente todos os serviços ecossistêmicos selecionados para esse estudo, fornecendo um maior espectro de possibilidades para a valoração econômica dos serviços ecossistêmicos.

3.2 DESENVOLVIMENTO DAS FÓRMULAS

Para cada serviço ecossistêmico selecionado foi desenvolvida uma fórmula, adotando como variáveis os custos necessários para a reprodução artificial dos serviços ecossistêmicos selecionados. A fim de facilitar sua utilização e não depender da elaboração de orçamentos

específicos no momento da perícia, essas fórmulas foram reescritas com variáveis que facilmente são obtidas nos casos periciados, como, por exemplo, metragem da área degradada (A), extensão da área degradada (Ex), altura da calha do rio (Al), anos necessários para a recuperação ambiental (n), vazão diária média do curso d'água ($Q_{diária\ média}$).

A seguir, está apresentada a metodologia desenvolvida neste trabalho para a obtenção de cada uma das fórmulas, para cada um dos serviços ecossistêmicos.

3.2.1 Preservação dos Recursos Hídricos

O serviço Preservação dos Recursos Hídricos foi valorado economicamente, neste trabalho, levantando-se o investimento necessário para reproduzir artificialmente esse serviço, ou seja, o custo para aquisição e implantação de uma Estação de Tratamento de Água – ETA, somado ao custo de operação dessa ETA ao longo do tempo em que a área demandasse para retornar ao seu estado preservado. Assim, a fórmula para a valoração econômica do serviço de *preservação dos recursos hídricos* (V_{rh}) foi desenvolvida por meio da soma da variável *investimento para implantação de uma Estação de Tratamento de Água – ETA* (I_i) com a variável *custo de operação anual* (I_o) durante n anos de operação (até que a área seja recuperada). Isto é:

$$V_{rh} = I_i + I_o \times n \quad (3.2.1.1)$$

Para que seja possível utilizar a fórmula do V_{rh} nos estudos de caso em que não se tenham orçamentos específicos de I_i e I_o , foi reescrita em função da variável vazão do curso d'água.

Há uma série de vazões que poderiam ser adotadas para essa fórmula, como $Q_{7,10}$; Q_{98} (utilizada em Santa Catarina para outorga); Q_{95} (utilizada pela Agência Nacional de Água - ANA para outorga); $Q_{diária\ média}$; $Q_{1,58}$ (margens plenas do rio; vazão dominante; cheia anual mais provável). Neste trabalho, como se pretende retratar a água que efetivamente corre pelo rio durante o ano, como média, será selecionada para a fórmula a vazão diária média ($Q_{diária\ média}$) em m^3/dia .

O investimento inicial de aquisição e implantação de uma ETA (I_i) corresponde à multiplicação do custo de implantação da ETA em $R\$/m^3/dia$ (C_{im}) com a capacidade de tratamento de água da ETA em m^3/dia , que, neste caso, é equivalente a vazão do curso d'água ($Q_{diária\ média}$). Isto é:

$$I_i = C_{im} \times Q_{diária\ média}$$

Para se chegar ao custo de implantação da ETA (C_{im}), em $R\$/m^3/dia$, foram consultados os valores (R\$) de implantação total de 3 (três) ETAs (AQUAMEC, 2019; MIERZWA et al., 2008; LIP ENGENHARIA, 2020). Após corrigidos pelo IGP-M² no período de suas orçamentações à maio/2020, os valores foram divididos pela capacidade de tratamento de cada ETA (m^3/dia) correspondente.

Extraíndo a média, obteve-se um custo de implantação da ETA (C_{im}) de R\$ 199,47 para cada m^3/dia de capacidade de tratamento da estação, conforme indica a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Tabela 4 - Custo de implantação da ETA (C_{im}), em $R\$/m^3/dia$, obtido por meio da média aritmética do custo de implantação de três ETAs, em $R\$/m^3/dia$.

Custo de implantação de ETA em R\$/L/s							
ETA	Data do orçamento	Capacidade tratamento (L/s)	Capacidade tratamento (m^3/dia)	Valor de implantação total (R\$)	Fator de correção IGP-M)	Valor de implantação total corrigido (R\$), para 05/2020	Custo de implantação corrigido ($R\$/m^3/dia$)
ETA ₁	jun/19	4,17	360,29	53.000,00	1,0651026	56.450,44	156,58
ETA ₂	set/06	100	8.640	1.232.943,78	2,285195	2.817.516,96	326,10
ETA ₃	mai/20	10	864	100.000,00	0	100.000,00	115,74
Média							199,47

Fonte: Elaboração própria a partir de Aquamec (2019), Mierzwa et al. (2008), LIP Engenharia (2020).

Assim, a fórmula de I_i será:

$$I_i = 199,47 \times Q_{diária\ média}$$

O investimento de operação anual da ETA (I_o), por sua vez, corresponde à multiplicação do custo do tratamento da água em $R\$/m^3$ (C_{tr}) pela quantidade anual de água captada, que é equivalente à vazão do curso d'água em um ano – obtida por meio da multiplicação da vazão diária média ($Q_{diária\ média}$) pelos dias do ano, sem considerar o ano bissexto (365). Isto é:

$$I_o = C_{tr} \times Q_{diária\ média} \times 365$$

Para se chegar ao valor do custo do tratamento da água (C_{tr})³, em $R\$/m^3$, foi realizada a média do custo ($R\$/m^3$) de tratamento de água (operação e manutenção) de três Estações de Tratamento de Água, operadas pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento – CASAN na região Metropolitana da Grande Florianópolis (TRENNEPOHL et al., 2017), já considerando o índice de correção IGP-M no período de abril/2016 (quando a pesquisa de TRENNEPOHL foi finalizada) a maio/2020.

Com isso, obteve-se o custo de tratamento de água (C_{tr}) de $R\ \$ 0,38 R\$/m^3$, conforme indica a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Tabela 5 - Valor do custo de tratamento de água (operação e manutenção) da ETA (C_{tr}), em $R\$/m^3$, obtido por meio da média aritmética do custo de tratamento de três ETAs, em $R\$/m^3$.

Custo de tratamento (operação e manutenção)			
ETA	Valor médio (R\$/m³), 04/2016	Fator de correção IGP- M	Valor médio (R\$/m³) corrigido, 05/2020
ETA José Pedro Horstmann	0,18	1,2284	0,22
ETA Lagoa do Peri	0,46	1,2284	0,57
ETA Ingleses	0,29	1,2284	0,36
Média			0,38

Fonte: Elaboração própria a partir de Trennepohl et al. (2017).

Assim, a fórmula de I_o será:

$$I_o = 0,38 \times Q_{diária\ média} \times 365$$

Logo, a fórmula $V_{rh} = I_i + I_o \times n$ será reescrita como:

$$V_{rh} = C_{im} \times Q_{diária\ média} + C_{tr} \times Q_{diária\ média} \times 365 \times n$$

ou

$$V_{rh} = 199,47 \times Q_{diária\ média} + 0,38 \times Q_{diária\ média} \times 365 \times n \quad (3.2.1.2)$$

Todavia, aqui precisamos considerar que o tratamento de água de uma ETA visa atender aos padrões de potabilidade definidos na Portaria de Consolidação GM/MS nº 5/2017 e alterações posteriores (e.g., Port. 888/2021), que não são necessariamente os parâmetros

³ Nos casos reais em que se tenham os valores da qualidade do rio antes e depois do dano, é possível utilizá-los como escopo para a elaboração de orçamentos específicos para o tratamento da água desde a qualidade mínima (obtida depois do dano) para a qualidade ideal (antes do dano, ou conforme parâmetros da Resolução CONAMA 357/2005, Classe 2).

originais do rio, bem como os definidos para sua classe, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005. No entanto, para valoração deste serviço, foi a solução tecnológica atualmente disponível mais pertinente considerada para recuperar a qualidade da água do rio alterado.

Ademais, as equações propostas consideram o tratamento de todo o volume do rio em um cenário onde a intervenção tenha destruído toda a função das suas faixas marginais de APP. Pode haver casos em que a intervenção é apenas em um trecho. Assim, de forma a correlacionar e individualizar a contribuição da intervenção para a perda da qualidade do recurso hídrico para a faixa degradada pode ser feita mediante a relação entre a APP efetivamente degradada, somada à APP à jusante, dividida pela APP total do rio, ou, mais simples, fazer a relação entre o comprimento do trecho degradado, somado ao do trecho a jusante e dividido pelo comprimento total do rio. Considerou-se a soma do trecho degradado pelo trecho a jusante uma vez que a degradação da qualidade da água se propaga para as porções mais baixas do rio, devendo ser considerado esse trecho também no “tratamento da qualidade da água”. E a relativização pelo comprimento total do curso se deve a necessidade de se relativizar a soma obtida pelo total do elemento analisado. Por exemplo, quanto mais a montante a degradação, maior será o resultado dessa divisão e maior o valor do dano. Isso corresponde com a realidade de que quanto mais a montante ocorre a degradação da APP em um curso d’água, mais áreas de água a jusante serão afetadas pelo dano, em termos de qualidade de água.

Por simplificação, adotou-se a hipótese de que qualquer melhoria na qualidade da água tenha o mesmo custo por m³, independente de todos os parâmetros estarem prejudicados ao extremo ou só um pouco. Assim, será proposto um fator (Ω) que varia de 0 a 1 de acordo com a porcentagem de perda de qualidade do rio em relação ao seu estado anterior (o que pode ser coletado e aferido à montante do dano), considerando como total dos parâmetros de qualidade aqueles elencados na Resolução CONAMA 357/2005, para a respectiva classe em estudo. Logo, para estudos de caso em que foram alterados 20% dos parâmetros de qualidade de água elencados na Resolução CONAMA 357/2005, em relação ao estado anterior do rio, será utilizado o fator Ω igual a 0,2; para alterações de 40%, 0,4; para alterações de 75%, 0,75; e assim por diante, até chegar nas alterações totais de 100%, atribuindo fator Ω igual a 1. No caso de não se ter como estimar a porcentagem de perda de qualidade do rio em relação à qualidade atual e a anterior, adota-se $\Omega = 1$.

Assim, a fórmula 3.2.1.2 será reescrita como:

$$V_{rh} = \Omega \times \frac{(APP_a + APP_j)}{APP_t} \times (C_{im} \times Q_{diária\ média} + C_{tr} \times Q_{diária\ média} \times 365 \times n)$$

$$V_{rh} = \Omega \times \frac{(APP_a + APP_j)}{APP_t} \times (199,47 \times Q_{diária\ média} + 0,38 \times Q_{diária\ média} \times 365 \times n)$$

$$V_{rh} = \Omega \times \frac{(APP_a + APP_j)}{APP_t} \times (199,47 + 365 \times n \times 0,38) \times Q_{diariamedia} \quad (3.2.1.3)$$

Sendo que:

V_{rh} – Valor econômico do serviço de *preservação dos recursos hídricos* (R\$)

I_i – Investimento inicial de aquisição e implantação de uma ETA (R\$)

I_o – Investimento de operação da ETA (R\$/ano)

n – Anos para recuperação da vegetação até o estágio sucessional esperado, neste caso, equivalente aos anos de operação da ETA (*ano*)

C_{im} – Custo de implantação da ETA (R\$/L/s)

C_{tr} – Custo do tratamento da água do nível de qualidade mínima para o nível de qualidade ideal (R\$/m³)

$Q_{diária\ média}$ – Vazão diária média do curso d'água (m³/dia)

APP_a – Comprimento do trecho do rio degradado (m)

APP_j – Comprimento do trecho do rio a jusante da degradação (m)

APP_t – Comprimento total do rio (m)

Ω – Fator de correção dos parâmetros de qualidade de água afetados

Na falta de dados de vazão diária média ($Q_{diária\ média}$), pode-se procurar correlacioná-la dados disponíveis de bacias, a partir de estações fluviométricas próximas (pode ser consultado o Portal HidroWeb do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos - SNIRH). Por precaução, para ser mais favorável ao meio ambiente, pode-se também utilizar a vazão de margens plenas a partir da equação de Manning, medindo-se o leito do rio em campo. E até determinar a declividade real do canal, bem como o melhor coeficiente de Manning para aquele trecho degradado.

3.2.2 Preservação da Paisagem

O valor econômico do serviço de *preservação da paisagem* (V_{pp}) foi mensurado pela soma do investimento envolvido na recuperação do ambiente degradado, que envolve investimentos de: elaboração do projeto por um profissional habilitado (Ela); implantação do projeto (Imp), com todos os investimentos de insumos e mão-de-obra; manutenção do projeto (Man), contemplando reposição de mudas, adubação, manutenção de equipamentos; monitoramento do projeto por responsável técnico (Mon), com emissão de relatórios periódicos, durante n anos — até que a vegetação da área atinja porte tal equivalente ao que eventualmente foi suprimido ou ao que se quer valorar. Isto é:

$$V_{pp} = Ela + Imp + Man + Mon \quad (3.2.2.1)$$

Para que seja possível utilizar a fórmula do V_{pp} nos estudos de caso em que não se tenham orçamentos específicos, esta foi reescrita em função da variável área a ser recuperada em m^2 (A) e do tempo de execução do projeto em anos (n), desenvolvida com base em valores de referência médio existentes no mercado.

O **investimento para a elaboração do projeto de recuperação** (Ela) depende de uma série de características da área a ser recuperada, dos projetos específicos e dos profissionais demandados, e será expresso como a multiplicação das horas de trabalho (h) despendidas para a elaboração do projeto pelo valor da hora técnica ($\$hora$) em $R\$/hora$ do profissional habilitado, corrigido pelo BDI - Benefícios e Despesas Indiretas⁴. Isto é

$$Ela = h \times \$hora \times BDI$$

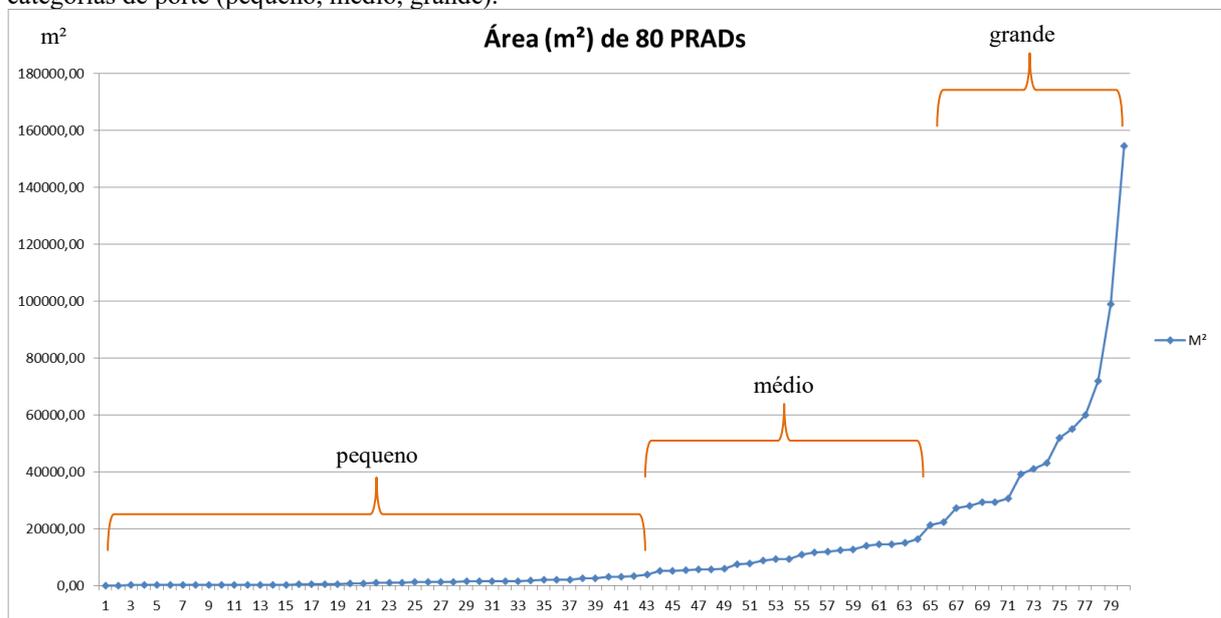
Para fins de desenvolvimento da fórmula e para os casos periciados em que não se têm os valores anteriormente mencionados, será considerada a necessidade de contratação de um profissional Biólogo Pleno, cuja referência de hora técnica ($\$hora$), conforme instrução CFBio nº 04/2007, é R\$ 199,64, já corrigidos pelo IGP-M para o período de maio/2020. Destaca-se que outros profissionais habilitados podem ser considerados para essa valoração, devendo-se consultar, todavia, suas respectivas tabelas de remuneração específicas para a

⁴ O termo BDI vem do inglês e significa Budget Difference Income (Benefícios e Despesas Indiretas). No cálculo do preço final, o BDI é um componente adicional aos custos diretos. Os elementos inseridos para o cálculo do BDI são: Administração Central, Custo Financeiro, Seguros, Garantias, Margem de Incerteza, Tributos Municipais, Tributos Estaduais, Tributos Federais (TF), Margem Bruta de Contribuição (MBC). www.stant.com.br.

substituição na fórmula. Além disso, para o desenvolvimento dessa fórmula, foi considerado que a recuperação em questão envolve apenas ações de revegetação, não requerendo ações como movimentação de terra, reconformação de relevo, descontaminação de áreas, entre outros, o que acarretaria em mais profissionais envolvidos na elaboração do projeto e em mais ações necessárias para a implantação e manutenção do PRAD.

