



Universidade Estadual de Goiás

Câmpus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas – Henrique Santillo
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais do Cerrado

AGENILDA APARECIDA SANTOS

**VALORAÇÃO DE DANO AMBIENTAL E SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS:
BENEFÍCIOS ASSOCIADOS ÀS FUNÇÕES DAS ÁREAS RIPÁRIAS DO
CERRADO**

Anápolis

2024

AGENILDA APARECIDA SANTOS

**VALORAÇÃO DE DANO AMBIENTAL E SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS:
BENEFÍCIOS ASSOCIADOS ÀS FUNÇÕES DAS ÁREAS RIPÁRIAS DO CERRADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
Stricto Sensu em Recursos Naturais do Cerrado, da
Universidade Estadual de Goiás para obtenção do título
de Mestre em Recursos Naturais do Cerrado.

Orientadora: Dra. Joana D'arc Bardella Castro

Anápolis

2024

Santos, Agenilda Aparecida

Valoração de dano ambiental e serviços ecossistêmicos: benefícios associados às funções das áreas ripárias do Cerrado/ Agenilda Aparecida Santos. – 2024.
156 f.: figs, tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Joana D'arc Bardella Castro

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Goiás, Câmpus de Ciências Exatas e Tecnológicas, 2024.

Bibliografia

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE TESES E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL (BDTD/UEG)

Na qualidade de titular dos direitos de autor / autora, autorizo a Universidade Estadual de Goiás a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UEG), regulamentada pela Resolução, **CsA n.1087/2019** sem ressarcimento dos direitos autorais, conforme a **Lei nº 9610/98**, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

Estando ciente que o conteúdo disponibilizado é de inteira responsabilidade do autor / autora.

Dados do autor (a)

Nome Completo: Agenilda Aparecida Santos

E-mail: agenilda_10@hotmail.com

Dados do trabalho

Título: Valoração de dano ambiental e serviços ecossistêmicos: benefícios associados às funções das áreas ripárias do Cerrado

Tipo

() Tese (x) Dissertação () Dissertação e Produto Técnico Tecnológico (PTT) () Tese e Produto Técnico Tecnológico (PTT)

Curso/Programa: Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais do Cerrado


Concorda com a liberação do documento:

[x] **SIM**


[] **NÃO** Em caso de não autorização o período de embargo é de **um ano** a partir da data de defesa, prorrogável por mais um ano, caso haja necessidade de exceder o prazo, a extensão do prazo necessita de justificativa junto à coordenação do curso.

Assinalar justificativa para o caso de impedimento e não liberação do documento:

- [] Solicitação de registro de patente;
- [] Submissão de artigo em revista científica;
- [] Publicação como capítulo de livro;
- [] Publicação da dissertação/tese em livro.

Documento assinado digitalmente
 **AGENILDA APARECIDA SANTOS**
Data: 10/03/2024 15:56:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Goiânia/GO, 09/03/2024
Local

Documento assinado digitalmente
 **JOANA D ARC BARDELLA CASTRO**
Data: 10/03/2024 18:43:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura autor (a)

Assinatura do orientador (a)



Universidade
Estadual de Goiás



ESTADO DE GOIÁS
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS - UEG
COORDENAÇÃO STRICTO SENSU - RECURSOS NATURAIS DO CERRADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM RECURSOS NATURAIS DO CERRADO

ATA DE DEFESA PÚBLICA DE MESTRADO Nº 155/2024

Aos 26 dias do mês de Fevereiro do ano de 2024, às 9:30, reuniu-se de forma remota, a banca Examinadora composta pelos: Joana D'arc Bardella Castro (Universidade Estadual de Goiás), Sandro Dutra e Silva (Universidade Estadual de Goiás), Claudiano Carneiro da Cruz Neto (Universidade Federal do Recôncavo da Bahia), para sob a presidência do primeiro, procederem à defesa de MESTRADO intitulada: VALORAÇÃO DE DANO AMBIENTAL E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS: BENEFÍCIOS ASSOCIADOS ÀS FUNÇÕES DAS ÁREAS RIPÁRIAS DO CERRADO, de AGENILDA APARECIDA SANTOS, discente do PPG Recursos Naturais do Cerrado, nível mestrado. Foi realizada a avaliação oral no sistema de apresentação e defesa de dissertação de autoria da discente. Terminada a avaliação oral, a Banca Examinadora reuniu-se emitindo os seguintes pareceres mediante as justificativas e sugestões abaixo:

Membro da Banca	Parecer (Aprovado/Reprovado)
Joana D'arc Bardella Castro	APROVADO
Sandro Dutra e Silva	APROVADO
Claudiano Carneiro da Cruz Neto	APROVADO



Documento assinado eletronicamente por **Claudiano Carneiro da Cruz**



Neto, Usuário Externo, em 26/02/2024, às 14:50, conforme art. 2º, § 2º, III, "b", da Lei 17.039/2010 e art. 3ºB, I, do Decreto nº 8.808/2016.



Documento assinado eletronicamente por **SANDRO DUTRA E SILVA, Usuário Externo**, em 26/02/2024, às 15:33, conforme art. 2º, § 2º, III, "b", da Lei 17.039/2010 e art. 3ºB, I, do Decreto nº 8.808/2016.



Documento assinado eletronicamente por **Joana D arc Bardella Castro, Usuário Externo**, em 28/02/2024, às 08:34, conforme art. 2º, § 2º, III, "b", da Lei 17.039/2010 e art. 3ºB, I, do Decreto nº 8.808/2016.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site http://sei.go.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=1 informando o código verificador **57142233** e o código CRC **91B4E4AF**.

COORDENAÇÃO STRICTO SENSU - RECURSOS NATURAIS DO
CERRADO

RODOVIA BR 153 S/N Qd.ÁREA Lt., KM 99 - Bairro ZONA RURAL -
ANAPOLIS - GO - CEP 75132-903 - (62)3328-1151.