Para estabelecer as horas despendidas para a elaboração do projeto, foi criado, primeiramente, três categorias de PRADs (pequeno, médio e grande), de acordo com o tamanho da área a ser recuperada (A), em m^2 . Para essa categorização foram consultados 80 (oitenta) PRADs, elaborados na Grande Florianópolis e municípios vizinhos litorâneos, pela empresa Ambiens Consultoria e Projetos Ambientais Eireli (ANEXO 2), desde o ano de 2002 a 2020. Constatou-se, conforme Figura a seguir, que há uma tendência de agrupamento dos PRADs levantados com área de aproximadamente $53m^2$ até $3.201m^2$; de $3.700m^2$ a $16.300m^2$; de $21.300m^2$ a $154.575m^2$. Assim, para fins de padronização das categorias, foi estabelecido para este trabalho que PRADs com área de até $3.000m^2$ são de pequeno porte; de $3.001m^2$ a $15.000m^2$ são de médio porte; acima de $15.001m^2$ são de grande porte.

Figura 1: Gráfico das áreas (m^2) dos Projetos de Recuperação elaborados no ano de 2002 a 2020, na Grande Florianópolis e municípios vizinhos, apresentando tendências de agrupamentos que podem ser divididos em três categorias de porte (pequeno, médio, grande).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados obtidos de Ambiens Consultoria (ANEXO 2).

Após criação das categorias, o segundo passo foi estimar o tempo médio (horas) despendido para a execução do trabalho (vistoria em campo; redação do projeto; demandas

administrativas, como telefonemas, reuniões, diligências), para os respectivos portes de PRADs, conforme elencado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Tabela 6 – Categorias de PRAD, de acordo com a área (m²) a ser recuperada, e tempo (h) despendido para cada ação inerente à elaboração do projeto, em cada categoria.

Categorias de PRAD X Horas de trabalho					
Categoria	Área do PRAD (m²)	Campo (h)	Escritório (h)	Administrativo (h)	Total (h)
Pequeno	até 3.000	4	16	2	22
Médio	3.001 - 15.000	6	22	3	31
Grande	acima de 15.001	8	30	4	42

Fonte: Elaboração própria.

Dessa forma, aplicando a fórmula de *Ela*, com tais valores, teremos os seguintes investimentos de elaboração de PRAD, para cada categoria de projeto (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Tabela 7 – Investimento para elaboração de PRAD (*Ela*) de acordo com as *categorias* pequeno, médio e grande, e considerando hora técnica de R\$199,64.

Investimento para Elaboração de PRAD (<i>Ela</i>) X Categorias						
Categoria	Área do PRAD (m²)	Total (h)	Hora técnica (R\$) CFBio nº 04/2007; IGP-M (2020)	Custo do PRAD (R\$)	BDI (26,33%)	TOTAL de <i>Ela</i> (R\$)
Pequeno	até 3.000	22	199,64	4392,08	26,33	5548,51
Médio	3.001 - 15.000	31	199,64	6188,84	26,33	7818,36
Grande	acima de 15.001	42	199,64	8384,88	26,33	10592,61

Fonte: Elaboração própria.

Ou seja:

$$Ela = 5.548,51, \text{ quando } A \leq 3.000$$

$$Ela = 7.818,36, \text{ quando } 3.000 < A \leq 15.000$$

$$Ela = 10.592,61, \text{ quando } A > 15.000$$

Sendo que:

A – Área a ser recuperada (m²)

O investimento para a implantação do projeto (*Imp*) foi obtido por meio da orçamentação dos insumos necessários para o plantio (mudas, estacas, terra, adubo, mão-de-obra), somados aos custos da(s) placa(s) sinalizadora(s) do projeto, da implantação da cerca delimitadora, da eventual remoção de fatores impactantes e/ou de espécies exóticas. No entanto, para que seja possível obter o valor de *Imp* nos estudos de caso em que não se tenham orçamentos específicos, foi desenvolvida uma fórmula em função do custo de implantação do projeto de recuperação em $R\$/m^2$ (C_{ip}), multiplicada pela área a ser recuperada em m^2 (A). Isto é:

$$Imp = C_{ip} \times A$$

Para se chegar ao valor do custo de implantação do projeto (C_{ip}), em $R\$/m^2$, foi realizada a média do custo de cinco Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) — que envolveram a implementação de todas as ações anteriormente mencionadas — já considerando o índice de correção IGP-M (FGV, 2020) e dividido o valor final de cada orçamento ($R\%$) pela área total recuperada (m^2). Os PRADs orçados foram executados pelo método tradicional de plantio de mudas nativas, com espaçamento médio de 3m X 2m, com altura de aproximadamente 1m a 1,5m.

Com isso, obteve-se o custo de implantação médio (C_{ip}) de $R\% 6,00398 R\%/m^2$, conforme indica a **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Tabela 8 - Custo de implantação de PRAD (C_{ip}), em $R\%/m^2$, obtido por meio da média aritmética do custo de implantação de 5 projetos, corrigido pelo IGP-M (FGV, 2020).

Custo de Implantação de PRAD						
	Data orçamento	Valor inicial (R\$)	Fator de correção IGP-M	Valor corrigido R\$ (maio/2020)	Área do PRAD (m^2)	R\$/ m^2
PRAD 1	27/04/2016	9130	1,228466	11215,90	1700	6,60
PRAD 2	02/04/2017	16734	1,1715034	19603,94	2898	6,76
PRAD 3	09/05/2017	14335	1,1845333	16980,28	3000	5,66
PRAD 4	06/12/2013	68590	1,458377	100030,08	20610	4,85
PRAD 5	11/12/2012	71900	1,540186	110739,39	29370	3,77
Média						5,53

Fonte: Elaboração própria a partir de Ambiens (2020).

Assim, a fórmula de *Imp* será:

$$Imp = 5,53 \times A$$

O investimento para a manutenção de um projeto de recuperação (*Man*) foi obtido por meio da orçamentação das ações necessárias para se manter o projeto em bom estado de desenvolvimento ao longo dos anos, como reposição de mudas, controle de espécies exóticas, adubação, coroamento, controle de pragas e rega.

No entanto, para que seja possível obter o valor de *Man* nos estudos de caso em que não se têm orçamentos específicos, será desenvolvida uma fórmula em função do custo de manutenção do replantio em R\$ (C_{mr}) — que ocorrerá apenas no primeiro ano da manutenção — somado à multiplicação do custo de manutenção periódica anual do projeto de recuperação em R\$ (C_{mp}) — que ocorrerá todos os anos e contempla ações de adubação, limpeza de terreno e controle de exóticas — durante n anos. Isto é:

$$Man = (C_{mr} + C_{mp} \times n)$$

Para se chegar ao valor do custo de manutenção do replantio (C_{mr}) em R\$ foi desenvolvida uma fórmula para que, a partir da divisão da extensão total da área a ser recuperada em m^2 (A) pela área ocupada pelo plantio de 1 (uma) muda em m^2 (e) se obtenha o número correspondente à quantidade total de mudas necessárias em um PRAD. Esse valor foi multiplicado por 20%, que corresponde à porcentagem de replantio normalmente necessária em PRADs; por fim, multiplicado pela soma do preço da muda ($\$muda$) e da mão-de-obra para o seu replantio ($\$mao$).

$$C_{mr} = \frac{A}{e} \times 0,2 (\$muda + \$mao)$$

Para fins de desenvolvimento da fórmula para estudos de caso que não se tenham orçamentos específicos, foi adotado o espaçamento de plantio 3m X 2m ($e = 6m^2$) — comumente adotado em PRADs — e os seguintes valores médios obtidos por orçamentação com empresas de jardinagem (ILSON, 2020): preço de R\$ 15,00 para a unidade de muda de 1m e preço de R\$ 5,00/muda plantada, para mão-de-obra do plantio. Com isso, obteve-se o custo de manutenção do replantio (C_{mr}) conforme abaixo:

$$C_{mr} = \frac{A}{6} \times 0,2 (15 + 5)$$

$$C_{mr} = A \times 0,66$$

Para se chegar ao valor do custo de manutenção periódica anual do projeto de recuperação em R\$ (C_{mp}), é necessário saber o quantitativo de mudas plantadas, os custos envolvidos na ação de adubação de cada muda (2 vezes ao ano) e os custos de limpeza do terreno por m^2 (3 vezes ao ano). Assim, foi dividida a extensão total da área a ser recuperada em m^2 (A) pela área em m^2 ocupada por cada muda (e). Após isso, multiplicou-se o resultado pelo preço de adubação de cada muda ($\$adubo$) e somado ao produto do preço de limpeza do terreno em R\$/ m^2 ($\$limpeza$) pela área do PRAD em m^2 (Ex). Isto é:

$$C_{mp} = \frac{A}{e} \times \$adubo \times 2 + \$limpeza \times A \times 3$$

Para fins de desenvolvimento da fórmula para estudos de caso em que não se tenham orçamentos específicos, foi adotado o espaçamento de plantio 3m X 2m — comumente adotado em PRADs — e os seguintes preços médios obtidos por orçamentação com empresas de jardinagem (ILSON, 2020): R\$ 8,00 por unidade de muda adubada ($\$adubo$); R\$ 1,30 por m^2 limpo/roçado/capinado/controlado exóticas ($\$limpeza$). Com isso, obteve-se o custo de manutenção periódica anual do projeto (C_{mp}) de R\$ 6,56/ m^2 . Isto é:

$$C_{mp} = \frac{A}{6} \times 8 \times 2 + 1,30 \times A \times 3$$

$$C_{mp} = A \times 6,56$$

Logo, se $Man = (C_{mr} + C_{mp} \times n)$, então:

$$Man = A \times 0,66 + A \times 6,56 \times n$$

O investimento para o monitoramento do projeto por responsável técnico (Mon) é obtido por meio da orçamentação de tal serviço por um profissional habilitado, que realizará vistorias periódicas na área, emitirá relatórios de monitoramento periódicos e realizará o

acompanhamento do processo junto ao órgão ambiental, por um determinado período. Esses valores podem ser orçados para cada caso periciado e aplicados à fórmula.

Nos estudos de caso em que não se tenham orçamentos específicos, será reescrito Mon em função da variável custo de monitoramento do projeto de recuperação em R\$/h (C_{mo}), pelo tempo despendido para monitoramento do projeto h/ano (T), durante n anos. Isto é:

$$Mon = C_{mo} \times T \times n$$

Para se chegar ao valor do custo de monitoramento do projeto (C_{mo}) em R\$/h, foi considerada a necessidade de contratação de um profissional biólogo pleno, cuja referência de hora técnica ($\$hora$), conforme Instrução CFBio nº 04/2007, é R\$ 199,64, já corrigidos pelo IGP-M (FGV, 2020) para o período de maio/2007 a maio/2020. Destaca-se que o valor da hora técnica poderá ser obtido de outros Conselhos que tenham profissionais habilitados para o monitoramento e execução de PRADs.

Para se chegar ao valor do tempo despendido para monitoramento do projeto em h/ano (T), por sua vez, foram contabilizadas as horas médias necessárias para se elaborar 2 relatórios semestrais por ano, realizar 1 vistoria a cada dois meses (considerando que o responsável técnico mora na mesma cidade que a área objeto do PRAD) e realizar o gerenciamento do projeto junto ao órgão ambiental e ao cliente, com base na experiência profissional própria de 10 anos em consultoria e projetos ambientais. Assim, tais horas estimadas correspondem a 16h, 24h e 12h, respectivamente.

Com isso, obtém-se o tempo total despendido para monitoramento do projeto em h/ano (T) de 52h/ano.

Assim, a fórmula de Mon será:

$$Mon = 199,64 \times 52 \times n$$

$$Mon = 10.381,28 \times n$$

Logo, a fórmula $V_{pp} = Ela + Imp + Man + Mon$ será reescrita como:

$$V_{pp} = Ela + (6,19 \times A) + (6,56 \times A \times n) + (10.381,28 \times n) \quad (3.2.2.2)$$

Em que

$$Ela = \begin{cases} 5.548,51 & \text{se } A \leq 3.000 \text{ m}^2 \\ 7.818,36 & \text{se } 3.000 < A \leq 15.000 \text{ m}^2 \\ 10.592,61 & \text{se } A > 15.000 \text{ m}^2 \end{cases}$$

Sendo que:

V_{pp} – Valor econômico do serviço de *preservação da paisagem* (R\$)

Ela – Investimento de elaboração do projeto de recuperação (R\$)

Imp – Investimento de implantação do projeto de recuperação (R\$)

Man – Investimento da manutenção do projeto de recuperação (R\$)

Mon – Investimento do monitoramento do projeto de recuperação (R\$)

A – Área a ser recuperada (m^2)

n – Anos para recuperação até o estágio sucessional esperado (*anos*)

3.2.3 Preservação da Estabilidade Geológica

O valor econômico do serviço de *preservação da estabilidade geológica* (V_{eg}) foi mensurado pela soma do investimento envolvido na estabilização do talude, que envolve investimentos de elaboração do projeto por um profissional habilitado (E_{et}) e de implantação da obra de estabilização de talude (I_{et}), com todos os custos de insumos e mão-de-obra. Neste caso não será considerado o investimento para a manutenção da obra, uma vez que, normalmente, esta é realizada apenas em eventualidades e casos extremos que danifiquem a estrutura, não havendo uma periodicidade padrão de manutenção. Então:

$$V_{eg} = E_{et} + I_{et} \quad (3.2.3.1)$$

Para que seja possível utilizar a fórmula do V_{eg} nos estudos de caso em que não se tenham orçamentos específicos, será reescrita em função da extensão (Ex) da área degradada e altura (Al) da calha do rio (e que correspondem às dimensões do muro a ser construído para a estabilização do talude), em m .

Para se chegar ao valor do **investimento de elaboração do projeto** (E_{et}) em R\$ foi utilizado como critério a determinação dos honorários profissionais dos serviços técnicos de projetos, fixados pelo Sindicato dos Engenheiros no Estado de Santa Catarina-SENGE/SC (2020). Conforme tal Regulamento de Honorários Profissionais para Serviços de Engenharia e Arquitetura, art. 2º, os honorários, quando calculados em função do valor total das Obras, são

expressos, para Estudos e Projetos, de 4 a 8% do valor da obra. Assim, para o valor do E_{et} tomar-se-á como critério para esta fórmula a média de 6% do investimento para a implantação da obra (I_{et}). Isto é:

$$E_{et} = 0,06 \times I_{et}$$

O valor do **investimento de implantação da obra de estabilização de talude (I_{et})** em R\$, por sua vez, corresponde à soma do Custo de implantação da obra (C_{io}) corrigido pelo BDI - Benefícios e Despesas Indiretas⁵. Isto é:

$$I_{et} = C_{io} (1 + BDI/100)$$

O Custo de implantação da obra (C_{io}) corresponde à multiplicação do volume do muro pelo valor do m³ de gabião (SINAPI, 2020), conforme orçamentos simulados na **Erro! Fonte de referência não encontrada..** Para fins de facilitação do uso da fórmula nos casos de perícia, o C_{io} , foi desenvolvido com base nas variáveis altura (Al) e comprimento (Ex) do muro. Isto é:

$$C_{io} = [(Al \times (Al + 1))/2 \times Ex] \times 477,54$$

Tabela 9 - Custo de implantação da obra, em R\$, obtido por meio da orçamentação de 8 projetos de edificação de muro de gabião, com base nos valores SINAPI (maio, 2020), código 92744.

Custo de implantação do muro					
Projeto	Comprimento (m)	Altura (m)	Volume (m³)	Valor do m³ de gabião em R\$ (maio/20)	Custo de implantação da obra (R\$)
Muro 1	50	1	50	477,54	23877
Muro 2	50	2	150	477,54	71631
Muro 3	50	3	300	477,54	143262
Muro 4	50	4	500	477,54	238770
Muro 5	80	1	80	477,54	38203,2
Muro 6	80	2	240	477,54	114609,6
Muro 7	80	3	480	477,54	229219,2
Muro 8	80	4	800	477,54	382032

Fonte: Elaboração própria a partir de SINAPI (2020).

⁵ O termo BDI vem do inglês e significa Budget Difference Income (Benefícios e Despesas Indiretas). No cálculo do preço final, o BDI é um componente adicional aos custos diretos. Os elementos inseridos para o cálculo do BDI são: Administração Central, Custo Financeiro, Seguros, Garantias, Margem de Incerteza, Tributos Municipais, Tributos Estaduais, Tributos Federais (TF), Margem Bruta de Contribuição (MBC). www.stant.com.br.

Esses orçamentos consideraram a aplicação da técnica de muro de gabião, com enchimento de pedra tipo rachão, comumente utilizada em obras de estabilização de talude de curso d'água. Para referência de preços e custos de insumos e serviços consultou-se o Sistema Nacional de Preços e Índices para Construção Civil – SINAPI (2020) disponibilizados pela CAIXA, referentes ao mês de maio de 2020 (documento SINAPI_Custo_Ref_Composicoes_Analitico_SC_202005_Desonerado). O tipo de obra selecionado foi a de código 92744 (muro de gabião, enchimento com pedra de mão tipo rachão, de gravidade, com gaiolas de comprimento igual a 5 metros, para muros com altura menor ou igual a 4 metros) com valor estabelecido pelo SINAPI a R\$ 477,54/m³ de gabião.

Destaca-se que os orçamentos foram realizados considerando: 1) que o solo da encosta da margem do curso d'água apresenta uma boa resistência mecânica, não sendo necessária a realização da proteção de fundo; 2) que a velocidade do rio não gera erosão a ponto de que seja necessária a implantação de colchão de pedra na base do muro, não havendo custos adicionais neste quesito; 3) que a cada metro adicionado em altura, requereu a implantação de nova(s) linha(s) na base inferior, para estabilização da estrutura, formando espécie de uma escada; ou seja, pra muro de dois metros de altura, requereu-se duas linhas na base e uma no segundo patamar; para muro de três metros de altura, requereu-se três linhas na base, duas no segundo patamar e uma no terceiro patamar⁶.

O BDI - Benefícios e Despesas Indiretas foi estabelecido em 26,33% do valor da obra, obtido do BDI Referencial com desoneração disponível na Instrução Normativa SIE nº 2 de 30/06/2020, que estabelece os procedimentos a serem adotados na SIE para a elaboração do BDI referencial para as obras civis da Secretaria de Estado da Infraestrutura e Mobilidade (SIE) de Santa Catarina.

Logo, a fórmula $V_{eg} = E_{et} + I_{et}$, sendo que $E_{et} = 0,06 \times I_{et}$ e $I_{et} = C_{io} (1 + BDI/100)$, será reescrita como:

$$V_{eg} = 0,06 \times I_{et} + I_{et}$$

$$V_{eg} = 1,06 \times I_{et}$$

$$V_{eg} = 1,06 \times C_{io} \times \left(1 + \frac{BDI}{100}\right)$$

⁶ O termo $(Al \times (Al + 1))/2$ na fórmula do C_{io} representa o número de linhas de muro que serão necessárias devido característica de escada que o muro deve ter. O patamar de baixo deve ter uma linha a mais que o patamar de cima. Para esse cálculo utilizou-se a fórmula dos números triangulares, que diz que para se construir uma estrutura triangular de n patamares (como se fosse uma pirâmide) são necessários $(n \times (n + 1))/2$ blocos. Como cada linha do muro tem 1m de altura, 1m de largura e a mesma extensão (Ex) do muro, o volume do mesmo pode ser calculado por $(Al \times (Al + 1))/2 \times Ex$.

Mas $BDI = 26,33$, então:

$$V_{eg} = 1,06 \times C_{io} \times 1,2633$$

$$V_{eg} = 1,339098 \times C_{io}$$

Mas $C_{io} = [(Al \times (Al + 1))/2 \times Ex] \times 477,54$, então:

$$V_{eg} = 1,339098 \times 477,54 \times \frac{Al \times (Al + 1)}{2} \times Ex$$

$$V_{eg} = 319,74 \times Ex \times Al \times (Al + 1) \quad (3.2.3.2)$$

Sendo que:

V_{eg} – Valor econômico do serviço *de preservação da estabilidade geológica* (R\$)

E_{et} – Investimentos de elaboração do projeto por um profissional habilitado (R\$)

I_{et} – Investimento de implantação da obra de estabilização de talude (R\$)

C_{io} – Custo de implantação da obra (R\$)

Ex – Extensão a ser implantado o muro (m)

Al – Altura ser implantado o muro (m)

3.2.4 Facilitação do Fluxo Gênico de Fauna e Flora

O valor econômico do serviço de *facilitação do fluxo gênico de fauna e flora* (V_{fg}) foi mensurado pela soma do investimento despendidos para coletar e transportar aves (de sub-bosque), mamíferos (pequeno, médio e grande porte), répteis e anfíbios (I_f), assim como para coletar e transportar sementes (I_s) de uma ponta a outra do suposto remanescente de APP que perdeu sua conexão. No caso do presente estudo, foi considerado que esse fluxo ocorre ininterruptamente. Assim:

$$V_{fg} = I_f + I_s \quad (3.2.4.1)$$

Para que seja possível utilizar a fórmula do V_{fg} nos estudos de caso em que não se tenham orçamentos específicos, será reescrita em função dos anos (n) requeridos para a recuperação.

Para se chegar ao valor do **investimento para captura e transporte da fauna (I_f)** em R\$ foi utilizado como critério mínimo o trabalho de 40h semanais realizado por dois profissionais, um Biólogo, para atuar na coordenação e execução do trabalho como responsável técnico das coletas e transportes de fauna, e de um auxiliar de campo, para atuar na assistência dos trabalhos de campo. Considerou-se para o profissional Biólogo um salário mensal de especialista — conforme sugestão de honorários do Conselho Regional de Biologia (CRBio-03; 2020 - até 31 de Outubro de 2019), corrigido pelo IGPM (FVG, 2020) do período de outubro/2019 a maio/2020 — de R\$ 4.997. Para o auxiliar de campo, considerou-se um salário mínimo mensal de R\$ 1.045 (referência maio/2020). O custo mensal desses funcionários, considerando os encargos da CLT, seria de R\$ 7.640 e de R\$ 1.598, respectivamente. Foi considerada a necessidade de contratação 8h na CLT, ou seja, de trabalho mensal continuado desses dois profissionais, visto que foi considerado que o fluxo da fauna ocorre continuamente. Destaca-se que, neste caso, não foram considerados os custos de aquisição e manutenção dos equipamentos para coleta e transporte e tampouco relativizada a quantidade de profissionais necessária pelo tamanho da área, tomando-se como padrão um mínimo necessário (um especialista e um auxiliar) para este tipo de trabalho em campo. Assim:

$$I_f = (7.640 \times 13 + 1.598 \times 13) \times n$$

Ou

$$I_f = 120.094 \times n$$

Considerando que I_s é igual a I_f :

$$V_{fg} = I_f \times 2$$

$$V_{fg} = 120.094 \times n \times 2$$

Ou

$$V_{fg} = 240.188 \times n \quad (3.2.4.2)$$

3.2.5 Proteção do Solo

O valor econômico do serviço de *proteção do solo* (V_{ps}) pode ser mensurado levantando-se os custos que seriam despendidos no caso de esse serviço ser reposto artificialmente, sendo arcado, portanto, pela sociedade.

Neste estudo, serão considerados os investimentos necessários para realizar a reposição da quantidade do solo (I_{qt}) e da qualidade do solo (I_{ql}) na área de estudo, devido à ausência de cobertura vegetal. Isto é:

$$V_{ps} = I_{qt} + I_{ql} \quad (3.2.5.1)$$

Para que seja possível utilizar a fórmula de V_{ps} nos estudos de caso em que não se tenham orçamentos específicos, será reescrita em função da área degradada em m^2 (A) e dos anos necessários para a recuperação (n) até, pelo menos, o final do estágio inicial de regeneração, a fim de cessar as perdas pela erosão.

Assim, o **investimento de reposição da quantidade de solo perdido pela APP degradada** (I_{qt}) em R\$, corresponde à multiplicação do custo anual de aquisição de solo para cada m^2 de área a ser recuperada (C_{qt}), em R\$/ano/ m^2 , com o tamanho da área a ser recuperada (A), em m^2 , e com os anos referentes à recuperação do local (n) até, pelo menos, o final do estágio inicial de regeneração. Isto é:

$$I_{qt} = C_{qt} \times A \times n$$

Para se calcular a perda de solos com precisão, deve-se aplicar a Equação Universal de Perda de Solos, que leva em consideração uma série de informações específicas relativas ao relevo, declividade, precipitação, propriedades do solo, erodibilidade, padrão de uso da terra. No entanto, a incorporação dessa equação tornaria a aplicação dessa fórmula complexa, no âmbito das perícias ambientais. Assim, para o desenvolvimento de C_{qt} , deve-se primeiro estabelecer quanto de solo que será perdido, e conseqüentemente repostos, a cada m^2 de área degradada, por ano. Considerou-se uma perda de solo em 105 T/ha/ano, que corresponde à média das perdas calculadas por Schäffer (2011), Eltz et al. (1984), Rufino et al., (1985) e

Dedecek et al. (1986), e, segundo Souza e Galvani (2017), corresponde a uma perda mediana, classificada entre baixa a média, numa escala de muito baixo a extremamente alto⁷.

A terra vegetal seca a ser utilizada para a reposição da quantidade de solo possui massa específica média de 1200 kg/m³, ou 1,2 T/m³. Como cada 1,2T de terra vegetal seca corresponde a 1m³; cada 105T, corresponde a 87,5m³. Assim, a perda de solo considerada de 105 T/ha/ano, equivale a 87,5m³/ha/ano.

Convertendo, agora, a unidade de hectares (ha) para m², como cada hectare equivale a 10.000m², temos que 87,5m³/ha/ano equivale a 87,5m³/10.000m²/ano, ou, ainda 0,00875m³/m²/ano.

Considerando o custo de R\$ 150,00 pelo m³ da terra vegetal seca (ILSON, 2020), e que se requer a reposição de 0,00875m³ de terra vegetal a cada m²/ano, tem-se um custo anual de aquisição de terra de R\$ 1,3125 para cada m² de área a ser recuperada. Assim:

$$I_{qt} = 1,3125 \times A \times n \quad (3.2.5.2)$$

Destaca-se que, nesta fórmula, não está sendo considerado o custo da logística para o transporte e a aplicação do material no solo, o que pode ser acrescido nos casos de valoração periciados.

O investimento de reposição da qualidade de solo perdida pela APP degradada (I_{ql}), em R\$, por sua vez, corresponde à multiplicação do custo de reposição dos nutrientes (C_{ql}) N, P, K, Ca e Mg, em R\$/m²/ano, com o tamanho da área a ser recuperada (A), em m², e com os anos referentes à recuperação do local (n) até, pelo menos, o final do estágio inicial de regeneração. Isto é:

$$I_{ql} = C_{ql} \times A \times n$$

Para o desenvolvimento de C_{ql} considerou-se um custo médio, em R\$/m², de 0,018, que corresponde à média dos custos médios aferidos por Pugliesi et al. (2011), Tosto et al. (2010) e Silva et al. (2020), referente às perdas de N, P, K, Ca e Mg, em diferentes culturas, após valores corrigidos pelo IGP-M (FGV, 2020) com referência à maio/2020 (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Isto é:

⁷ Classes indicativas de perda de solo utilizadas por Souza e Galvani (2017): muito baixo (0-50 t.ha-1 .ano -1), baixo (50-100 t.ha-1 .ano -1), médio (100-200 t.ha-1 .ano -1), alto (200-600 t.ha-1 .ano -1), muito alto (600-1000 t.ha-1 .ano -1) e extremamente alto (>1000 t.ha-1 .ano -1).

$$I_{qt} = 0,018 \times A \times n \quad (3.2.5.3)$$

Tabela 10 - Custo médio (R\$/m²/ano) para reposição de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg) em diferentes tipos de solos degradados.

Autor	Média dos custos (R\$/m²/ano) de reposição de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg)	Data do orçamento inicial	Fator de correção IGP-M	Valor médio (R\$/m²/ano) corrigido, 05/2020	Valor médio (R\$/m²/ano) corrigido, 05/2020
Pugliesi et al	63,35	dez/05	2,3299671	147,6034158	0,014760342
Pugliesi et al	129,79	dez/05	2,3299671	302,4064299	0,030240643
Pugliesi et al	60,59	dez/05	2,3299671	141,1727066	0,014117271
Pugliesi et al	166,13	dez/05	2,3299671	387,0774343	0,038707743
Tosto et al.	73,34	dez/07	2,1191978	155,4219667	0,015542197
Tosto et al.	19,5	dez/07	2,1191978	41,3243571	0,004132436
Silva et al.	100	dez/18	1,0911619	109,11619	0,010911619
Média	87,52857143			183,4460715	0,018344607

Fonte: Elaboração própria a partir de Pugliesi et al. (2011), Tosto et al. (2010) e Silva et al. (2020),

Assim, considerando as fórmulas 3.2.5.1, 3.2.5.2 e 3.2.5.3 desenvolvidas anteriormente, temos:

$$V_{ps} = I_{qt} + I_{ql} \quad (3.2.5.1)$$

$$V_{ps} = 1,3125 \times A \times n + 0,018 \times A \times n$$

$$V_{ps} = 1,3305 \times A \times n \quad (3.2.5.4)$$

Sendo que:

V_{ps} - Valor econômico do serviço de *preservação do solo* (R\$)

n - Anos para recuperação até o estágio sucessional esperado (*anos*)

A - Área a ser recuperada (m^2)

3.3 APLICAÇÃO DO MÉTODO VESEAPP EM CASO HIPOTÉTICO

Cada uma das cinco fórmulas desenvolvidas foi aplicada no seguinte estudo de caso hipotético – a fim de testar sua utilização e comparar os seus resultados com outros métodos já existentes: Supressão de vegetação em estágio médio de regeneração em extensão de 100m e largura de 30m em uma das margens de curso d’água, com altura da calha (Al) de 1m. Esse curso d’água apresentava um comprimento total de 1.100m, sendo 500m a montante do trecho do dano, até alcançar a nascente, e 500m a jusante do trecho do dano. A vazão diária média era de 259.200 m³/dia, o que equivale a 3m³/s. A supressão resultou em solo exposto e área alterada, levando 6 (seis) anos até que a vegetação alcançasse o estágio inicial de regeneração

(APREMAVI, 2020; SIMINSKI, 2013) e o recobrimento total do solo, cessando erosões, e 11 (onze)⁸ anos para atingir o porte de estágio médio, novamente. E o grau de afetamento dos parâmetros de qualidade de água, conforme Resolução CONAMA 357/2005 são desconhecidos; portanto, $\Omega=1$.

Para a valoração dos serviços impactados diretamente pela **erosão do solo** – tais como *preservação dos recursos hídricos* e *preservação do solo* - foram contabilizados os investimentos necessários, ao longo de 6 (seis) anos, para suprir a ausência desses serviços então perdidos, como de implantação e operação de uma estação de tratamento de água (ETA) e de aporte para a reposição de solo, respectivamente. Para a valoração dos serviços impactados diretamente pela **ausência da vegetação** devido à supressão – tais como *preservação da paisagem* e *facilitação do fluxo gênico de fauna e flora* - foram contabilizados os investimentos necessários, ao longo de 11 (onze) anos, para suprir a ausência desses serviços então perdidos, como de implantação e acompanhamento de PRAD para valorar a *preservação da paisagem* e de coleta e transporte de fauna e sementes entre remanescentes para valorar a *facilitação do fluxo gênico*. Para a valoração da *estabilidade geológica*, por sua vez, foi mensurado o investimento envolvido na elaboração e implantação de obra para estabilização de talude, com todos os custos de insumos e mão-de-obra.

Destaca-se que, conforme apresentado na metodologia de desenvolvimento das fórmulas, todos os orçamentos foram corrigidos pelo IGPM (FVG, 2020) para o mês de maio/2020. Logo, para realizar a correção da valoração econômica obtida por meio do método VESEAPP para o momento atual, basta realizar a correção dos resultados obtidos, em reais, pelo IGP-M do período de maio/2020 para momento em que se quer valorar a perícia, sem precisar realizar quaisquer outras correções nas fórmulas.

3.4 COMPARAÇÃO COM OUTROS MÉTODOS DE VALORAÇÃO

Os métodos escolhidos para comparação com o método VESEAPP foram: Fator de Correção do Custo de Reposição, DEPRN - Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais (GALLI, 1996), VERD - Valor Estimado de Referência para a Degradação Ambiental (CARDOSO, 2003), CATE - Custos Ambientais Totais Esperados (RIBAS, 1996)

⁸ Segundo APREMAVI (2020), para Floresta Ombrófila Densa a regeneração do estágio médio leva de 6 a 15 anos; portanto, se considerou nesse estudo de caso a média de 11 anos. De uma maneira geral, pode-se considerar um período de até 6 anos para a recuperação da vegetação que se encontrava em estágio inicial de regeneração; de 6 a 15 anos para estágio médio; de 15 a 60 anos para estágio avançado; de 60 a 200 para a floresta primária.

e método Almeida (2010), todos devidamente descritos no item 2.4.1 Métodos de Valoração Ambiental, do Referencial Teórico.