Referência: Processo
nº 202400020001086



SEI 57142233

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado:

Àqueles seres humanos que ainda acreditam que é possível promover um desenvolvimento sustentável do planeta, que não desistem mesmo que às vezes pareça que tudo conspira contra;

Àqueles que apesar de outros tantos se capacitam com habilidades e recursos, assim como pela disposição, sabedoria e orientação para proteger o meio ambiente;

Àqueles que medem a riqueza humana a partir do que é oferecido em prol de bem-estar da sociedade, saúde e sustentabilidade do planeta e não apenas pelo prazer de ter e acumular bens materiais;

Enfim, àqueles que vivem como um rio que apesar das margens que o cercam, dos meandros que às vezes mudam seu curso, das cachoeiras, corredeiras, das tempestades que em certos momentos deixam suas águas barrentas, não desistem de seu objetivo maior que é chegar ao mar. Que possamos agir como o rio sempre em busca de sua meta, sem, no entanto, esquecer a sua fonte primária, sua gênese, seu início.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer a Deus, o principal responsável pelo fato de existirmos e coexistirmos neste imenso universo em constante expansão. Somos apenas um grão de poeira no universo, mas, na verdade, se a gente não existisse, faltaria esta pequena partícula, este complemento.

Agradeço à natureza que pela sua diversidade, por sua resiliência e capacidade de se adaptar às mudanças, nos inspira a ser perseverantes e não desistir.

De forma bastante especial agradeço aos meus pais, Luiz e Hilda (*in memoriam*), que me ensinaram que tropeços fazem parte da jornada, mas é preciso sempre seguir em frente, porque quem caminha em direção da luz, não se preocupa com o que ocorre nas sombras. Quero agradecer ainda aos demais familiares cujo apoio não faltou, à minha afilhada Thayla e ao meu esposo João Gomes que tanto me incentivou e acompanhou, mostrando que se deve acostumar a encarar os problemas da vida como desafios estimulantes, que ao serem vencidos podem nos tornar mais capazes, sem permitir que se transformem em intransponíveis e paralisantes.

Agradeço aos professores, aqui representados pela Prof. Dr^a. Joana D'arc Bardella Castro e o Prof. Dr. Sandro Dutra e Silva que me fizeram acreditar que somos pessoas em constante busca, em crescimento, que cada um tem um papel importante, com valores, inteligência para descobrir, vontade para querer, liberdade para decidir, além de qualidades para desenvolver.

Agradeço ao Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA por me propiciar a realização deste Mestrado.

Não poderia também deixar de agradecer a amigos que tanto me incentivaram a continuar, como Guilherme, Mirtes, Rodrigo e Marco Túlio. Deixo ainda a minha amizade àqueles que me quiseram bem e caminharam comigo nos bons e maus momentos e sinceras desculpas àqueles que por motivos alheios a minha vontade, não me compreenderam e nem se fizeram compreender.

SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT	ix
LISTA DE ABREVIACÕES	x
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE TABELAS.....	xiv
LISTA DE QUADROS.....	xv
1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVO	20
2.1 Objetivos específicos	21
REFERÊNCIAS	21
ARTIGO 1 – VALORAÇÃO AMBIENTAL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA ATRAVÉS DA BIBLIOMETRIA.....	23
RESUMO	23
ABSTRACT	23
1. INTRODUÇÃO	24
2. MATERIAIS E MÉTODOS	26
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4. CONCLUSÃO	41
5. REFERÊNCIAS	41
ARTIGO 2 – AS FORMAÇÕES FITOGEÓGRAFICAS DO CERRADO E SEUS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS EM ÁREAS RIPÁRIAS	45
RESUMO	45
ABSTRACT	45
1. INTRODUÇÃO	46
2. MATERIAIS E MÉTODOS	47
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
3.1 Serviços ecossistêmicos em áreas ripárias: implicações para a gestão ambiental e a sustentabilidade.....	48
3.2 Áreas de Preservação Permanente hídricas do Cerrado: a chave para garantir o futuro da disponibilidade de água.....	54
3.3 Desvendando a beleza e a importância do Cerrado: o motivo pelo qual precisamos proteger esse bioma único.....	57

4. CONCLUSÃO	67
5. REFERÊNCIAS	68
ARTIGO 3 – VALORAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS EM DUAS ÁREAS RIPÁRIAS DO RIO ARAGUAIA: UM ESTUDO DE CASO UTILIZANDO O MÉTODO CUSTO REPOSIÇÃO – MCR	74
RESUMO	74
ABSTRACT	74
1. INTRODUÇÃO	75
2. EXPLORANDO A IMPORTÂNCIA DO RIO ARAGUAIA	78
3. UM OLHAR SOBRE A VALORAÇÃO AMBIENTAL E SUA APLICABILIDADE	82
3.1 Método Custo Reposição – MCR: uma abordagem para avaliar áreas ripárias degradadas	84
4. MATERIAIS E MÉTODOS	89
4.1 Área de estudo	89
4.2 Método de valoração ambiental aplicado	91
4.3 Variáveis utilizadas	92
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	94
5.1 Custos de implantação de um Projeto de Recuperação de Área Degradada – PRAD	94
5.2 Custos com demolição e retirada de entulhos.....	96
5.3 Aplicando o Método Custo Reposição na área 1 onde ocorreu danos por construções (ranchos) às margens do Rio Araguaia	99
5.4 Aplicando o Método Custo Reposição na área 2 onde ocorreu danos causados por atividade pecuária às margens de uma vereda	103
6. CONCLUSÃO	107
7. REFERÊNCIAS	108
ARTIGO 4 – VALORAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS EM DUAS ÁREAS RIPÁRIAS DO RIO ARAGUAIA: APLICAÇÃO PRÁTICA DO MÉTODO DE CUSTOS AMBIENTAIS TOTAIS ESPERADOS – CATE I	116
RESUMO	116
ABSTRACT	116
1. INTRODUÇÃO	117
2. AVALIANDO ÁREAS RIPÁRIAS DEGRADADAS: O MÉTODO DE CUSTOS AMBIENTAIS TOTAIS ESPERADOS – CATE EM AÇÃO.....	119

3. MATERIAIS E MÉTODOS	120
3.1 Área de estudo	120
3.2 Método de valoração ambiental aplicado	123
3.3 Variáveis utilizadas	124
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	127
4.1 Custos de implantação de um Projeto de Recuperação de Área Degradada – PRAD	127
4.2 Custos com demolição e retirada de entulhos.....	129
4.3 Aplicando o Método de Custos Ambientais Totais Esperados – CATE I na área 1 onde ocorreu danos por edificações (ranchos) às margens do Rio Araguaia, com uso irregular de Área de Preservação Permanente – APP	132
4.4 Aplicando o Método de Custos Ambientais Totais Esperados – CATE I na área 2 onde ocorreu danos causados por atividade pecuária às margens de uma vereda	138
5. CONCLUSÃO	141
6. REFERÊNCIAS	142
CONSIDERAÇÕES FINAIS	146
REFERÊNCIAS	149
APÊNDICE	150
ANEXO I	151
ANEXO II	153