Tais métodos foram escolhidos para comparação com o método VESEAPP por procurarem incluir, de alguma forma, fatores de correção, índices ou algum outro valor para abarcar os aspectos ambientais, embora não diretamente o custo dos serviços ecossistêmicos.

A comparação foi feita por meio da aplicação do mesmo caso hipotético para os diferentes métodos e avaliada a diferença monetária resultante de cada método, de forma a mensurar a diferença de resultando no caso da consideração da valoração econômica dos serviços ecossistêmicos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 VALORAÇÃO ECONÔMICA: PRESERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Conforme detalhado na Metodologia (item 3.2.1), o *valor econômico do serviço de preservação dos recursos hídricos* (V_{rh}) pode ser mensurado pela seguinte fórmula:

$$V_{rh} = \Omega \times \frac{(APP_a + APP_j)}{APP_t} \times (199,47 + 365 \times n \times 0,38) \times Q_{diariamedia} \quad (3.2.1.3)$$

Sendo que:

V_{rh} – Valor econômico do serviço de *preservação dos recursos hídricos* (R\$)

n – Anos para recuperação da vegetação até o estágio sucessional esperado, neste caso, equivalente aos anos de operação da ETA (*ano*)

$Q_{diária\ média}$ – Vazão diária média do curso d'água (m^3/s)

APP_a – Comprimento do trecho degradado

APP_j – Comprimento do trecho a jusante do degradado

APP_{total} – Comprimento total do rio

Ω – Fator de correção dos parâmetros de qualidade de água afetados

Considerando o estudo de caso definido na Metodologia (item 3.3), para calcular o valor econômico do serviço de *preservação dos recursos hídricos* (V_{rh}) que foi perdido ao longo destes 6 (seis) anos — tempo considerado no estudo de caso para a recuperação do

estágio inicial, cessão da erosão e, conseqüentemente, da necessidade de tratamento da qualidade da água —, pode-se utilizar a fórmula 3.2.1.3, nos casos em que se tem os valores de vazão diária média ($Q_{diária\ média}$), assim como o comprimento dos trechos degradado, a jusante e total do rio e o fator de correção dos parâmetros de qualidade de água afetados . Isto é:

$$V_{rh} = \Omega \times \frac{(APP_a + APP_j)}{APP_t} \times (199,47 + 365 \times n \times 0,38) \times Q_{diariamedia} \quad (3.2.1.3)$$

$$V_{rh} = 1 \times \frac{(100 + 500)}{1100} \times (199,47 + 365 \times 6 \times 0,38) \times 259.200$$

$$V_{rh} = 0,54 \times (1.031,67) \times 259.200$$

$$V_{rh} = 145.844.794,42$$

Logo, a valoração econômica do serviço *preservação dos recursos hídricos* (V_{rh}) do curso d'água objeto do estudo de caso, mediante a aplicação desse método proposto e valores levantados, é de R\$ 145.844.794,42 (cento e quarenta e cinco milhões oitocentos e quarenta e quatro mil setecentos e noventa e quatro reais com quarenta e dois centavos).

Uma alternativa é realizar orçamentos específicos com fornecedores disponíveis no mercado, de acordo com cada caso periciado, para se obter I_i e I_o , e aplicar na fórmula 3.2.1.1, relativizando-a, em todos os casos, de acordo com o fator Ω e os comprimentos do rio degradado e a montante.

4.2 VALORAÇÃO ECONÔMICA: PRESERVAÇÃO DA PAISAGEM

Conforme detalhado na Metodologia (item 3.2.2), o *valor econômico do serviço preservação da paisagem* (V_{pp}) pode ser mensurado pela seguinte fórmula:

$$V_{pp} = Ela + Imp + Man + Mon \quad (3.2.2.1)$$

Que pode ser reescrita como:

$$V_{pp} = Ela + (6,19 \times A) + (6,56 \times A \times n) + (10.381,28 \times n) \quad (3.2.2.2)$$

Em que

$$Ela = \begin{cases} 5.548,51 & \text{se } A \leq 3.000 \text{ m}^2 \\ 7.818,36 & \text{se } 3.000 < A \leq 15.000 \text{ m}^2 \\ 10.592,61 & \text{se } A > 15.000 \text{ m}^2 \end{cases}$$

Sendo que:

V_{pp} – Valor econômico do serviço de *preservação da paisagem* (R\$)

Ela – Investimento de elaboração do projeto de recuperação (R\$)

Imp – Investimento de implantação do projeto de recuperação (R\$)

Man – Investimento da manutenção do projeto de recuperação (R\$)

Mon – Investimento do monitoramento do projeto de recuperação (R\$)

A – Área a ser recuperada (m^2)

n – Anos para recuperação até o estágio sucessional esperado (*anos*)

Portanto, para calcular o valor econômico do serviço de *preservação da paisagem* (V_{pp}) da APP do curso d'água objeto do estudo de caso, e que demandará aproximadamente 11 anos para ser recuperado até o estágio médio de regeneração natural, será utilizada a fórmula 3.2.2.2 deduzida anteriormente, considerando $Ela = 5.548,51$ já que $A = 3.000m^2 \leq 3.000m^2$:

$$V_{pp} = 5.548,51 + (6,19 \times A) + (6,56 \times A \times n) + (7.488 \times n)$$

$$V_{pp} = 5.548,51 + (6,19 \times 3.000) + (6,56 \times 3.000 \times 11) + (7.488 \times 11)$$

$$V_{pp} = 5.548,51 + 18.570 + 216.480 + 82.368$$

$$V_{pp} = 322.966,51$$

Logo, a valoração econômica do serviço *preservação da paisagem* (V_{pp}) da faixa marginal de curso do estudo de caso é de R\$ 322.966,51 (trezentos e vinte e dois mil novecentos e sessenta e seis mil reais com cinquenta e um centavos).

Para a valoração deste serviço em uma APP com outras dimensões, basta calcular a área desmatada, em m^2 (A); o tempo estimado em anos (n) para se chegar ao estágio de regeneração que se encontrava anteriormente à supressão e substituir na fórmula 3.2.2.2, de acordo com a categoria da área a ser recuperada (A).

Uma alternativa é realizar orçamentos específicos com fornecedores disponíveis no mercado, de acordo com cada caso periciado, para se obter os valores de *Ela, Imp, Man, Mon* e aplicar na fórmula 3.2.2.1; ou, ainda, obter o valor das demais variáveis das fórmulas anteriormente desenroladas.

4.3 VALORAÇÃO ECONÔMICA: PRESERVAÇÃO DA ESTABILIDADE GEOLÓGICA

Conforme detalhado na Metodologia (item 3.2.3), o *valor econômico de preservação da estabilidade geológica* (V_{eg}) pode ser mensurado pela seguinte fórmula:

$$V_{eg} = E_{et} + I_{et} \quad (3.2.3.1)$$

Que pode ser reescrita como:

$$V_{eg} = 319,74 \times Ex \times Al \times (Al + 1) \quad (3.2.3.2)$$

Sendo que:

V_{eg} – Valor econômico do serviço *de preservação da estabilidade geológica* (R\$)

E_{et} – Investimentos de elaboração do projeto por um profissional habilitado (R\$)

I_{et} – Investimento de implantação da obra de estabilização de talude (R\$)

Ex – Extensão a ser implantado o muro (m)

Al – Altura a ser implantado o muro (m)

Portanto, para calcular o valor econômico do serviço de *preservação da estabilidade geológica* (V_{eg}) da APP do curso d'água objeto do estudo de caso, será utilizada a fórmula 3.2.3.2.

$$V_{eg} = 319,74 \times Ex \times Al \times (Al + 1)$$

$$V_{eg} = 319,74 \times 100 \times 1 \times 2 =$$

$$V_{eg} = 63.948$$

Logo, a valoração econômica do serviço *preservação da estabilidade geológica* (V_{eg}) do estudo de caso, mediante a aplicação desse método proposto e valores levantados, é de R\$ 63.948,00 (sessenta e três mil novecentos e quarenta e oito reais).

Para a valoração desse serviço para uma APP degradada com outras dimensões, basta obter a extensão do curso desmatado e a altura da calha do rio, em metros, e substituir na fórmula 3.2.3.2.

Uma alternativa é realizar orçamentos específicos com profissionais e empresas disponíveis no mercado, de acordo com cada caso periciado, para se obter os valores de E_{et} e I_{et} , e aplicar na fórmula 3.2.3.1.

4.4 VALORAÇÃO ECONÔMICA: FACILITAÇÃO DO FLUXO GÊNICO DE FAUNA E FLORA

Conforme detalhado na Metodologia (item 3.2.4), o *valor econômico de facilitação do fluxo gênico de fauna e flora* (V_{fg}) pode ser mensurado pela seguinte fórmula:

$$V_{fg} = I_f + I_s \quad (3.2.4.1)$$

Que pode ser reescrita como:

$$V_{fg} = 240.188 \times n \quad (3.2.4.2)$$

Sendo que:

V_{fg} – Valor econômico do serviço de *facilitação do fluxo gênico de fauna e flora* (R\$)

I_f – Investimento para captura e transporte da fauna (aves, mamíferos e herpetofauna) entre fragmentos da APP degradada (R\$)

I_s – Investimento para coleta e transporte de sementes entre fragmentos da APP degradada (R\$)

Portanto, para calcular o valor econômico do serviço de *facilitação do fluxo gênico de fauna e flora* (V_{fg}), no estudo de caso, será utilizada a fórmula 3.2.4.2.

$$V_{fg} = 240.188 \times n$$

$$V_{fg} = 240.188 \times 11$$

$$V_{fg} = 2.642.068$$

Logo, a valoração econômica do serviço de *facilitação do fluxo gênico de fauna e flora* (V_{fg}) da APP do estudo de caso, mediante a aplicação do método proposto e valores levantados, é de R\$ 2.642.068,00 (dois milhões seiscentos e quarenta e dois mil e sessenta e oito reais), valorado para 11 anos de manutenção do fluxo gênico, até a vegetação alcançar o estágio médio de regeneração da vegetação degradada, considerando o trabalho de dois profissionais ao longo desse tempo.

Para a valoração deste serviço para uma APP cujo tempo de recuperação à sua condição original seja diferente deste, ou cuja preservação da área esteja em outro estágio, basta calcular o tempo estimado em anos para se chegar ao estágio de regeneração desejado e substituir na fórmula 3.2.4.2.

Uma alternativa é realizar orçamentos específicos com fornecedores disponíveis no mercado, de acordo com cada caso periciado, para se obter os valores de I_f e I_s , e inserir na fórmula 3.2.4.1.

4.5 VALORAÇÃO ECONÔMICA: PROTEÇÃO DO SOLO

Conforme detalhado na Metodologia (item 3.2.5), o *valor econômico de proteção do solo* (V_{ps}) pode ser mensurado pela seguinte fórmula:

$$V_{ps} = I_{qt} + I_{ql} \quad (3.2.5.1)$$

Que pode ser reescrita como:

$$V_{ps} = 1,3305 \times A \times n \quad (3.2.5.4)$$

Sendo que:

I_{ql} – Investimentos necessários para realizar a reposição da qualidade do solo (R\$)

I_{qt} – Investimentos necessários para realizar a reposição da quantidade do solo (R\$)

V_{ps} - Valor econômico do serviço de *preservação do solo* (R\$)

n - Anos para recuperação até o estágio sucessional esperado (*anos*)

A - Área a ser recuperada (m^2)

Portanto, para calcular o valor econômico do serviço de *proteção do solo* (V_{ps}) que foi perdido na área objeto do estudo de caso, será utilizada a fórmula 3.2.5.4:

$$\begin{aligned} V_{ps} &= 1,3305 \times A \times n \\ V_{ps} &= 1,3305 \times 3.000 \times 6 \\ V_{ps} &= 23.949,00 \end{aligned}$$

Logo, a valoração econômica do *proteção do solo* (V_{ps}) da faixa marginal de curso d'água do estudo de caso, mediante a aplicação desse método proposto e valores levantados, é de R\$ 23.949,00.

Para a valoração desse serviço para uma APP degradada com outras dimensões, basta obter a área (m^2) do curso desmatado, e o tempo estimado para a recuperação da cobertura vegetal florestal, e substituir na fórmula 3.2.5.4.

Uma alternativa é realizar orçamentos específicos com profissionais e empresas disponíveis no mercado, de acordo com cada caso periciado, para se obter os valores de I_{qt} e I_{ql} , e inserir na fórmula 3.2.5.1.

4.6 VALORAÇÃO ECONÔMICA: COMPARAÇÃO COM OUTROS MÉTODOS

4.6.1 Método VESEAPP - Valoração Econômica dos Serviços Ecológicos de APP

Utilizando o método proposto neste trabalho (VESEAPP – Valoração Econômica dos Serviços Ecológicos de APP), foram aplicadas as 5 (cinco) fórmulas desenvolvidas para valorar os serviços de *preservação da estabilidade geológica* (V_{eg}), *facilitação do fluxo gênico de fauna e flora* (V_{fg}), *preservação da paisagem* (V_{pp}), *preservação do solo* (V_{ps}), Valor econômico do serviço de *preservação dos recursos hídricos* (V_{rh}). Conforme já deduzido nos itens 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, tem-se, para o estudo de caso:

$$\begin{aligned} V_{rh} &= 145.844.794,42 \\ V_{pp} &= 322.966,51 \\ V_{eg} &= 63.948 \\ V_{fg} &= 2.642.068,00 \\ V_{ps} &= 23.949,00 \end{aligned}$$

Sendo que a soma desses 5 (cinco) serviços resulta em **R\$ 148.897.725,93**.

Logo, a valoração econômica dos 5 (cinco) serviços ecossistêmicos da APP de curso d'água alterada do estudo de caso foi de R\$ 148.897.725,93 (cento e quarenta e oito milhões oitocentos e noventa e sete mil setecentos e vinte e cinco reais com noventa e três centavos) pelo método VESEAPP.

4.6.2 Método Fator de Correção do Custo de Reposição

Utilizando o método proposto por Vieira (2013), denominado Fator de Correção do Custo de Reposição, tem-se:

$$VDA = CR \times [(\%FSA \times \%FES) + \%FUS + \Sigma\%FPL]$$

Sendo que:

VDA – valor do dano ambiental;

CR – custo de reposição;

FSA – fator de serviços ambientais (será um valor fixo);

FES – fator de estágio de sucessão;

FUS – fator de uso do solo;

FPL – fator de proteção legal.

O Custo de Reposição (*CR*) se refere aos custos despendidos para a recuperação da vegetação em um ambiente degradado, enquanto que a Valoração Econômica da Preservação da Paisagem também foi calculada, considerando todos os custos despendidos para a recuperação da vegetação em um ambiente degradado, desde a elaboração do projeto, implantação e manutenção. Logo, neste caso, $CR = V_{pp} = 322.966,51$, enquanto que:

FSA = 516%, considerando todos os serviços ambientais, ver Tabela 1

FES = 78%, referente ao estágio médio, ver Tabela 1

FUS = 83%, referente à vegetação nativa preservada, ver Tabela 1

FPL = 97%, referente à APP, ver Tabela 1

Logo:

$$\text{VDA} = 322.966,51 \times [(516\% \times 78\%) + 83\% + 97\%]$$

$$\text{VDA} = 322.966,51 \times [(40.248\%) + 180\%]$$

$$\text{VDA} = 322.966,51 \times 40.428\%$$

$$\text{VDA} = \mathbf{130.568.900,66}$$

Logo, a valoração econômica dos danos ambientais em APP de curso d'água alterada para o estudo de caso foi de R\$ **130.568.900,66** (cento e trinta milhões quinhentos e sessenta e oito mil e novecentos reais com sessenta e seis centavos) pelo método Fator de Correção do Custo de Reposição.

4.6.3 Método DEPRN - Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais

Utilizando o método DEPRN proposto por Galli (1996), tem-se:

$$\text{DANO} = [\sum (\text{Fator de multiplicação})] \times \text{Valor de Recuperação}$$

No Quadro 1, o meio ambiente é dividido em seis aspectos ambientais: ar; água; solo e subsolo; fauna; flora e paisagem. Para cada aspecto do ambiente são considerados dois tipos de danos (um de índice 1,0 e outro de índice 1,5) e, para cada tipo de danos são descritos diversos agravos que são qualificados de 0 a 3 unidades, conforme consta no ANEXO 01.

Foram selecionados, para estes estudos de caso, os seguintes *aspectos ambientais* impactados, de acordo com os critérios do ANEXO 01: solo, fauna, flora e paisagem. Destaca-se que os parâmetros de danos à água e ao ar não se enquadraram nestes estudos de caso, assim como mortandade à fauna. No caso dos danos à água, o método considera que

Os *critérios para qualificação dos danos* selecionados, por sua vez, e também especificados no ANEXO 01, são os seguintes, com seus respectivos *índices de multiplicação e unidade*, para cada aspecto selecionado:

SOLO

- Localização em relação a área protegida (neste caso, APP):
 - Totalmente inserido = 2
 - Índice de multiplicação = 1

- Assoreamento de corpos hídricos:

- Média intensidade = 2
- Índice de multiplicação = 1

- Danos ao relevo (ex.: alterações da declividade):
 - Grande risco = 2
 - Índice de multiplicação = 1,5

- Previsão de reequilíbrio na condição natural
 - Curto prazo = 1
 - Índice de multiplicação = 1,5

FAUNA

- Localização em relação às áreas protegidas (APP):
 - Dentro = 3
 - Índice de multiplicação = 1

- Ocorrência de Fêmeas:
 - Suposta = 1
 - Índice de multiplicação = 1

- Alteração nos nichos ecológicos:
 - Fortes indícios = 2
 - Índice de multiplicação = 1,5

- Previsão de reequilíbrio (natural):
 - Médio prazo = 2
 - Índice de multiplicação = 1,5

FLORA

- Localização em relação às áreas protegidas (APP):
 - Totalmente inserido = 3
 - Índice de multiplicação = 1

- Favorecimento à erosão:
 - Fortes indícios = 2
 - Índice de multiplicação = 1

- Morte ou dano à fauna, decorrente do dano à flora:
 - Fortes indícios = 2
 - Índice de multiplicação = 1,5

- Alteração nos nichos ecológicos:
 - Fortes indícios = 2
 - Índice de multiplicação = 1,5

- Previsão de reequilíbrio (natural)
 - Médio prazo = 2
 - Índice de multiplicação = 1,5

PAISAGEM

- Localização em relação a área e/ou municípios protegidos (APP):
 - Dentro = 3
 - Índice de multiplicação = 1

- Proximidade de centros urbanos
 - Centro urbano (população \geq a 60.000 hab) distante até 25km = 2
 - Índice de multiplicação = 1

- Reversão do dano:
 - Médio custo = 2
 - Índice de multiplicação = 1

ATMOSFERA

- Proximidade de centros urbanos (baseado em censo demográfico):
 - Centro urbano (população \geq 60.000 hab) distante até 25km = 1
 - Índice de multiplicação = 1

- Localização em relação a áreas protegidas (Unidades de Conservação ou APP):
 - Dentro da área = 2
 - Índice de multiplicação = 1

- Alteração da qualidade do ar:
 - Estado de Atenção ou péssimo = 1
 - Índice de multiplicação = 1

ÁGUA

- Localização em relação as áreas protegidas (Unidades de Conservação e APP):
 - Dentro = 3
 - Índice de multiplicação = 1

- Previsão de reequilíbrio na condição natural
 - Médio prazo = 2
 - Índice de multiplicação = 1

Após a identificação dos agravos, deve-se somar o valor obtido nas qualificações, atentando para o fator (índice de multiplicação) de cada tipo de dano:

- $$\Sigma_{solo} = [1,0 \times (2 + 2)] + [1,5 \times (2 + 1)]$$

• $\Sigma_{solo} = 8,5$
- $$\Sigma_{fauna} = [1,0 \times (3 + 1)] + [1,5 \times (2 + 2)]$$

• $\Sigma_{fauna} = 10$
- $$\Sigma_{flora} = [1,0 \times (3 + 2)] + [1,5 \times (2 + 2 + 2)]$$

• $\Sigma_{flora} = 14$
- $$\Sigma_{paisagem} = [1,0 \times (3 + 2 + 2)]$$

• $\Sigma_{paisagem} = 7$
- $$\Sigma_{atmosfera} = [1,0 \times (1 + 2 + 1)]$$

• $\Sigma_{atmosfera} = 4$
- $$\Sigma_{\acute{a}gua} = [1,0 \times (3 + 2)]$$

• $\Sigma_{\acute{a}gua} = 5$

Com o valor obtido no somatório dos aspectos ambientais, deve-se identificar o “fator multiplicador” de cada aspecto, conforme apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 - Índices de qualificação dos agravos

Aspectos Ambientais	Intervalo do índice de qualificação dos agravos				
Ar	≤ 6,8	≤ 13,6	≤ 20,4	≤ 27,2	≤ 34,0
Água	≤ 7,2	≤ 14,4	≤ 21,6	≤ 28,8	≤ 36,0
Solo-Subsolo	≤ 7,5	≤ 15,0	≤ 22,5	≤ 30,0	≤ 37,5
Fauna	≤ 6,4	≤ 12,7	≤ 19,2	≤ 25,6	≤ 32,0
Flora	≤ 6,6	≤ 13,2	≤ 19,8	≤ 26,4	≤ 33,0
Paisagem	≤ 8,0	≤ 16,8	≤ 24,0	≤ 32,0	≤ 40,0
Fator Multiplicador	1,6	3,2	6,4	12,8	25,6

Fonte: Galli, 1996 apud NETO, 2012.

- Fator multiplicador do solo = 3,2, já que $\Sigma_{solo} = 8,5$
- Fator multiplicador da fauna = 3,2, já que $\Sigma_{fauna} = 10$
- Fator multiplicador da flora = 6,4, já que $\Sigma_{flora} = 14$
- Fator multiplicador da paisagem = 1,6, já que $\Sigma_{paisagem} = 7$
- Fator multiplicador da atmosfera = 1,6, já que $\Sigma_{atmosfera} = 4$
- Fator multiplicador da água = 1,6, já que $\Sigma_{\acute{a}gua} = 5$

Assim, somando-se todos os fatores de multiplicação obtidos e considerando que o “valor de recuperação” é igual à V_{pp} , ou seja, 322.966,51, e aplicando na fórmula do DANO, tem-se, para o estudo de caso:

$$\begin{aligned}
 DANO &= [\Sigma(\text{Fator de multiplicação})] \times \text{Valor de Recuperação} \\
 DANO &= (3,2 + 3,2 + 6,4 + 1,6 + 1,6 + 1,6) \times 322.966,51 \\
 DANO &= 17,6 \times 322.966,51 \\
 \mathbf{DANO} &= \mathbf{5.684.210,58}
 \end{aligned}$$

Logo, a valoração econômica dos danos ambientais em APP de curso d’água alterada para o estudo de caso foi de R\$ **5.684.210,58** (cinco milhões seiscentos e oitenta e quatro mil duzentos e dez reais com cinquenta e oito centavos) pelo método DEPRN.

4.6.4 Método VERD (Valor Estimado de Referência para a Degradação Ambiental)

Para aplicação do método VERD, proposto por Cardoso (2003) aos estudos de caso, utilizou-se como referência para o cálculo dos valores intangíveis (danos e riscos efetivos ou potenciais praticados contra os ambientes físico, biótico e antropológicos), o Quadro 4 a seguir:

Quadro 4 - Determinação dos valores intangíveis para os estudos de caso, método VERD.

		Intensidade e duração do Impacto Ambiental					
		Curto Prazo*					Médio e longo prazo/riscos**
Ambiente	Ambiente	<i>i</i> ₁	Sem -0	Baixo -1	Médio -2	Alto -3	4
Físico	Ar	<i>i</i> ₁		X			
	Água	<i>i</i> ₂					X
	Solo/sedimentos	<i>i</i> ₃					X
Biótico: Reino Monera	Bactérias e cianobactérias	<i>i</i> ₄					X
Reino Protista	Protozoários (ameba, paramecio)	<i>i</i> ₅					X
Reino Fungi	Cogumelos	<i>i</i> ₆					X
Reino Animal	Invertebrados	<i>i</i> ₇					X
	Vertebrados	<i>i</i> ₈					X
Reino das Plantas	Estrato arbóreo	<i>i</i> ₉					X
	Estrato arbustivo	<i>i</i> ₁₀					X

		Intensidade e duração do Impacto Ambiental					
		Curto Prazo*					Médio e longo prazo/riscos**
Ambiente	Ambiente	<i>i</i> ₁₁	Sem -0	Baixo -1	Médio -2	Alto -3	4
	Estrato herbáceo	<i>i</i> ₁₁				X	
Ambiente Antrópico	Social	<i>i</i> ₁₂	X				
	Paisagístico	<i>i</i> ₁₃					x
	Perdas econômicas intangíveis	<i>i</i> ₁₄	X				
	Bem-estar	<i>i</i> ₁₅					x
Total	TOTAL	47					

*duração de dias

**duração de meses a anos

Neste caso, o custo de recuperação é igual a V_{pp} , que é igual a R\$ 322.966,51, conforme detalhado no item 4.3. Assim, para o estudo de caso tem-se:

$$\begin{aligned} \text{VERD} &= \sum_{n=1}^{\infty} q_n \times \sum_{n=1}^{\infty} i_n \\ \text{VERD} &= 322.966,51 \times (1 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 3 + 0 + 4 + 0 + 4) \\ \text{VERD} &= 322.966,51 \times 48 \\ \text{VERD} &= \mathbf{15.502.392,48} \end{aligned}$$

Logo, a valoração econômica dos danos ambientais em APP de curso d'água alterada para o estudo de caso foi de R\$ **15.502.392,48** (quinze milhões quinhentos e dois mil trezentos e noventa e dois reais com quarenta e oito centavos) pelo método VERD.

4.6.5 Método Custos Ambientais Totais Esperados (CATE)

Para aplicação do método CATE (RIBAS, 1996) foi considerado que a supressão vegetal do estudo de caso se enquadra como dano ambiental intermitente, proveniente de uma ação degradadora não repetitiva. Logo, foi utilizada a fórmula do CATE I.

$$\text{CATE I} = \frac{(Vc + Cd \times Fi/d) \cdot (1 + j)^n}{(1 + j)^n - 1}$$

O item valor pecuniário da propriedade (Vc) foi considerado nulo por não ter havido vantagem econômica em função do dano ambiental, pelo infrator. O custo de recuperação da área (Cd) foi considerado igual a V_{pp} , desenvolvido na fórmula detalhada no item 4.3, que é igual a R\$ 322.966,51. Quanto ao fator de relação Fi/d , baseado no Quadro 3, foi considerado uma pequena relação dos danos indiretos sobre os diretos, desta forma $Fi/d = 4$ — foram considerados como danos indiretos aqueles afetos à estabilidade geológica, à qualidade do solo e à regulação da qualidade da água; como diretos, ao fluxo gênico de fauna e flora, à paisagem.

Foi utilizada a taxa de juros (j) de 5,15% ao ano, considerando o valor de maio/2019 a maio/2020⁹, período estabelecido para os cálculos desse estudo. Quanto ao período de duração dos efeitos dos impactos adversos (n) foi considerado o período referente ao tempo de recuperação da vegetação até o final do estágio inicial de regeneração — estabelecido em 6 anos (APREMAVI, 2020; SIMINSKI, 2013) — momento em que se espera que haja um recobrimento do solo tal que os danos ambientais relacionados às 5 (cinco) funções ambientais objeto desse estudo estejam, em um grau inicial, controlados, embora não completamente estabilizados e/ou compensados, já que a vegetação no estudo de caso foi suprimida no estágio médio. Assim, para o estudo de caso tem-se:

$$CATE I = \frac{(Vc + Cd \times Fi/d) \cdot (1 + j)^n}{(1 + j)^n - 1}$$

$$CATE I = \frac{(0 + 322.966,51 \times 4) \cdot (1 + 0,0515)^6}{(1 + 0,0515)^6 - 1}$$

$$CATE I = 4.965.872,08$$

Logo, a valoração econômica dos danos ambientais em APP de curso d'água alterada para o estudo de caso foi de R\$ 4.965.872,08 (quatro milhões novecentos e sessenta e cinco mil oitocentos e setenta e dois reais com oito centavos) pelo método CATE.

4.6.6 Método Almeida

Para a aplicação do método Almeida (2010) adaptou-se a Tabela 3, originalmente com o zoneamento do Distrito Federal, para o zoneamento incidente na área de estudo, com

⁹ <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicotaxasjuros>

base nas características de uso do solo e preservação. No caso da área objeto em estudo, considerou-se que a área se localizava em Zona Urbana de Uso Controlado (FM = 1,1) e dentro de Área de Preservação Permanente (FUC = 6).

O custo de recuperação é igual a V_{pp} , que é igual a R\$ 322.966,51, conforme detalhado no item 4.3. Assim:

$$\begin{aligned} CR &= CRO \times FM \times FUC \\ CR &= 322.966,51 \times 1,1 \times 6 \\ CR &= 2.131.578,97 \end{aligned}$$

Para adicionar o cálculo do lucro cessante, foi considerado o período completo de recuperação da área até o estágio médio de regeneração natural, ou seja, de 11 anos, conforme já definido no item 4.6.1, uma vez que se trata do retorno da área até o seu estado anteriormente ao dano. Como índice de correção pela variável tempo, foi utilizada a taxa de juros (j) de 5,15% ao ano, considerando o valor de maio/2019 a maio/2020¹⁰, período estabelecido para os cálculos desse estudo. No presente trabalho foi utilizada a fórmula para o caso de *degradação instantânea sem recuperação natural* – ou seja, a degradação ocorre praticamente de forma instantânea e a área permaneceu degradada por um período de tempo até a data da restauração. Isto é:

$$\begin{aligned} CRP &= CR (1 + j)^t \\ CRP &= 2.131.578,97(1 + 0,0515)^{11} \\ CRP &= 3.703.424,32 \end{aligned}$$

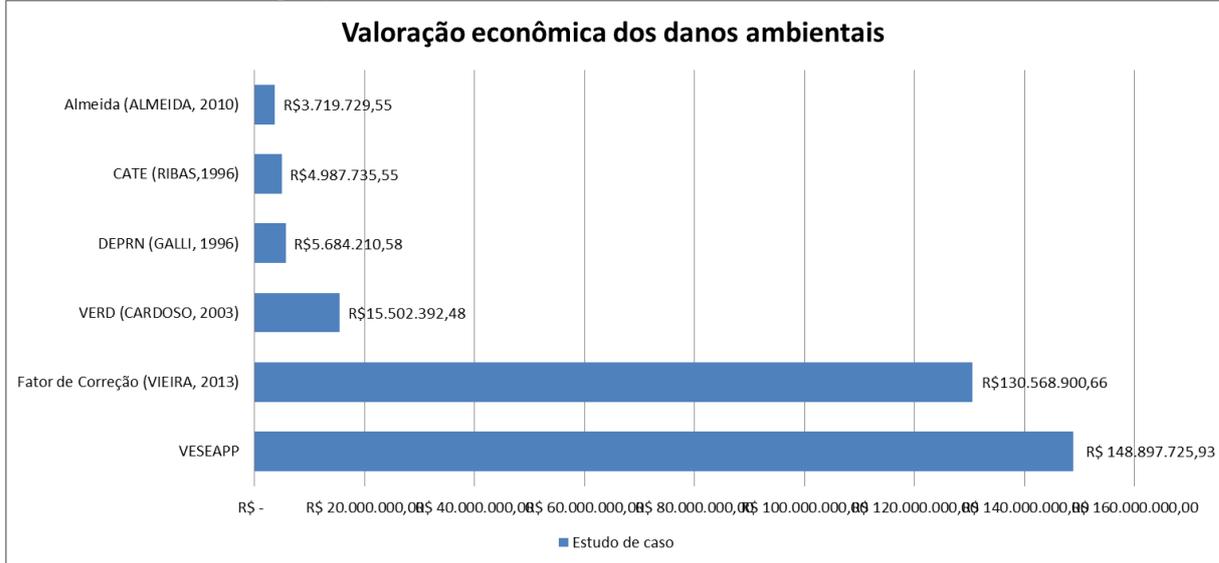
Logo, a valoração econômica dos danos ambientais em APP de curso d'água alterada para o estudo de caso foi de R\$ 3.703.424,32 (três milhões setecentos e três mil quatrocentos e vinte e quatro reais e trinta e dois centavos) pelo método Almeida (2010).

A representação em gráfico de todos os resultados obtidos com a aplicação do estudo de caso definido neste trabalho, pelos diferentes métodos (DEPRN - GALLI, 1996; VERD -

¹⁰ <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicotaxasjuros>

CARDOSO, 2003; Almeida - ALMEIDA, 2010; CATE - RIBAS,1996; Fator de Correção do Custo de Reposição - VIEIRA, 2013; VESEAPP), está apresentada na Figura a seguir.

Figura 2: Gráfico dos resultados obtidos com a aplicação dos diferentes métodos de valoração (DEPRN - GALLI, 1996; VERD -CARDOSO, 2003; Almeida - ALMEIDA, 2010; CATE - RIBAS,1996; Fator de Correção do Custo de Reposição - VIEIRA, 2013; VESEAPP) nos dois estudos de caso definidos neste trabalho.



O método VESEAPP apresentou a maior valoração econômica para o estudo de caso, seguido do método Fator de Correção do Custo de Reposição, VERD, DEPRN, CATE e Almeida, respectivamente.