RESUMO

Valorar um dano ambiental envolve atribuir um determinado valor a um dano, a partir de uma área determinada, fazendo-se o levantamento de todos os ativos e passivos existentes. A valoração ambiental tem sido amplamente aplicada para valorar diferentes tipos de danos no meio ambiente, em várias áreas. O incremento na utilização da valoração ambiental ocorreu em resposta aos danos persistentes que têm afetado a biodiversidade em geral. O objetivo deste estudo é realizar uma revisão bibliométrica sobre valoração ambiental, descrever a região do Cerrado, as áreas ripárias e os serviços ecossistêmicos, assim como avaliar dois locais onde ocorreu degradação, utilizando o Método Custo Reposição – MCR e o Método de Custos Ambientais Totais Esperados – CATE. A pesquisa foi dividida em quatro artigos. No primeiro artigo foram obtidos dados a partir de uma análise bibliométrica, utilizando informações extraídas das bases *Web of Science* e *Scopus*, empregando o termo “*environmental valuation*”, entre os anos de 1987 a 2022. Verificou-se que as publicações sobre o tema iniciaram em 1987, sendo Nick Hanley o autor mais prolífico. Os métodos mais aplicados foram a Valoração Contingente na *WoS* e os Experimentos de Escolha na *Scopus*. Na *WoS* o país com maior número de publicações foram os EUA e na *Scopus* o Reino Unido. A palavra-chave mais frequente em ambas as plataformas foi “*environmental valuation*” e as redes de colaboração entre países são diversificadas. O segundo artigo descreveu a importância dos serviços ecossistêmicos, as funções e danos às áreas ripárias, devido ao desmatamento, impedimento de regeneração natural, a construção de infraestruturas, uso indiscriminado do fogo e atividades agropecuárias, além de dados sobre o Cerrado e seu alto índice de desmatamento. O terceiro artigo enfatizou o Rio Araguaia, que é um importante curso d’água que percorre parte do território brasileiro, desempenhando um papel crucial na vida de diversas comunidades ribeirinhas e na conservação de animais silvestres que dependem dele para garantir sua sobrevivência. Além disso, foi aplicado o Método Custo Reposição – MCR nas em duas áreas ripárias deste curso hídrico, sendo que uma apresenta danos decorrentes de desmatamento e construções, enquanto a outra sofreu danos devido à atividade pecuária. No quarto artigo foi utilizado o Método de Custos Ambientais Totais Esperados – CATE I nas respectivas áreas. Aplicando o MCR obteve-se um valor de R\$ 58.785,60 para a área 1 e R\$ 243.755,76 para a área 2. Na aplicação do CATE I chegou-se a um valor de R\$ 346.937,35 para a área 1 e R\$ 4.213.395,18 para a área 2.

Palavras- chave: savana, valoração, curso hídrico, bibliometria, vegetação ripícola.

ABSTRACT

Valuing environmental damage involves assigning a specific value to damage within a defined area by assessing all existing assets and liabilities. Environmental valuation has been widely applied to assess various types of environmental damage in different areas. The increase in the use of environmental valuation has been in response to persistent damages affecting biodiversity as a whole. The objective of this study is to conduct a bibliometric review of environmental valuation, describe the Cerrado region, riparian areas, and ecosystem services, as well as evaluate two locations where degradation has occurred using the Cost Replacement Method (CRM) and the Total Expected Environmental Costs Method (TEEC). The research was divided into four articles. In the first article, data were obtained through bibliometric analysis, utilizing information extracted from the Web of Science and Scopus databases, using the term "environmental valuation" between 1987 and 2022. It was found that publications on the topic began in 1987, with Nick Hanley being the most prolific author. The most applied methods were Contingent Valuation in WoS and Choice Experiments in Scopus. In WoS, the country with the highest number of publications was the USA, while in Scopus, it was the UK. The most frequent keyword on both platforms was "environmental valuation," and collaboration networks among countries were diverse. The second article described the importance of ecosystem services, the functions and damages to riparian areas due to deforestation, hindrance of natural regeneration, infrastructure construction, indiscriminate use of fire, and agricultural activities, along with data on the Cerrado and its high deforestation rate. The third article emphasized the Araguaia River, which is a significant watercourse that runs through parts of Brazil, playing a crucial role in the lives of various riparian communities and the conservation of wildlife dependent on it for survival. Additionally, the Cost Replacement Method (CRM) was applied to two riparian areas along this watercourse, one with damages due to deforestation and construction and the other with damages from livestock activities. In the fourth article, the Total Expected Environmental Costs Method (TEEC I) was used in the respective areas. Applying CRM yielded a value of R\$ 58,785.60 for area 1 and R\$ 243,755.76 for area 2. When using TEEC I, the values were R\$ 346,937.35 for area 1 and R\$ 4,213,395.18 for area 2.

Keywords: savanna, valuation, watercourse, bibliometrics, riparian vegetation

LISTA DE ABREVIACÕES

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ACP – Ação Civil Pública
- APP – Área de Preservação Permanente
- CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- CAR – Cadastro Ambiental Rural
- CATE – Custos Ambientais Totais Esperados
- CD – Custos de demolição
- CEAMA – Centro de Apoio às Promotorias de Meio Ambiente e Urbanismo
- CICES – *The Common International Classification of Ecosystem Services*
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- COP – Conferência das Partes (*Conference of the Parties*)
- COREC – Coordenação de Recuperação Ambiental
- DOU – Diário Oficial da União
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- EUA – Estados Unidos da América
- EUR – Euro
- FMP – Fração Mínima de Parcelamento
- IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
- IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- ICMBio – Instituto Chico Mendes de Biodiversidade
- INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
- IPBES – *International Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*
- MATOPIBA – Mato Grosso, Tocantins, Piauí e Bahia
- MCR – Método Custo Reposição
- MEA – *Millenium Ecosystem Assessment*
- Mha – Milhões de hectares
- MMA – Ministério do Meio Ambiente
- NUBIO – Núcleo de Biodiversidade e Florestas
- PLN – Zloty polonês (moeda oficial da Polônia)
- PRAD – Projeto de Recuperação de Área Degradada

PRODES – Projeto de Monitoramento de Desmatamento
PSA – Pagamento por Serviços Ambientais
QGis – Quantum GIS
RCD – Resíduos de Construção e Demolição
SAD – Sistema de Alerta de Desmatamento
SE – Serviço Ecossistêmico
SEK – Coroa sueca (moeda oficial da Suécia)
SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Goiás
SER – *Society for Ecological Restoration*
SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul
TEEB – *The Economics of Ecosystems and Biodiversity*
UEG – Universidade Estadual de Goiás
UNEP – Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas
USD – Dólar americano
WoS – *Web of Science*
VDA – Valor do Dano Ambiental
VERA – Valor Econômico do Recurso Ambiental.
VNU – Valor de não uso
VTN – Valor da terra nua
VU – Valor de uso

LISTA DE FIGURAS

Artigo 1

Figura 1 – Comparação do quantitativo de publicações sobre o tema Valoração Ambiental entre a Scopus e <i>Web of Science</i> no período de 1987 a 2022	28
Figura 2 – Número de publicações sobre o tema Valoração Ambiental para os 10 primeiros países na Web of Science para o período de 1987 a 2022	29
Figura 3 – Número de publicações sobre o tema Valoração Ambiental para os 10 primeiros países na Scopus, no período de 1987 a 2022	30
Figura 4 – Quantitativo de publicações para os 10 primeiros autores na Web of Science no período de 1987 a 2022	31
Figura 5 – Quantitativo de publicações para os 10 primeiros autores na Scopus no período de 1987 a 2022	32
Figura 6 – Rede bibliométrica de palavras-chave na Web of Science no período de 1987 a 2022	34
Figura 7 – Rede bibliométrica de palavras-chave na Scopus no período de 1987 a 2022	36
Figura 8 – Rede de colaboração entre países na Web of Science no período de 1987 a 2022	38
Figura 9 – Rede de colaboração entre países identificados na Scopus no período de 1987 a 2022	40

Artigo 2

Figura 1 – Mapa de biomas do Brasil, com ênfase para o domínio morfoclimático do Cerrado	58
Figura 2 – Infográfico sobre a evolução da cobertura e uso da terra no bioma Cerrado	61
Figura 3 – Relação entre a trajetória da legislação ambiental e o desmatamento no Cerrado ..	65
Figura 4 – Índice de desmatamento no Estado de Goiás entre 2019 e 2022.....	66

Artigo 3

Figura 1 – Imagem dos bancos de areia existentes no Rio Araguaia.....	79
Figura 2 – Imagem aérea da região do Rio Araguaia com seus meandros.....	79
Figura 3 – Bacia hidrográfica do Rio Araguaia.....	80
Figura 4 – Localização das duas áreas de estudo na bacia do Rio Araguaia.....	89
Figura 5 – Área 1 com danos ambientais às margens do Rio Araguaia.....	90

Figura 6 – Área 2 com danos causados por atividade pecuária, próxima a uma vereda.....	91
Figura 7 – Área de Preservação Permanente desprovida de vegetação nativa.....	100
Figura 8 – Quiosque ocupando irregularmente a APP hídrica.....	100
Figura 9 – Casa principal.....	100
Figura 10 – Outra construção existente no local.....	100
Figura 11 – Interior da área de vereda.....	104
Figura 12 – Danos a área ripária de vereda.....	104
Figura 13 – Plantio de nativas no local.....	104
Figura 14 – Presença de capim exótico.....	104

Artigo 4

Figura 1 – Localização das duas áreas de estudo na bacia do Rio Araguaia.....	121
Figura 2 – Área 1 com danos ambientais às margens do Rio Araguaia.....	122
Figura 3 – Área 2 com danos causados por atividade pecuária, próxima a uma vereda.....	123
Figura 4 – Uma das construções existentes (casa principal) na Área de Preservação Permanente – APP do Rio Araguaia.....	137
Figura 5 – Outras duas construções (quiosque e casa do caseiro) inseridas em área ripária.....	137
Figura 6 – Área de Preservação Permanente hídrica sem presença de vegetação	137
Figura 7 – Área ripária desprovida de flora nativa.....	137
Figura 8 – Área de Preservação Permanente – APP ocupada com atividade pecuária.....	139
Figura 9 – Uso irregular de área ripária de vereda com pastagem.....	139
Figura 10 – Danos em Área de Preservação Permanente pelo pisoteio dos bovinos.....	139
Figura 11 – Visão geral da área.....	139

LISTA DE TABELAS**Artigo 1**

Tabela 1 – Relação das 10 (dez) palavras-chave que tiveram maior frequência e seu quantitativo na Web of Science no período de 1987 a 2022.....	33
Tabela 2 – Relação das 10 (dez) palavras-chave que tiveram maior frequência e seu quantitativo na Scopus no período de 1987 a 2022.....	35

Artigo 3

Tabela 1 – Dimensões das construções existentes na área 1	97
Tabela 2 – Delimitação da área 1 que deverá ser recuperada.....	99
Tabela 3 – Limites da área 2 em coordenadas geográficas, Datum SIRGASS 2000	103

Artigo 4

Tabela 1 – Dimensões das construções existentes na área 1	130
Tabela 2 – Delimitação da área 1 que deverá ser recuperada.....	132
Tabela 3 – Limites da área 2 em coordenadas geográficas, Datum SIRGASS 2000	138

LISTA DE QUADROS

Artigo 1

Quadro 1 – Procedimento para coleta de dados e elementos pesquisados entre 1987 e 2022.....	27
---	----

Artigo 2

Quadro 1 – Relação existente entre os métodos de valoração mais utilizados e respectivos valores das funções ecossistêmicas com adaptações para os ecosserviços disponibilizados.....	49
Quadro 2 – Relação de algumas espécies endêmicas da fauna e flora do Cerrado.....	59

Artigo 3

Quadro 1 – Métodos de valoração econômicos e ecológicos	84
Quadro 2 – Algumas vantagens e desvantagens do Método Custo Reposição – MCR	84
Quadro 3 – O Método Custo Reposição – MCR, definições e suas aplicações .no período de 2000-2021	85
Quadro 4 – Aplicações do Método Custo Reposição em pesquisas realizadas em Goiás entre os anos de 2011-2023	88
Quadro 5 – Variáveis com seus respectivos custos médios e atividades de um Projeto de Recuperação de Área Degradada – PRAD.....	92
Quadro 6 – Custos médios de um Projeto de Recuperação de Área Degradada – PRAD, visando recuperar 1 ha (10.000 m ²)	95
Quadro 7 – Custos de demolição conforme Tabela Nacional de Pesquisas de Custos e Índices de Produção na Construção Civil – SINAPI.....	97
Quadro 8 – Diferentes preços considerados como custos de demolição em outros trabalhos	98
Quadro 9 – Valores finais para recuperação do local ocupado com área de 0,3313 ha com construções às margens do Rio Araguaia.....	102
Quadro 10 – Valores finais para recuperação da área ocupada com atividade pecuária em uma vereda.....	106