Entende-se que a superação da valoração obtida pelo método VASEAPP frente aos demais métodos analisados se deve ao fato de que o primeiro considera, em sua fórmula, diretamente o valor monetário que seria arcado ao se perder cinco dos principais valores ecossistêmicos da APP de curso d'água. Os demais métodos se baseiam em fatores de correção, índices, ou outros métodos indiretos, aplicados sobre o custo de reposição da área degradada, o que pode subestimar o valor econômico do dano ambiental, ou, o custo que esse dano representa para a coletividade, no caso de esta precisar reproduzir tais serviços. Um fator que poderia distanciar ainda mais o resultado de VESEAPP daqueles obtidos pelos demais métodos seria o desenvolvimento de fórmulas para os serviços de “preservar a biodiversidade” e de “assegurar o bem-estar das populações humanas”, também citadas na Lei Federal 12.651/2012 como funções ambientais das APPs.

Portanto, os resultados deste trabalho refletem a importância do método desenvolvido, por ser mais completo em termos de valoração econômica dos serviços ecossistêmicos perdidos, visto que considera o valor necessário para ser investido em grande parte das funções ambientais perdidas, citadas na Lei Federal 12.651/2012. Além disso, é um

método relativamente fácil de aplicar, que requer dados facilmente obtidos em campo, e que pode ter seu valor final (R\$) corrigido pelo IGP-M do período de maio/2020 para momento em que se quer valorar a perícia. Portanto, um método passível de atualização ao longo do tempo, em termos monetários.

Um dos pontos para aperfeiçoamento do método é desenvolver as fórmulas e considerar na valoração as funções de “preservar a biodiversidade” e de “assegurar o bem-estar das populações humanas”, também citadas na Lei Federal 12.651/2012, porém não desenvolvidas neste trabalho. Outro ponto de melhoria é relativizar, de alguma forma, a fórmula da valoração econômica do serviço de *facilitação do fluxo gênico de fauna e flora* (V_{fg}) em função da extensão ou área da APP danificada.

Por fim, a fim de comparar esses resultados de valoração econômica obtidos com outros estudos de caso, será aplicado o método VESEAPP no estudo de caso de Cordioli (2013) e de Vieira (2013).

Cordioli (2013) aplicou, em um estudo de caso de Perícia Criminal do Estado de Santa Catarina - no qual houve desmatamento e aterro em área de preservação permanente de lagoa em aproximadamente 100 metros lineares (Ex) com 7,5 metros de largura (l), totalizando área (A) de 750m², na Guarda do Embaú em Palhoça/SC – as seguintes metodologias de interesse para o presente trabalho: Método DEPRN (GALLI, 1996), Método VERD (CARDOSO, 2003), Método Almeida (ALMEIDA, 2010) e Método CATE (RIBAS,1996). Devido a dificuldade de encontrar trabalhos que tratam da valoração pelas alterações de APP de curso d’água, será realizada a comparação do método VESEAPP com o caso de Cordioli (2013). Esta comparação não é a ideal para esta finalidade, devido a diferença de ecossistemas e ausência de dados sobre a vegetação e a profundidade do lago do estudo de caso de Cordioli (2013). De toda forma, é possível realizar algumas adaptações para tal, conforme segue.

Diante da aferição do custo de reposição em R\$ 12.831,62, Cordioli (2013), obteve as seguintes valorações de danos ambientais utilizando-se cada método, a seguir:

- Método do DEPRN (GALLI, 1996) = R\$ 205.305,92
- Método VERD (CARDOSO, 2003) = R\$ 384.948,60
- Método Almeida (ALMEIDA, 2010) = R\$ 244.827,31
- Método CATE (RIBAS,1996) = R\$ 156.834,40

No estudo de caso de Cordioli (2013), não resta claro o estágio sucessional da vegetação suprimida, tampouco a profundidade do lago. De toda forma, para comparação dos resultados obtidos dessa autora com aquele obtido pela aplicação do método VESEAPP, será considerado que ocorreu o mínimo de intervenção, ou seja, supressão em estágio inicial de regeneração natural e com tempo (n) médio de 6 anos para a recuperação vegetal e nas margens de um lago de profundidade (Al) de 0,5 metro. Assim, pelo método VESEAPP, e diante das informações disponíveis do caso periciado, foi possível obter as seguintes valorações econômicas de danos ambientais, considerando quatro dos serviços afetados (o V_{rh} não foi aferido, devido a ausência de vazão em lagoas):

$$V_{pp} = Ela + (6,19 \times A) + (6,56 \times A \times n) + (10.381,28 \times n)$$

$$V_{pp} = 5.548,51 + (6,19 \times 750) + (6,56 \times 750 \times 6) + (10.381,28 \times 6)$$

$$\mathbf{V_{pp} = 101.998,69}$$

$$V_{eg} = 319,74 \times Ex \times Al \times (Al + 1)$$

$$V_{eg} = 319,74 \times 100 \times 0,5 \times (0,5 + 1)$$

$$\mathbf{V_{eg} = 23.980,23}$$

$$V_{fg} = 240.188 \times n$$

$$V_{fg} = 240.188 \times 6$$

$$\mathbf{V_{fg} = 1.441.128,00}$$

$$V_{ps} = 1,3305 \times A \times n$$

$$V_{ps} = 1,3305 \times 750 \times 6$$

$$\mathbf{V_{ps} = 5.987,25}$$

E, considerando a soma de todos esses serviços, chega-se a valoração econômica de R\$ 1.573.094,17 (um milhão quinhentos e setenta e três mil e noventa e quatro reais com dezessete centavos) pelas alterações ocorridas no estudo de caso de Cordioli (2013):

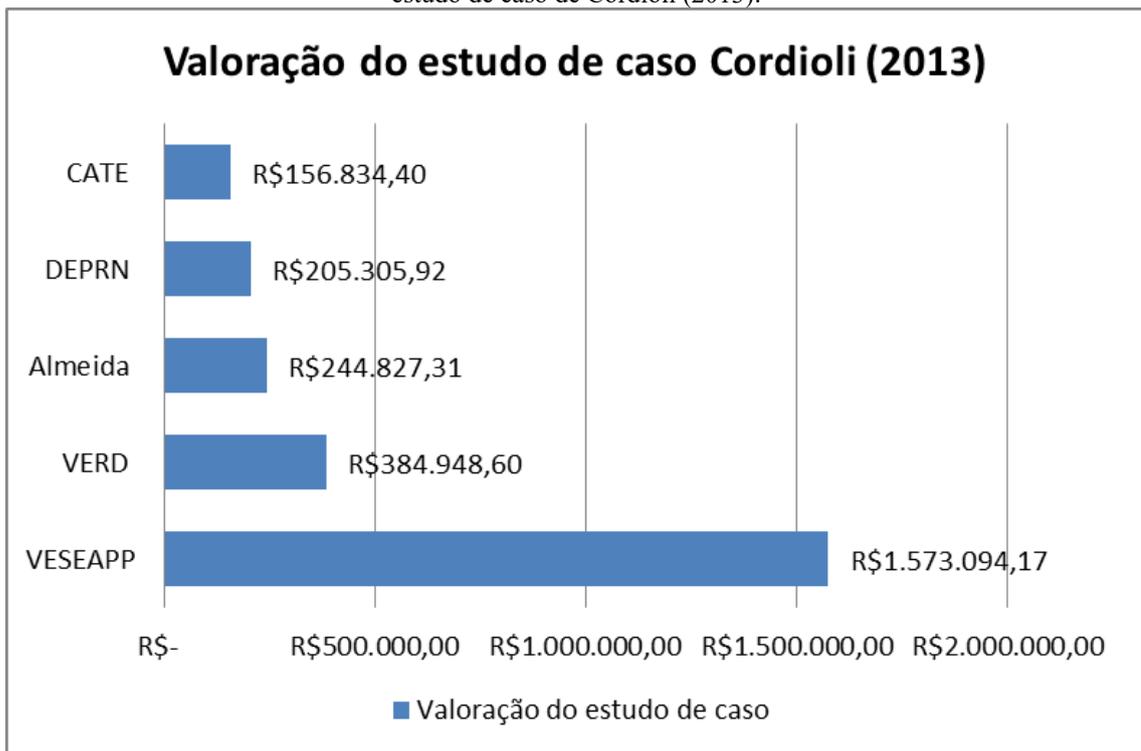
$$\text{TOTAL} = V_{ps} + V_{fg} + V_{eg} + V_{pp}$$

$$\text{TOTAL} = 5.987,25 + 1.441.128,00 + 23.980,23 + 101.998,69$$

TOTAL = 1.573.094,17

A representação dos resultados obtidos por Cordioli (2013), com a aplicação dos diferentes métodos está apresentada na Figura 3. É possível verificar que, assim como na aplicação dos respectivos métodos no estudo de caso objeto deste trabalho, o método VESEAPP foi o que apresentou maior valoração econômica pelo dano ambiental em relação aos demais, seguido, neste caso, dos métodos VERD, Almeida, DEPRN e CATE, mesmo sendo considerados apenas 4 (quatro) dos 5 (cinco) serviços ecossistêmicos levantados no presente trabalho. O método Fator de Correção de Vieira (2013) não foi simulado, neste caso, devido a grande ausência de dados relativos aos fatores de correção que seriam aplicados por seu método, neste estudo de caso.

Figura 3: Gráfico dos resultados obtidos com a aplicação dos diferentes métodos de valoração (DEPRN - GALLI, 1996; VERD -CARDOSO, 2003; Almeida - ALMEIDA, 2010; CATE - RIBAS,1996; VESEAPP) no estudo de caso de Cordioli (2013).



No estudo de caso de Vieira (2013), este obteve, por meio da aplicação de seu método, a valoração do dano ambiental em R\$ 290.720,34. Não resta clara a extensão e a largura da faixa de vegetação suprimida, tampouco as dimensões do curso d'água (totais e a jusante do dano), para a completa aplicação deste estudo de caso pelo método VESEAPP. Portanto, diante das informações disponíveis, como supressão em estágio avançado de

regeneração natural - com tempo (n) médio de 22,5 anos¹¹ para a recuperação vegetal (APREMAVI, 2020; SIMINSKI, 2013) – em área total (A) de 2,5 ha (25.000m²), foi possível obter as seguintes valorações econômicas de danos ambientais, pelo método VESEAPP, considerando três dos serviços afetados, passíveis de serem aplicados neste caso (V_{pp} , V_{fg} , V_{ps}):

$$V_{pp} = Ela + (6,19 \times A) + (6,56 \times A \times n) + (10.381,28 \times n)$$

$$V_{pp} = 10.592,61 + (6,19 \times 25.000) + (6,56 \times 25.000 \times 22,5) + (10.381,28 \times 22,5)$$

$$\mathbf{V_{pp} = 4.088.921,41}$$

$$V_{fg} = 240.188 \times n$$

$$V_{fg} = 240.188 \times 22$$

$$\mathbf{V_{fg} = 5.284.136,00}$$

$$V_{ps} = 1,3305 \times A \times n$$

$$V_{ps} = 1,3305 \times 25.000 \times 22$$

$$\mathbf{V_{ps} = 731.775,00}$$

E, considerando a soma de todos esses serviços, chega-se a valoração econômica de R\$ 10.104.832,41 (dez milhões cento e quatro mil oitocentos e trinta e dois reais com quarenta e um centavos) pelas alterações ocorridas no estudo de caso de Vieira (2013), utilizando o método VESEAPP:

$$\text{TOTAL} = V_{ps} + V_{fg} + V_{pp}$$

$$\text{TOTAL} = 731.775,00 + 5.284.136,00 + 4.088.921,41$$

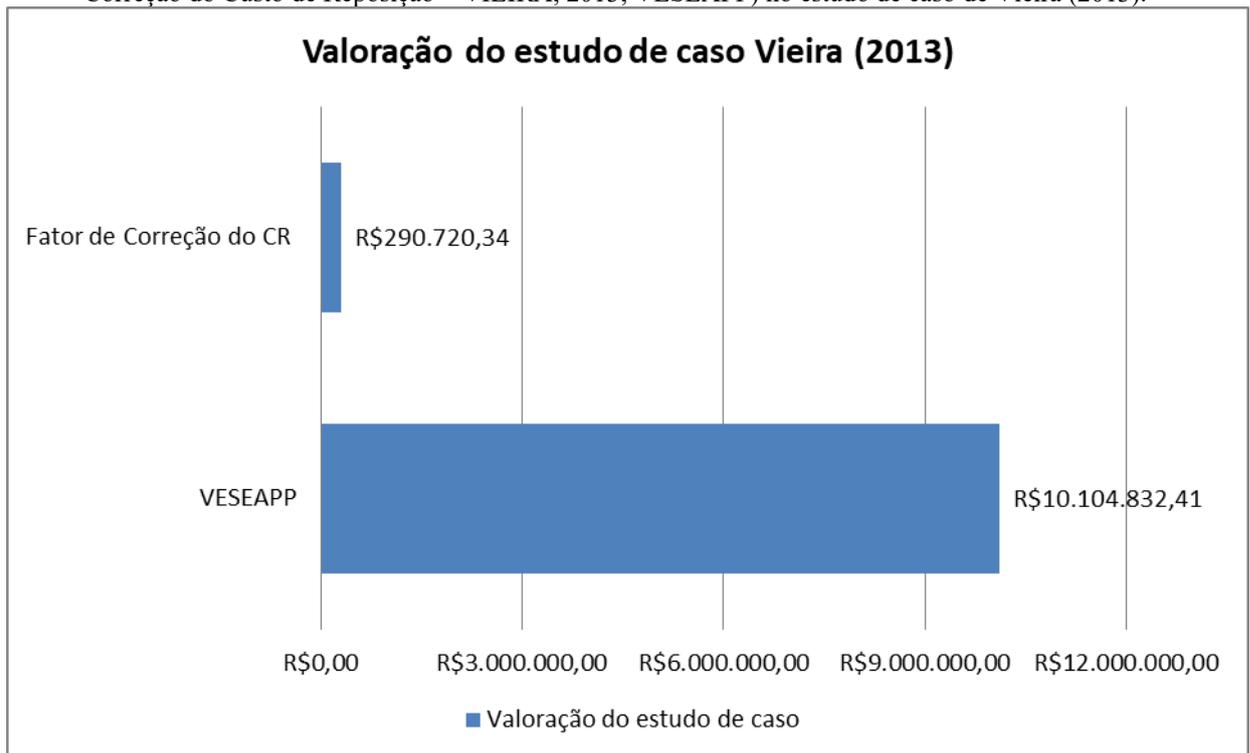
$$\mathbf{\text{TOTAL} = 10.104.832,41}$$

A Figura 4 mostra o resultado obtido com a aplicação do método Fator de Correção do Custo de Reposição e VESEAPP, no estudo de caso de Vieira (2013). O método VESEAPP foi o que apresentou maior valoração econômica pelo dano ambiental, mesmo

¹¹ Considerando, segundo SIMINSKI (2013) e APREMAVI (2020), que leva de 15 a 60 anos para a vegetação florestal atingir o porte arbóreo compatível com estágio avançado, e que a média entre esse período é de 22,5 anos, foi considerado esse valor de recuperação para o estágio avançado no estudo de caso.

sendo considerados apenas 3 (três) dos 5 (cinco) serviços ecossistêmicos levantados no presente trabalho. Mesmo na falta de algumas informações e não se podendo valorar todos os serviços ecossistêmicos, o método VESEAPP traz elementos novos e mais abrangentes, e que justificam a superação em termos de valoração dos serviços ecossistêmicos frente ao método comparado. No seu estudo de caso, Vieira (2013) considerou fatores de correção sobre o custo de reposição, valorado em termos mínimos de custo de recuperação, com acompanhamento por 30 meses. O método VESEAPP, por sua vez, não aplica nenhum fator de correção sobre algum custo de reposição, mas valora quanto que custaria, para a sociedade, a reprodução de cada um desses serviços perdidos ao longo do tempo em que a área permaneceu degradada sem a prestação desses serviços. Por tais motivos, obteve uma valoração econômica menos subestimada sobre os serviços ecossistêmicos afetados.

Figura 4: Gráfico dos resultados obtidos com a aplicação dos diferentes métodos de valoração (Fator de Correção do Custo de Reposição – VIEIRA, 2013; VESEAPP) no estudo de caso de Vieira (2013).



5 CONCLUSÃO

O presente estudo suscitou na seleção dos seguintes serviços ecossistêmicos, citados na Lei Federal nº 12651/2012, prestados por vegetação florestal preservada em faixa marginal de curso d'água: preservação dos recursos hídricos, preservação da paisagem, preservação da

estabilidade geológica, facilitação do fluxo gênico de fauna e flora, proteção do solo. Para cada um desses serviços desenvolveu-se uma fórmula para a valoração econômica, tomando como referência os investimentos necessários para sua reprodução, caso esses serviços, antes advindos naturalmente e gratuitamente, fossem perdidos.