Artigo 4

Quadro 1 – Variáveis com seus respectivos custos médios e atividades de um Projeto de Recuperação de Área Degradada – PRAD.....	124
---	-----

Quadro 2 – Significado dos fatores de conversão (F_c) de custos ambientais diretos e indiretos	126
Quadro 3 – Custos médios de um Projeto de Recuperação de Área Degradada – PRAD, visando recuperar 1 ha (10.000 m ²)	128
Quadro 4 – Custos de demolição conforme Tabela Nacional de Pesquisas de Custos e Índices de Produção na Construção Civil – SINAPI.....	130
Quadro 5 – Diferentes preços considerados como custos de demolição em outros trabalhos	131
Quadro 6 – Valores finais dos custos ambientais presentes para recuperação do local ocupado com construções e área de 0,3313 ha às margens do Rio Araguaia	135
Quadro 7 – Valores utilizados para os cálculos aplicando o Método de Custos Ambientais Totais Esperados – CATE I na área 1	135
Quadro 8 – Valores finais para recuperação da área ocupada com atividade pecuária em uma vereda.....	140
Quadro 9 – Valores utilizados para os cálculos aplicando o Método de Custos Ambientais Totais Esperados – CATE I na área 2	140

Considerações finais

Quadro 1 – Diferenças e similaridades entre o Método Custo Reposição – MCR e o Método de Custos Ambientais Totais Esperados – CATE	148
--	-----

1. INTRODUÇÃO

Valorar um dano ambiental é atribuir valor a uma área, levando em conta seus Fatores Ambientais, que são os bens ambientais que ela incorpora, os serviços ambientais que ela oferece, bem como o passivo ambiental que ela apresenta (IBAPE, 2015).

O processo de valoração visa atribuir importância a bens e serviços oferecidos pelo ecossistema, medida a partir da preferência dos indivíduos (ou da coletividade) acerca da disponibilidade atual ou futura de tais ativos, tanto para o bem-estar humano como das demais formas de vida (Magliano, 2019). Segundo o autor a expressão do valor é normalmente apresentada em bases monetárias, como sendo um parâmetro de ampla compreensão e de fácil comparação.

A recuperação do dano está prevista na legislação brasileira vigente, na Constituição Federal, Art. 225, princípio do poluidor-pagador, que traz de forma explícita que “aquele que polui o meio ambiente deve reparar o dano causado” (Brasil, 1988). Ademais, também é preconizada, na Lei nº 6.938/81, art. 4º, inciso VII, que estabelece – “à imposição, ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos” (Brasil, 1981), sendo que a valoração de um dano ambiental está prevista na Lei nº 9.605/98, Art. 19, que determina “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” (Brasil, 1998).

O uso indiscriminado das terras, sem levar em consideração suas potencialidades e o grau de sensibilidade (fragilidade e/ou estabilidade) dos agroecossistemas, é uma das principais causas, da degradação dos solos, da erosão e da perda de sua capacidade produtiva (Pereira, 2002), sendo as áreas ripárias os sistemas hídricos naturais mais afetados.

Segundo a Lei nº 12.651/12, as Áreas de Preservação Permanente – APPs são ambientes especialmente protegidos, sendo definidas na referida Lei como “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).

O Cerrado é conhecido nacionalmente como o berço das águas, pois nessa região se concentra grande parte das nascentes de importantes bacias hidrográficas, como: a Araguaia-Tocantins, a do Prata e a do São Francisco (Aquino *et al.*, 2012). De acordo com os autores, esse Bioma desempenha papel fundamental no processo de captação e distribuição das águas pelo país e seu uso inadequado pode repercutir por grandes extensões do território brasileiro.

O desmatamento é um dos processos antrópicos que alteram de forma profunda a estrutura do ecossistema, não apenas pela quantidade de carbono estocada que será liberada, mas por todo o conjunto de serviços ecossistêmicos exercidos pelas florestas que será perdido, como regulação hídrica, ciclagem de nutrientes, controle de erosões, fornecimento de habitats para espécies, manutenção de biodiversidade, provisão de produtos florestais madeireiros e não madeireiros (Roma *et al.*, 2013).

As mudanças do uso da terra são os fatores que mais causam impactos nos serviços dos ecossistemas, apesar de muitas pessoas terem se beneficiado da conversão de sistemas naturais para sistemas antrópicos, esse ganho foi realizado às custas de perdas massivas de biodiversidade, da degradação de serviços de ecossistemas e em aumento da pobreza, em alguns casos (MEA, 2005). Ainda, conforme o autor, mesmo em situações em que fosse difícil quantificar esses custos, estes deveriam ser considerados, especialmente quando as mudanças nos ecossistemas forem muito acentuadas ou irreversíveis.

Atualmente, a valoração de dano ambiental, tem se tornando cada vez mais uma necessidade imprescindível, ante às diversas modificações que o meio ambiente tem passado nas últimas décadas, tanto em sua estrutura quanto disponibilidade (Bedran e Mayer, 2013). De acordo com os autores entre algumas das consequências criadas por esse novo cenário, destacam-se: a destruição de ecossistemas, poluição da biosfera, poluição dos lençóis freáticos e do solo, crescimento industrial e tecnológico desmedido, alto consumo energético, superpopulação, aquecimento global e mudanças climáticas

Com a finalidade de valorar danos ambientais há diferentes métodos que podem ser utilizados. Entre os de função de produção ou indiretos que estimam apenas os valores de uso, podem ser citados: Método de Produtividade Marginal, Mercado de Bens Substitutos, Custo Reposição, Custos Evitados, Custos de Controle, Dose Resposta e Custo Oportunidade. Entre os métodos de função de demanda ou diretos, que procuram inferir as preferências do indivíduo, tem se como exemplos: Método de Valoração Contingente, Custo Viagem e Preços Hedônicos. Para a presente pesquisa serão testados dois métodos, o Método Custo Reposição – MCR e o Método de Custos Ambientais Totais Esperados – CATE.