Ao aplicar o método VESEAPP e outros métodos de valoração (DEPRN de GALLI, 1996; VERD de CARDOSO, 2003; Almeida de ALMEIDA, 2010; CATE de RIBAS, 1996; Fator de Correção do Custo de Reposição de VIEIRA, 2013) em um estudo de caso hipotético de valoração de dano ambiental em APP de curso d'água, estabelecido por este trabalho, obteve-se a maior valoração econômica do dano por meio do método VESEAPP.

Entende-se que a grande diferença de valores entre o obtido pelo método VESEAPP e pelos demais métodos analisados se deve ao fato de que o primeiro considera, em sua fórmula, diretamente o valor monetário que seria arcado ao se perder cinco dos principais valores ecossistêmicos da APP de curso d'água. Os demais métodos se baseiam em fatores de correção, índices, ou outros métodos indiretos, aplicados sobre o custo de reposição da área degradada, o que pode subestimar o valor econômico do dano ambiental, ou, o custo que esse dano representa para a coletividade, no caso de esta precisar reproduzir tais serviços artificialmente.

Portanto, os resultados deste trabalho refletem a importância do método desenvolvido, por ser mais completo em termos de valoração econômica dos serviços ecossistêmicos perdidos, visto que considera o valor necessário para ser investido em grande parte das funções ambientais perdidas, citadas na Lei Federal 12.651/2012. Além disso, é um método relativamente fácil de aplicar, que requer dados facilmente obtidos em campo, e que pode ter seu valor final (R\$) corrigido pelo IGP-M do período de maio/2020 para momento em que se quer valorar a perícia. Portanto, um método passível de atualização ao longo do tempo, em termos monetários.

Um dos pontos para aperfeiçoamento do método é desenvolver as fórmulas e considerar na valoração do método VESEAPP as funções de “preservar a biodiversidade” e de “assegurar o bem-estar das populações humanas”, também citadas na Lei Federal 12.651/2012, porém não desenvolvidas neste trabalho. Outro ponto de melhoria é relativizar, de alguma forma, a fórmula da valoração econômica do serviço de *facilitação do fluxo gênico de fauna e flora* (V_{fg}) em função da extensão ou área da APP danificada. E, por fim, importante destacar que a valoração econômica da regulação da qualidade da água apresenta peso considerável no valor final da valoração, tendo em vista os altos custos que estão envolvidos no tratamento da qualidade da água, ao longo do tempo.

De toda forma, frente aos resultados apresentados neste trabalho, é possível concluir que tal ferramenta é um subsídio pertinente para a valoração econômica de danos, de impactos e de compensações ambientais em áreas de preservação permanente, uma vez que considera, com fundamentos monetários e diretos, o valor que tais serviços ecossistêmicos representam para a sociedade, caso não fossem prestados naturalmente e gratuitamente pelos ecossistemas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. de. Avaliação de Danos Causados ao Meio Ambiente. In: TOCCHETTO, D. (Org.). Perícia Ambiental Criminal. 1 ed. Campinas: Millennium, 2010, p. 211-230.
- ALVES, Maria Bernadete Martins; ARRUDA, Susana Margareth. Como fazer referências: bibliográficas, eletrônicas e demais formas de documento. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Biblioteca Universitária, c2001. Disponível em: <http://www.bu.ufsc.br/design/framerefer.php>. Acesso em: 11 abr. 2013.
- AMBIENS – Ambiens Consultoria e Projetos Ambientais Eireli, 2020. Orçamento para implantação de cinco Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas: Koprime (Contrato nº 112-14), Flexicotton (Contrato nº 030-17), André Kessler (Contrato nº 039-15), WJ Empreendimentos (Contrato nº 121-16), Cyrela (Contrato nº 062-11).
- ANSOLIN, R. D.; SANTOS, K. S.; FERNANDES, A. P. D. S. F. Valoração ambiental em áreas de preservação permanente na Bacia Hidrográfica do Rio Passaúna, Estado do Paraná. *Revista de Ciências Agroveterinárias* 17(1): 2018.; 17(1): 118-127, 2018.
- APREMAVI — Associação de Preservação do Meio Ambiente e da Vida. 2020. Disponível em: <https://apremavi.org.br/mata-atlantica/estagios-da-floresta/>. Acesso em 27/07/2020.
- AQUAMEC Indústria e Comércio de Equipamentos. Orçamento para implantação de Estação de Tratamento de Água em empreendimento privado, Florianópolis/SC. Data de emissão: 30/05/2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10520: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14653-6: avaliação de bens – parte 6: Recursos naturais e ambientais, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14724: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6024: informação e documentação: numeração progressiva das seções de um documento escrito: apresentação. Rio de Janeiro, 2012.
- BOYD, J.; BANZHAF, S. (2007) What Are Ecosystem Services? A necessidade de unidades de contabilidade ambiental padronizadas. *Ecological Economics*, 63, 616-626. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.01.002>.
- BRASIL, 1965. Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965. Código Florestal. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Legislativo, Brasília, DF, 16 de set. Seção 1. p. 9529-9531.
- BRASIL, Instrução CFBio nº 04 de 30 de novembro de 2007. Dispõe sobre a proposta (sugestão) de Tabela de Referência de Honorários para Biólogos (hora/trabalho). Brasília, 30/11/2007.

BRASIL, Lei Federal nº 14.119 de 13 de janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Legislativo, Brasília, DF, 2021.

BRASIL, Lei Federal nº 7803/89, de 18 de julho de 1989. Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nºs 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986. Diário Oficial da União.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 05 de outubro de 1988. Senado Federal. Brasília, 2010, 47 p.

BRASIL. Decreto Federal nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934. Decreta o Código Florestal. Brasília, DF, 1934.

BRASIL. Lei Federal nº 9605 de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre os crimes ambientais. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 15 fev 1998.

BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Institui o Código Florestal. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 2012.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 04, de 04 de maio de 1994. Define vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica. Brasília, 30/12/2009.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357/2005, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

CAMPAGNOLO, K.; MASATO, K.; MAZZALI, L., H.; PAIXÃO, M., A. A influência da vegetação na estabilidade de encostas com ênfase em margem de rio. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. I Encontro Nacional de Desastres, Porto Alegre/ RS, junho de 2018.

CARDOSO, A. R. A. A Degradação Ambiental e seus Valores Econômicos Associados, Porto Alegre: Sérgio Antonio Fabris Editor, 2003, 96 p.

COLLINS, S.; LARRY, E. Cuidando de nossos ativos naturais. Uma perspectiva dos serviços do ecossistema. Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. Serviço Florestal. Pacific Northwest Research Station, 2007 .

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, 154 p. Florianópolis, SC, 2013.

CORRÊA, R. S.; SOUZA, A. N. Valoração de danos indiretos em perícias ambientais. Revista Brasileira de Criminalística. Vol. 2(1), 7-15, 2013.

COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, v. 387, n. 6630, p. 253–260, 1997.

CRBio-03 – Conselho Regional de Biologia 03. Proposta de Honorários. Disponível em: <https://www.crbio03.gov.br/> . Acesso em 10/08/2020.

DEDECEK, R. A. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em Latossolo Vermelho-Escuro dos Cerrados em diferentes cultivos natural. *Revista Brasileira Ci. Solo*, 10:265-72, 1986.

DUBEUX, C. B. S. A valoração econômica como instrumento de gestão ambiental: o caso da despoluição da Baía de Guanabara. 1998. 89 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – Coppe/UFRJ, Rio de Janeiro, 1998.

ELLSTRAND, N.C. et al. Gene flow and introgression from domesticated plants into their wild relatives. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, v.30, p.539-563, 1999.

ELTZ, R. I. et al. Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas em solo Laterítico Bruno – Avermelhado distrófico (São Jerônimo) sob chuva natural. *Revista Brasileira Ci Solo*, 8(1):117-125, 1984.

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manejar a matéria orgânica do solo é manejar a qualidade do sistema do solo, 23 de janeiro de 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/19773148/manejar-a-materia-organica-do-solo-e-manejar-a-qualidade-do-sistema-do-solo>. Acesso em 25/09/2020.

EMMETT BA, HUDSON JA, COWAR DPA, REYNOLDS B. The impact of a riparian wetland on streamwater quality in a recently afforested upland catchment. *Journal of Hydrology* 1994; 162(3-4): 337-353. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694\(94\)90235-6](http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694(94)90235-6).

FARLEY, J., 2012. " Ecosystem services: The economics debate, *Ecosystem Services*, Elsevier, vol. 1 (1), páginas 40-49.

FGV IGP-M - 2020 . Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADA0/publico/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores&aba=1>. FISHER, B., TURNER, K., ZYLSTRA, M., et al. (2008) Ecosystem Services and Economic Theory: Integration for Policy Relevant Research. *Ecological Applications*, 18, 2050-2067. <http://dx.doi.org/10.1890/07-1537.1>.

FVG – Fundação Getúlio Vargas. DEVESE - Diretrizes Empresariais de Valoração Econômica de Serviços Ecosistêmicos, FGV, 2014.

GALLI, F. Valoração de danos ambientais: subsídio para ação civil. Série Divulgação e Informação, 193, Companhia Energética de São Paulo, CESP, São Paulo, 1996. KIM, K.H., MISHRA, V.K. & HONG, S. 2006. The rapid and continuous monitoring of gaseous elemental mercury (GEM) behavior in ambient air. *Atmospheric Environment* 40, 3281-3293.

ILSON Plantas Ornamentais Ltda, 2020. Orçamentação de mudas, adubo, insumos, mão-de-obra, terra vegetal, para implantação de PRAD.

Instrução Normativa SIE nº 2 de 30/06/2020, que estabelece os procedimentos a serem adotados na SIE para a elaboração do BDI referencial para as obras civis da Secretaria de Estado da Infraestrutura e Mobilidade (SIE) de Santa Catarina.

KING, D. M.; MAZZOTTA, M.J. Ecosystem valuation. US Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service and National Oceanographic and Atmospheric Administration. 2000.

LIP ENGENHARIA. Orçamento para implantação de Estação de Tratamento de Água em empreendimento privado, Florianópolis/SC. Data de emissão: 20/05/2020.

LOPES, A., C. Contribuição financeira por usuários de recursos hídricos beneficiados por unidades de conservação/ estudo de caso na bacia hidrográfica do rio Vargem do Braço, em Santo Amaro da Imperatriz, Santa Catarina. 2020. 194 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis, 2020. Disponível em: <http://www.bu.ufsc.br/teses/PGEA0683-D.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2020.

MAGLIANO, M. M. De quanto é o rombo ambiental no Brasil. Revista Perícia Federal. Brasília, n. 29, ano 13, p. 8-13. mar/2012.

MAIA, A. G. Valoração de Recursos Ambientais. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Econômico. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2002. 183 p. Disponível em: www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000243573. Acesso em: 12 ago. 2013.

MARTINS, Paulo Sodero. Estrutura populacional, fluxo gênico e conservação " in situ" ESALQ-USP, Departamento de Genética 13400- Piracicaba -SP, IPEF, n.35, p.71-78, abr.1987.

MEA - Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being: synthesis. Washington: Island Press, 2005c.

MICHEL, G. P.; KOBİYAMA, M.; GOERL, R. F. Avaliação do Papel da Vegetação na Estabilidade de Encostas através do Modelo Shalstab Modificado. In: IX Simpósio Nacional de Geomorfologia (2012: Rio de Janeiro) Rio de Janeiro: SINAGEO, 4p., 2012.

MIERZWA, José Carlos; DA SILVA, Maurício Costa Cabral; RODRIGUES, Luana Di Beo; HESPANHOL, Ivanildo. Tratamento de Água para Abastecimento Público por Ultrafiltração: Avaliação Comparativa através dos custos diretos de implantação e operação com os sistemas convencional e com carvão ativado. Artigo Técnico, Eng. sanit. ambient. 78 Vol.13 - Nº 1 - jan/mar 2008, 78-87

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Projetos sobre a Biodiversidade, Serviços Ecosistêmicos, 2020. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/informma/item/15320-servi%C3%A7os-ecossist%C3%AAmicos.html>. Acesso em 20/10/2020.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. Áreas de Preservação Permanente X Áreas de Risco, o que uma coisa tem a ver com a outra? Relatório de inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro, Biodiversidade 41, Brasília-DF, 2011.

NOGUEIRA, J. M.; MEDEIROS, M. A. A. de; ARRUDA, F. S. T. de. Valoração Econômica do Meio Ambiente: Ciência ou Empiricismo?. In: Reunião Anual da SBPC, 50., 1998, Natal.

Anais... São Paulo: SBPC/UFRN, 1998. Disponível em: www.ceemaunb.com/jmn/publicacoes/11ValoracaoEconomicadoMA.pdf. Acesso em: 08 ago. 2013.

NOGUEIRA, J. M.; MEDEIROS, M. A.; ARRUDA, F. S. Valoração econômica do meio ambiente: ciência ou empiricismo? *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v.17, n.2, p. 81-115, 2000.

PEARCE, D.W. *Economic Values and the Natural World*. MIT Press, Cambridge, 1993.

PUGLIESI, A. C. V; MARINHO, M. A.; MARQUES, J. F.; LUCARELLI, J. R. F. Valoração econômica do efeito da erosão em sistemas de manejo do solo empregando o método custo de reposição. *Bragantia*, Campinas, v. 70, n. 1, p.113-121, 2011.

RIBAS, L. C. Metodologia valoração de danos ambientais – caso florestal. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 1996

ROMANÓ, E. N. de L. Avaliação Monetária do Meio Ambiente. Caderno do Ministério Público do Paraná, Curitiba, Paraná, v.2, n.5, p. 143 – 147, junho, 1999.

RUFINO, R. L.; HENKLAIN, J. C. & BISCAIA, R.C.M. Influência das práticas de manejo e cobertura vegetal ao cafeeiro nas perdas de solo. *Revista Brasileira Ci. Solo*, 9:277-280, 1985.

SARVILINNA, A.; LEHTORNTA, V.; HJERPPE, T. Are urban stream restoration plans worth implementing? (November). *Environ. Manag.* 59 (1), 10–20, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00267-016-0778-z>. issn: 1432-1009.

SAUER, C. O. A morfologia da paisagem. In: CORRÊA, Roberto Lobato; ROSENDAHL, Zeny (orgs.). *Paisagem, tempo e cultura*. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1998 [1925], p. 12-74.

SCHÄFFER, W. B.; ROSA, M. R.; DE AQUINO, L. C. S.; MEDEIROS, J. D. Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação & Áreas de Risco. O que uma coisa tem a ver com a outra? Relatório de Inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro – Brasília: MMA, 2011. 96 p. (Série Biodiversidade, 41).

SCHLAEPFER, M.; LEHMANN, A.; FALL, J. J.. *Ecosystem Services: a Method for Sustainable Development*. Université de Genève. 2018. Disponível em: <https://www.coursera.org/learn/ecosystem-services>. Acesso em 15/06/2019.

SENGE/SC, Sindicato dos Engenheiros no Estado de Santa Catarina. REGULAMENTO DE HONORÁRIOS PROFISSIONAIS PARA SERVIÇOS DE ENGENHARIA E ARQUITETURA. Disponível em <https://portal.crea-sc.org.br/profissional/honorarios/>. Acesso em 19/08/2020.

SEROA DA MOTTA, R. Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais. 1. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1997. v. 1. 218p. Disponível em: www.aprendizagempsa.org.br/sites/default/files/biblioteca/manual_para_valoracao_economic_a_recursos_ambientais.pdf. Acesso em 08 ago. 2013.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E; CAMARGO, P. B. Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas. São Carlos: RiMa, 2003. 114 p.

SILVA, D. C. C.; SALES, J. C. A.; SIMONETTI, V. C.; LOURENÇO, R. W. Análise espacial do custo de reposição de nutrientes do solo em uma bacia hidrográfica. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, Maringá (PR), v. 13, n.1, p. 189-212, jan./mar. 2020 - e-ISSN 2176-9168.

SIMINSKI, A.; FANTINI, A. C.; SEDREZ REIS, M. Classificação da Vegetação Secundária em Estágio de Regeneração da Mata Atlântica em Santa Catarina. *Ciência Florestal*, vol. 23, núm. 3, Universidade Federal de Santa Maria Santa Maria, Brasil jul-set, 2013, pp. 369-378.

SIMINSKI, A. Dinâmica das Formações Florestais Secundárias da Mata Atlântica no Litoral de Santa Catarina. Laboratório de Ecologia e Manejo de Ecossistemas Florestais. Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/1935280/mod_resource/content/1/Fantini_Siminski_for_macoes_secundarias_2013.pdf. Acessado em 16/12/2021.

SINAPI - Sistema Nacional de Preços e Índices para Construção Civil. Relatório de Insumos e Composições – maio/2020. Disponível em http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_662, planilha: SINAPI_ref_Insumos_Composicoes_SC_052020_Desonerado. Acesso em 18/08/2020.

SLATKIN, M. Gene Flow and the Geographic Structure of Natural Populations. *Science*, Washington D. C., v. 236, 1987

SOUZA, V.; GALVANI, E. Determinação do potencial natural à erosão laminar na bacia do Rio Jacaré Guaçu (SP). *Revista Ra'e Ga*, Curitiba, v. 39, p. 8-23, 2017.

STEIGLEDER, A. M. Valoração de Danos Ambientais Irreversíveis. *MPMG Jurídico*, Belo Horizonte, Edição especial, p.24-30, 2011.

SUKHDEV, P. Ponha Valora na Natureza. Palestra do TEDGlobal, 2011.

TEEB (2010), *The Economics of Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations*. Editado por Pushpam Kumar. Earthscan: Londres e Washington.

TÔSTO, S. G.; PEREIRA, L. C.; VALLADARES, G. S.; MARQUES, J. F.; SOBRINHO, R. P.; CAIXETA, D. A.; MANGABEIRA, J. A. C. Valoração de serviço ambiental da perda de solo na cultura da cana-de-açúcar sob dois manejos de cultivo, município de Araras-SP. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL - SOBER, 48., 2010, Campo Grande, MS. Anais... Campo Grande, MS: ANPPAS/IRIS, 2010.

TRENNEPOHL, F. G., SOARES, A. S.; KOSSATZ, B. LEVANTAMENTO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO (O&M) DE ETA DA REGIÃO METROPOLITANA DE FLORIANÓPLIS/SC. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental AESABESP - Associação dos Engenheiros da Sabesp, 2017.

TUNDISI, J., G. et al. . A bacia hidrográfica do Tietê/Jacaré: estudo de caso em pesquisa e gerenciamento. *Estud. av.*, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 159-172, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200010&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 10/11/2020.

VIEIRA, J. Valoração de danos ambientais em ecossistemas florestais: adaptação do método do custo de reposição com vistas à sua aplicação na perícia criminal ambiental. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Perícias Criminais Ambientais, Florianópolis, SC, 2013, 115p.

VIONNET, S. Ecosystem Services: a Method for Sustainable Development. 5.6 Mainstreaming ecosystem services into the private sector. Online non-credit course authorized by University of Geneva and offered through Coursera.

WU, T. H.; McKINNELL, W.P.; SWANSTON, D.N. Strength of tree roots and landslides on Prince of Wales Island, Alaska. Canadian Geotechnical Journal, v. 16, n.1, p. 19-33, Fev. 1979.

ANEXO 1 – DEPRN - Critérios de qualificação de agravos

1) AR

Os agravos descritos na linha Impacto na dinâmica atmosférica do Quadro 1, têm os seus valores multiplicados por 1,5.

- Toxicidade da emissão (baseada em literatura científica):
 - Comprovada = 3
 - Fortes indícios = 2
 - Suposta = 1
- Proximidade de centros urbanos (baseado em censo demográfico):
 - Centro urbano (população \geq 60.000 hab) distante até 10km = 2
 - Centro urbano (população \geq 60.000 hab) distante até 25km = 1
- Localização em relação a áreas protegidas (Unidades de Conservação):
 - Dentro da área = 2
 - Sob influência = 1
- Comprometimento do aquífero, decorrente do dano ao ar (estudar o aspecto água):
 - Comprovado = 2
 - Suposto = 1
- Morte ou dano à fauna, decorrente do dano ao ar (estudar o aspecto fauna):
 - Comprovado = 2
 - Suposto = 1
- Morte ou dano à flora, decorrente do dano ao ar (estudar o aspecto flora):
 - Comprovado = 2
 - Suposto = 1
- Dano ao patrimônio cultural, histórico, artístico, arquitetônico e turístico e/ou monumentos naturais, decorrente do dano ao ar (estudar o aspecto paisagem):
 - Comprovado = 2
 - Suposto = 1
- Alteração da qualidade do ar:
 - Estado de emergência = 3
 - Estado de Alerta = 2
 - Estado de Atenção ou péssimo = 1
- Previsão de reequilíbrio (caso não haja possibilidade de previsão de prazo, utilizar o critériocusto de recuperação ou dos equipamentos preventivos: baixo custo = 1; médio custo = 2; alto custo = 3):
 - Curto prazo = 1
 - Médio prazo = 2
 - Longo prazo = 3

2) ÁGUA

Os agravos descritos na linha Impacto na hidrodinâmica (alteração do fluxo e/ou vazão) da Quadro 1, têm seus valores multiplicados por 1,5.

- Toxicidade da emissão (baseada em literatura científica):
 - Comprovada = 3
 - Fortes indícios = 2
 - Suposta = 1
- Comprometimento do aquífero:
 - Comprovado = 3
 - Fortes indícios = 2
 - Suposto = 1
- Localização em relação as áreas protegidas (Unidades de Conservação e Áreas de Preservação Permanente definidas em legislação):
 - Dentro = 3
 - Na mesma bacia hidrográfica à montante = 2
 - Na mesma bacia hidrográfica à jusante = 1
- Dano ao complexo solo/subsolo, decorrente do dano à água (estudar o aspecto solo/subsolo):
 - Comprovado = 3
 - Fortes indícios = 2
 - Suposto = 1
- Morte ou dano à fauna, decorrente do dano à água:
 - Comprovado = 2
 - Suposto = 1
- Morte ou dano à flora, decorrente do dano à água (estudar o aspecto flora):
 - Comprovado = 2
 - Suposto = 1
- Dano ao patrimônio cultural, histórico, artístico, arquitetônico e turístico e/ou monumentos naturais, decorrente do dano à água (estudar o aspecto paisagem):
 - Comprovado = 2
 - Suposto = 1
- Alteração da classe do corpo hídrico (baseado na Resolução CONAMA nº 20 de 18/06/86):
 - Comprovada = 3
- Alteração na vazão / volume de água:
 - Significativa = 2
 - Não significativa = 1
- Previsão de reequilíbrio na condição natural (caso não haja possibilidade de previsão de prazo, utilizar o critério custo de recuperação ou dos equipamentos preventivos: baixo custo = 1; médio custo = 2; alto custo = 3)
 - Curto prazo = 1
 - Médio prazo = 2
 - Longo prazo = 3

3) SOLO E SUBSOLO

Os agravos descritos na linha Impacto na dinâmica do complexo solo-subsolo (movimentação de solo, corte ou aterro) da Quadro 1, têm seus valores multiplicados por 1,5.

- Toxicidade da emissão (baseada em literatura científica):
 - Comprovada = 3

- Fortes indícios = 2
- Suposta = 1
- Comprometimento do aquífero, decorrente do dano ao complexo solo/subsolo (estudar o aspecto água):
 - Comprovado = 3
 - Fortes indícios = 2
 - Suposto = 1
- Localização em relação às áreas protegidas (Unidades de Conservação e Áreas de Preservação Permanente definidas em legislação):
 - Totalmente inserido = 2
 - Parcialmente inserido = 1
- Assoreamento de corpos hídricos (estudar o aspecto água):
 - Grande intensidade = 3
 - Média intensidade = 2
 - Pequena intensidade = 1
- Morte ou dano à fauna, decorrente do dano ao complexo solo/subsolo (estudar o aspecto fauna):
 - Comprovado = 2
 - Suposto = 1
- Morte ou dano à flora, decorrente do dano ao solo/subsolo (estudar o aspecto flora):
 - Comprovado = 2
 - Suposto = 1
- Dano ao patrimônio cultural, histórico, artístico, arquitetônico e turístico e/ou a monumentos naturais, decorrentes do dano ao complexo solo/subsolo (estudar o aspecto paisagem):
 - Comprovado = 2
 - Suposto = 1
- Objetivando a comercialização:
 - Atividade principal ou secundária = 1
- Alteração na capacidade de uso da terra:
 - Em mais de uma classe (por ex: classe 1 para 3) = 3
 - Em uma classe (por ex: classe 1 para 2) = 2
 - Na mesma classe de uso (subclasses) = 1
- Danos ao relevo (alterações da declividade, desmoronamentos, etc) (estudar o aspecto paisagem):
 - Ocorrido = 3
 - Grande risco = 2
 - Pequeno risco = 1
- Previsão de reequilíbrio na condição natural (caso não haja possibilidade de previsão do prazo, utilizar os critérios de custo de recuperação: baixo custo (menor que o da exploração) = 1; médio custo (equivalente ao da exploração) = 2; alto custo (maior que da recuperação) = 3):
 - Curto prazo = 1

- Médio prazo = 2
- Longo prazo = 3

4)FAUNA

Os agravos descritos na linha de Impacto na dinâmica da comunidade da Quadro 1 têm seus valores multiplicados por 1,5.

•Localização em relação às áreas protegidas (Unidades de Conservação e Áreas de Preservação Permanente definidas por legislação):

- Dentro = 3
- No raio de ação do animal = 2

•Ocorrência de espécies ameaçadas de extinção (Baseada na Portaria do IBAMA Nº 1.522 de 19/12/89):

- Comprovada = 3
- Suposta = 2

•Ocorrência de espécies endêmicas (baseada em literatura científica):

- Comprovada = 2
- Suposta = 1

•Ocorrência de Fêmeas:

- Prenhas ou ovadas = 3
- Comprovada = 2
- Suposta = 1

•Objetivando comercialização:

- Atividade principal = 3
- Atividade secundária = 2

•Importância relativa:

- Espécie que não se reproduz em cativeiro = 3
- Espécie que se reproduz em cativeiro = 2
- Espécie criada comercialmente = 1

•Morte ou dano à flora decorrente do dano à fauna (estudar aspecto flora):

- Comprovado = 3
- Fortes indícios = 2
- Suposto = 1

•Alteração nos nichos ecológicos:

- Comprovada = 3
- Fortes indícios = 2
- Suposta = 1

•Previsão de reequilíbrio (natural) (caso não haja possibilidade de previsão de prazo, utilizar como critério: outras espécies = 1; espécies endêmicas = 2; espécies ameaçadas = 3):

- Longo prazo = 3
- Médio prazo = 2
- Curto prazo = 1

5)FLORA

Os agravos descritos na linha Impacto na dinâmica da comunidade da Quadro 1, têm seus valores multiplicados por 1,5. Para maciços maiores que 0,1ha, deve-se analisar os danos aos indivíduos e a comunidade.

•Localização em relação às áreas protegidas (Unidades de Conservação e Áreas de Preservação Permanente definidas por Lei):

- Totalmente inserido = 3

- Parcialmente inserido = 2

•Ocorrências de espécies ameaçadas de extinção (Portaria IBAMA No 1522 de 19/12/89):

- Comprovada = 3

- Suposta = 2

•Ocorrência de espécies endêmicas (baseado em literatura científica):

- Real ocorrência = 2

- Suposta ocorrência = 1

•Favorecimento à erosão (estudar solo e subsolo):

- Comprovada = 3

- Fortes indícios = 2

- Suposta = 1

•Dano ao patrimônio cultural, histórico, artístico, arqueológico e turístico e ao monumentocultural, decorrente do dano à flora (estudar o aspecto paisagem):

- Comprovado = 2

- Suposto = 1

•Objetivando a comercialização:

- Atividade principal = 2

- Atividade secundária = 1

•Morte ou dano à fauna, decorrente do dano à flora (estudar o aspecto fauna):

- Comprovada = 3

- Fortes indícios = 2

- Suposto = 1

•Importância relativa. Possibilidade de ocorrência na região de parcela similar qualitativamentee quantitativamente à área degradada (estudar o aspecto paisagem):

- Área maior que 30 vezes a área degradada = 3

- Área entre 10 e 30 vezes a área degradada = 2

- Área até 10 vezes maior que a área degradada = 3

•Alteração nos nichos ecológicos:

- Comprovada = 3

- Fortes indícios = 2

- Suposta = 1

•Previsão de reequilíbrio (natural) (caso não haja possibilidade de previsão de prazo, analisaroestágio de regeneração: inicial = 1; médio = 2; avançado = 3)

- Longo prazo = 3

- Médio prazo = 2

- Curto prazo = 1

6) PAISAGEM

Os agravos descritos na linha Dano ao patrimônio cultural, histórico, artístico e turístico (legalmente constituído, tombado pelo CONDEPHAAT ou SPHAN), da Quadro 1 têm seus valores multiplicados por 1,5.

•Localização em relação a área e/ou municípios protegidos (Unidade de Conservação e Áreas de Preservação Permanente definidas pela Legislação):

- Dentro = 3

•Proximidade de centros urbanos

- Centro urbano (população \geq a 60.000 hab) distante até 10km = 3

- Centro urbano (população \geq a 60.000 hab) distante até 25km = 2

- Centro urbano (população \geq a 60.000 hab) distante até 50km = 1

•Reversão do dano:

- Alto custo = 3

- Médio custo = 2

- Baixo custo = 1

•Comprometimento do aquífero (estudar o aspecto água):

- Diretamente relacionado = 2

- Não diretamente relacionado = 1

•Comprometimento do complexo solo / subsolo (estudar o aspecto solo/subsolo)

- Diretamente relacionado = 2

- Não diretamente relacionado = 1

•Morte ou dano à fauna (estudar o aspecto fauna):

- Diretamente relacionado = 2

- Não diretamente relacionado = 1

•Morte ou dano à flora (estudar o aspecto flora):

- Diretamente relacionado = 2

- Não diretamente relacionado = 1

•Dano ao patrimônio cultural, histórico, artístico, arqueológico e turístico, e/ou cultural

- Tombado pelo CONDEPHAAT ou SPHAN = 2

- Não tombado = 1

ANEXO 2 – Área (m²) dos PRADs elaborados pela Ambiens Consultoria (2002 a 2020)

PRADs	Ano	M²	Município
1	2013	53,00	Florianópolis
2	2014	59,36	Porto Belo
3	2016	60,00	Florianópolis
4	2019	82,00	Florianópolis
5	2018	90,00	Florianópolis
6	2020	130,00	Florianópolis
7	2007	136,00	Florianópolis
8	2004	150,00	Florianópolis
9	2020	190,00	Florianópolis
10	2010	200,00	Florianópolis
11	2013	200,00	Florianópolis
12	2015	200,00	Florianópolis
13	2014	245,00	Bom Jardim da Serra
14	2006	258,69	Florianópolis
15	2012	300,00	Florianópolis
16	2009	380	Florianópolis
17	2010	500,00	Governador Celso Ramos
18	2004	525,00	Florianópolis
19	2015	563,88	Florianópolis
20	2012	594,00	Florianópolis
21	2012	811,00	Florianópolis
22	2014	900,00	Itapema
23	2014	1000,00	Paulo Lopes
24	2019	1000,00	Paulo Lopes
25	2005	1100,00	Florianópolis
26	2006	1100,00	Florianópolis
27	2007	1250,00	Florianópolis
28	2020	1.280,00	Florianópolis
29	2002	1380,00	Balneário Camboriu
30	2006	1500,00	Florianópolis
31	2007	1500,00	Florianópolis
32	2014	1500,00	Governador Celso Ramos
33	2016	1600,00	São Pedro de Alcântara
34	2016	1750,00	Florianópolis
35	2019	1891,69	Florianópolis
36	2010	2000,00	Florianópolis
37	2019	2118,73	Florianópolis
38	2003	2500,00	Florianópolis
39	2011	2580,00	Florianópolis

PRADs	Ano	M²	Município
40	2012	3000,00	Florianópolis
41	2013	3000,00	Florianópolis
42	2011	3201,70	Florianópolis
43	2011	3700,00	Florianópolis
44	2017	5080,00	Florianópolis
45	2017	5239,00	Florianópolis
46	2005	5400,00	Florianópolis
47	2008	5542,30	Florianópolis
48	2008	5629,46	Florianópolis
49	2004	5900,00	Florianópolis
50	2013	7500,00	Florianópolis
51	2018	7660,00	Florianópolis
52	2019	8645,40	Santo Amaro da Imperatriz
53	2011	9220,00	Florianópolis
54	2019	9314,00	Biguaçu
55	2017	10900,00	Santo Amaro da Imperatriz
56	2013	11500,00	Florianópolis
57	2019	11895,21	Florianópolis
58	2016	12400,00	Antônio Carlos
59	2013	12714,00	Palhoça
60	2007	14000,00	Itapema
61	2020	14490,00	Biguaçu
62	2012	14500,00	Gov. Celso Ramos
63	2017	15100,00	Florianópolis
64	2019	16320,77	Florianópolis
65	2010	21300,00	Palhoça
66	2007	22237,00	Garopaba
67	2018	27.134,23	Florianópolis
68	2013	28000,00	Florianópolis
69	2011	29369,96	Florianópolis
70	2008	29400,00	Florianópolis
71	2020	30500,00	Garopaba
72	2016	39260,00	Santo Amaro da Imperatriz
73	2013	41100,00	Florianópolis
74	2008	43000,00	Santo Amaro da Imperatriz
75	2014	51938,00	Florianópolis
76	2015	55088,06	Imbituba
77	2016	60000,00	Paulo Lopes
78	2005	72000,00	Florianópolis
79	2020	99000,00	Tubarão
80	2002	154575,00	Garopaba