A estimativa correta dos valores econômicos precisa ser realizada por meio de métodos apropriados ao caso em análise. O Valor Econômico do Recurso Ambiental – VERA pode ser dividido em dois componentes: i) valor de uso – VU; e ii) valor de não uso – VNU (Silva, 2017). Nesta perspectiva, o autor explica que os fluxos de bens e serviços ambientais gerados pelo consumo definem os atributos relacionados ao seu valor de uso, os atributos relacionados a própria existência do recurso, sem qualquer associação ao seu uso presente ou futuro,

configuram o valor de não uso, ou valor de existência do recurso ambiental

A valoração pelo Método Custo Reposição – MCR pode levar a compreensão dos usuários dos recursos ambientais que a frequência de reparação e o grau de degradação se traduzem em aumentos do custo de produção e manutenção, que resultará em um aumento de preço de mercado (Castro e Nogueira, 2019). De acordo com os autores esse método incorpora toda gama de possíveis respostas aos produtores sobre as alterações nos níveis de poluição ou degradação.

O Método de Custos Ambientais Totais Esperados – CATE representa a renda perpétua que a sociedade estaria disposta a receber, pelo dano ambiental, em decorrência da indenização (pecuniária ou não) de determinado tipo de degradação ambiental, sendo que esta metodologia segue o mesmo conceito empregado no sistema financeiro, pois primeiro estabelece o valor presente dos custos ambientais para então determinar o valor econômico, em unidade monetária e por unidade de área (Ribas, 2010).

É conhecido, no âmbito acadêmico, a importância do estudo de valoração de dano ambiental, uma vez que tem contribuído de maneira expressiva para os estudos que visam compreender e mensurar os impactos humanos sobre o meio natural. Cumpre ressaltar, entretanto, que as instituições ambientais vêm, há algum tempo, utilizando também desta ferramenta para valorar danos ambientais oriundos de infrações ambientais, tanto por solicitação judicial quanto no âmbito administrativo, como forma de responsabilização do infrator ao meio ambiente (Araújo, 2011).

Desta forma verifica-se a importância de buscar e propor ferramentas eficazes na valoração de danos ambientais sempre pautadas na formulação de políticas ambientais sustentáveis. Nesta perspectiva, o uso da valoração deve ser entendido como um fator imprescindível para nortear as políticas públicas de tomada de decisão, garantindo assim um desenvolvimento econômico e social com sustentabilidade ambiental e qualidade de vida para a atual e as futuras gerações.

Entretanto, é importante frisar que valorar o meio ambiente não é uma tarefa simples, tendo em vista que um mesmo indivíduo pode ter posicionamentos diferentes ao avaliar uma questão, dependendo do momento e o local que está inserido.

Além de seu papel como consumidor em busca de seus próprios interesses, um indivíduo também pode considerar a si mesmo como um observador ético ou cidadão, julgando as questões do ponto de vista da sociedade (Nyborg, 2000). Esta autora informa que, no entanto, as preferências pessoais de um indivíduo não coincidem necessariamente com suas preferências sociais, pois ele pode agir como *Homo economicus*, onde tem responsabilidade exclusiva e

maximiza seu próprio bem-estar ou como *Homo politicus*, onde maximiza o bem-estar social. Além disso, de acordo com a autora, os valores relatados pelo *Homo politicus* com responsabilidade compartilhada, que se coloca no papel de observador ético e procura considerar o que é melhor para a sociedade, podem depender crucialmente de suas suposições sobre os pagamentos de outros indivíduos.

O objetivo desta dissertação é discutir sobre a aplicação da valoração ambiental para os recursos ambientais, como estratégia na conservação e na recuperação de duas áreas ripárias do Cerrado.

Diante disso, organizou-se o estudo em quatro artigos. No primeiro deles é apresentado um levantamento bibliométrico sobre o tema “valoração ambiental”, por meio de dados obtidos na *Web of Science – WoS* e *Scopus*. Aqui procurou se destacar o quantitativo de informações sobre o referido assunto, bem como as principais abordagens, autores com maior número de publicações, países que mais produzem utilizando o tema e principais métodos usados em diversos setores que visam valorar dano ambiental.

No segundo artigo, buscou-se destacar, caracterizar e descrever o bioma Cerrado, assim como os Serviços Ecossistêmicos – SEs gerados pelas áreas ripárias, com ênfase para os serviços de regulação.

No terceiro artigo, realizou-se uma pesquisa detalhada sobre a ocupação da região da bacia hidrográfica do Rio Araguaia, avaliando a aplicação do Método Custo Reposição – MCR em dois locais distintos localizados em pontos específicos da bacia hidrográfica do Rio Araguaia.

No quarto artigo foi utilizado o Método de Custos Ambientais Totais Esperados – CATE I, para dano intermitente, para as referidas áreas ripárias.

2. OBJETIVO

Realizar uma análise comparativa entre dois métodos de valoração econômica de danos ambientais em áreas ripárias do Cerrado, localizadas em duas áreas na bacia hidrográfica do Rio Araguaia.

2.1 Objetivos específicos:

1. Empregar a revisão sistemática, visando realizar um levantamento bibliográfico sobre valoração ambiental;

2. Descrever a região do bioma Cerrado e como os danos decorrentes do desmatamento, impedimento de regeneração natural e construções interferem na oferta local e/ou regional de serviços ecossistêmicos, buscando identificar e sistematizar alguns dos serviços ecossistêmicos ~~de regulação~~ gerados em áreas ripárias;
3. Caracterizar a bacia hidrográfica do Rio Araguaia, sua ocupação, bem como aplicar e avaliar comparativamente dois métodos de valoração ambiental em dois locais distintos na bacia do Rio Araguaia no Cerrado goiano: Método Custo Reposição – MCR e Método de Custos Ambientais Totais Esperados – CATE I.

3. REFERÊNCIAS

AQUINO, Fabiana de Góis; ALBUQUERQUE, Lidiamar Barbosa.; ALONSO, Araci Molnar; LIMA, Jorge Enoch Furquim Werneck; e SOUSA, Evie dos Santos de. **Cerrado: Restauração de Matas de Galeria e Ciliares**. Embrapa, 2012. Brasília, DF. 40 p.

ARAÚJO, Romana Coêlho de. **Valoração econômica do dano ambiental em inquérito civil público**. Brasília: Escola Superior do Ministério Público da União, 2011, 200 p.

BRASIL. **Diretrizes para valoração de dano ambiental**. CNMP: Conselho Nacional do Ministério Público. Brasília – DF. 2021. 509 p.

BRASIL. **Lei nº 6.938/81, de 31 de agosto de 1981**. 1998. Brasília: DF. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm. Acesso em: 22 nov. 2021.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**: promulgada em 5 de outubro de 1988. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 22 nov. 2021.

BRASIL. **Lei nº 9.605/98, de 12 de fevereiro de 1998**. 1998. Brasília: DF. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm. Acesso em: 22 nov. 2021.

BRASIL. **Lei nº 12.651/12, de 25 de maio de 2012**. 2012. Brasília: DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651.htm. Acesso em: 22 nov. 2021.

BEDRAN, Karina Marques; MAYER, Elizabeth. A Responsabilidade Civil por Danos Ambientais no Direito Brasileiro e Comparado: Teoria do Risco Criado versus Teoria do Risco Integral. **Veredas do Direito**, Belo Horizonte – MG. v. 10, n. 19, p. 45-88, 2013.

CASTRO, Joana D’arc Bardella; NOGUEIRA, Jorge Madeira. **Valoração econômica ambiental, métodos da função produção**: teorias e estudos de caso. Curitiba-PR, Editora CRV, 2019, 194 p.

IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo. **Valoração**

de áreas ambientais. Câmara Ambiental. São Paulo/SP, 2015, 44 p.

MAGLIANO, Mauro Mendonça. **Valoração de Danos Ambientais.** 2019. 183f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2019.

MEA – Millenium Ecosystem Assessment. **Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis.** Washington: Island Press, 2005. 156 p.

NYBORG, Karine. Homo Economicus and Homo Politicus: interpretation and aggregation of environmental values. **Journal of Economic Behavior & Organization.** Elsevier, v. 42, 2000, p. 305–322.

PEREIRA, Lauro Charlet. **Aptidão agrícola das terras e sensibilidade ambiental: proposta metodológica.** Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP. 2002. 122 p.

RIBAS, Luiz Cesar. Danos ambientais irreversíveis – o valor de indenização ambiental. 2010. Disponível em: <https://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/Gestaoetecnologia/docentes/cateind.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2022.

ROMA, Júlio César; SACCARO JÚNIOR, Nilo Luiz; MATION, Lucas Ferreira; PAULSEN, Sandra Silva; e VASCONCELLOS, Pedro Gasparinetti. **A economia de ecossistemas e da biodiversidade no Brasil.** TEEB-Brasil: análise de lacunas. Ipea, Rio de Janeiro-RJ. 2013. 62 p.

SILVA, Gustavo Feitoza da. **A Economia Ecológica.** Nead – Núcleo de Educação à Distância. UniCesumar. Maringá, 2017, 29 p.

ARTIGO 1

VALORAÇÃO AMBIENTAL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA ATRAVÉS DA BIBLIOMETRIA

Resumo: O tema Valoração Ambiental vem sendo aplicado com uma maior intensidade no decorrer dos anos a partir do ano de 1987. Neste artigo buscou-se realizar uma abordagem bibliométrica sobre Valoração Ambiental, para o período entre 1987 e 2022, nas bases *Web of Science* e *Scopus*, com objetivo de verificar a produção científica sobre a temática. Para as análises bibliométricas foi utilizado o software VOSviewer, sendo que no levantamento em questão foi encontrada uma amostra de 712 publicações na *Web of Science* e 743 na *Scopus*. O maior quantitativo de publicações para a *Web of Science* foi em 2018 com 55 e para a *Scopus* ocorreu em 2017 com 46. No período pesquisado constatou-se que o país onde houve um maior número de publicações utilizando o assunto Valoração Ambiental pela *Web of Science* foram os Estados Unidos, e para a *Scopus* foi o Reino Unido. No estudo a palavra-chave que apareceu um número maior de vezes foi “*environmental valuation*” em ambas as plataformas. Com relação ao autor que mais publicou, verificou-se que foi Nick Hanley, da Universidade de Glasgow, na Escócia, nas duas plataformas. Em última análise entende-se que o assunto Valoração Ambiental tem aumentado durante os anos devido a um maior interesse global sobre o meio ambiente, em consequência dos danos sofridos, com proposição de auxiliar na tomada de decisão, bem como permitir contabilizar os custos e os benefícios associados ao capital natural.

Palavras-chave: Abordagem bibliométrica, meio ambiente, *Web of Science*, *Scopus*, VOSviewer.

Abstract: The theme Environmental Valuation has been applied with greater intensity over the years since 1987. In this article, a bibliometric approach was carried out on Environmental Valuation, for the period between 1987 and 2022, using *Web of Science* and *Scopus* databases, with the objective of verifying the scientific production on the subject. The VOSviewer software was used for bibliometric analysis, and a sample of 712 publications was found on the *Web of Science* and 743 on *Scopus*. The highest number of publications for *Web of Science* was in 2018 with 55, and for *Scopus* it was in 2017 with 46. During the period studied, the country with the highest number of publications on Environmental Valuation using the *Web of Science* was the United States, and for *Scopus* it was the United Kingdom. The most frequently used keyword was “*environmental valuation*” on both platforms. Regarding the most prolific author, Nick Hanley of the University of Glasgow, Scotland, was found to have published the most on both platforms. In the end, it is understood that the subject of Environmental Valuation has been increasing over the years due to a greater global interest in the environment, as a result of the damages suffered, with the aim of assisting in decision-making, as well as allowing the accounting of costs and benefits associated with natural capital.

Keywords: Bibliometric analysis, environment, *Web of Science*, *Scopus*, VOSviewer

1. INTRODUÇÃO

Os ativos ambientais fornecem três tipos principais de serviços essenciais à humanidade: primeiro, o meio ambiente é uma fonte básica de matérias-primas e insumos que sustentam as atividades econômicas, em segundo lugar, o meio ambiente é o local que absorve e recicla (normalmente sem nenhum custo para a sociedade) os resíduos gerados pela atividade humana (Munasinghe, 1993). Conforme o autor, finalmente, o meio ambiente fornece funções essenciais de suporte à vida (como o bloqueio dos raios ultravioletas nocivos através da camada de ozônio), sem os quais muitos organismos vivos deixariam de existir.

Desde o início dos anos 1970, o uso de métodos de valoração ambiental aumentou significativamente. Este aumento deveu-se em parte ao estímulo da política externa como o *Superfund Act and Presidential Order 12291* nos EUA e o documento do Departamento de “Avaliação de Políticas e Meio Ambiente” em 1991 (Hanley *et al.*, 1998).

A valoração ambiental é uma técnica utilizada para mensurar o valor monetário de um recurso natural ou de um dano ambiental, normalmente empregada com o intuito de preservar um recurso ambiental ou em processos administrativos e judiciais visando ações indenizatórias (Souza e Menezes, 2012).

Quando nossa demanda por recursos e serviços ambientais começa a superar a capacidade do planeta de fornecê-los, então os problemas que estamos acumulando para nós mesmos, tornam-se excepcionalmente sérios (Pearce, Markandya e Barbier, 2007). De acordo com os autores, chegamos a esse ponto e fomos além dele, onde a causa subjacente é um modo de vida que está em desacordo com a saúde a longo prazo do planeta, e a solução exige irmos a fundo em nossas reservas de engenhosidade humana: desafiar nossa própria cultura, crenças, pressupostos econômicos e estruturas políticas.

A valoração ambiental pode ser aplicada em diferentes atividades como mineração, desmatamento, poluição, disposição de resíduos e entulhos, perda de serviços ecossistêmicos, entre outras (Damigos, 2006; Lliso *et al.*, 2020). O processo de valoração dos recursos ambientais surge, portanto, a partir da necessidade de contribuir de forma decisiva para a conservação e uso sustentável dos recursos naturais.

É importante valorar monetariamente o meio ambiente, sobretudo para fundamentar ações de reparação de danos, dar proteção aos ecossistemas, obter os níveis mínimos de poluição com os quais a sociedade está disposta a conviver, ou, ainda, para estimar quanto os cofres públicos devem desembolsar (Nascimento Júnior e Freire, 2011).

Para efetuar os cálculos dos danos ambientais existentes e valorar, diferentes métodos

podem ser utilizados, sendo os mais habituais: Valoração Contingente, Custo Reposição (Substituição ou Preço-sombra), Custo de Viagem, Custos Evitados, Preços Hedônicos, Custo Oportunidade e Dose-reposta (Hanley *et al.*, 1998). Há também o Custo Ambiental Total Evitado – CATE, Análise Custo-Benefício, Preferência Declarada, Método da Felicidade Declarada, Transferência de Benefícios, Experimento de Escolhas, entre outros.

Importante ressaltar que a valoração ambiental é uma ferramenta imprescindível para os tomadores de decisão pública na área ambiental para a criação e correção de indicadores macroeconômicos, elaboração de sanções e punições mais próximas do dano ambiental, avaliação de projetos, definição de investimentos e estabelecimento de valores de ativos e passivos ambientais (Carvalho, 2009).

Sabe-se que na atividade de valoração ambiental há métodos consolidados no decorrer do tempo como é o caso do Método Custo Reposição, Método de Valoração Contingente, Dose-Resposta, Preços Hedônicos, Análise Custo-Benefício (Boardman *et al.*, 2011). Estes métodos possuem aplicação a nível global, sendo utilizados e aplicados na maior parte da literatura científica.

A valoração econômica ambiental pode ser extremamente útil para auxiliar políticas que tenham a finalidade de evitar a exploração excessiva dos recursos naturais, renováveis ou não, ajudando na determinação de taxas e tarifas ambientais e na avaliação de custos e benefícios de projetos envolvendo a área ambiental bem como fornecer subsídios ao poder público nas ações de reparações por danos ambientais (Maldonado, 2006).

A existência de norma de valoração ambiental propicia a atribuição de valor para a área, evidenciando seu grau de importância ambiental, possibilitando considerá-la como um todo no procedimento e não considerando apenas alguns de seus componentes, como atualmente ocorre. (IBAPE, 2015). Consoante o autor, acredita-se ainda que a atribuição de valor ambiental a uma área aumentará a percepção da importância dos bens e serviços ambientais, possivelmente contribuindo para as iniciativas de conservação ambiental.

Um ponto importante na valoração ambiental é compreender o que influencia o valor da natureza, sendo essa informação crucial para aplicação e execução na política ambiental, onde de uma perspectiva de sustentabilidade, a valoração econômica não deve apenas procurar determinar a disposição de uma sociedade para pagar por bens ambientais para conceber uma alocação eficiente de recursos escassos, mas também deve levar em conta os efeitos distributivos para garantir a justiça, considerando que a desigualdade econômica afeta o valor dos recursos ambientais (Drupp *et al.*, 2018).

Este estudo tem por objetivo a realização de levantamento bibliométrico sobre o tema

“Valoração Ambiental”, por meio de dados obtidos na *Web of Science – WoS* e *Scopus*. Aqui procurou se destacar o quantitativo de informações sobre o referido assunto, bem como as principais abordagens, autores com maior número de publicações, países que mais produzem utilizando a temática e principais métodos usados em diversos setores que visam valorar dano ambiental.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A seleção dos artigos para a revisão sistemática, usando o termo de busca “*environmental valuation*” (valoração ambiental), nos títulos, resumos ou palavras-chave, ocorreu através de consulta em duas plataformas da CAPES, sendo a *Web of Science – WoS* e a *Scopus*. A pesquisa foi feita na lista de bases da opção Acervo, sendo selecionado em Áreas do Conhecimento o termo Multidisciplinar e em Subáreas a expressão Ciências Ambientais. Na elaboração dos gráficos em relação ao quantitativo de artigos distribuídos por ano e países fez-se uso do programa Excel, Office 365. Para a análise bibliométrica no que concerne ao diagrama de densidade das palavras-chaves e redes de colaboração foi usado o software VOSviewer (Van Eck e Waltman, 2022), que é utilizado para construção e visualização de redes bibliométricas, sendo de uso gratuito, possuindo uma interface intuitiva, com manipulação clara, simples e acessível.

Nesta pesquisa e busca na literatura científica nas plataformas *Web of Science – WoS* e a *Scopus*, teve o objetivo de realizar uma abordagem bibliométrica, onde o período inicial considerado foi conforme disponível em cada plataforma, e data final em 31/12/2022, sobre o tema Valoração Ambiental identificou-se uma amostra de 712 artigos na *WoS* e 743 na *Scopus*.

A *WoS* é considerada a base de dados mais tradicional, sendo que em 2013, contava com mais de 12.000 títulos de pelo menos 3.300 editoras internacionais, os quais são atualizados semanalmente (Silva e Grácio, 2017).

A *Scopus* pesquisa, simultaneamente, o conteúdo dos artigos indexados em sua própria plataforma na Web, através do buscador *Scirus* da Elsevier para páginas com conteúdo científico e, ainda, bases de patentes sobre o assunto pesquisado sendo que quanto aos livros, dispõe de mais de 113.000, com cerca de 10.000 adicionados a cada ano: a base possui 7,2 milhões de anais de conferências, oriundos de mais de 88.880 eventos realizados no mundo inteiro e dessa maneira, essa base de dados possui aproximadamente 60 milhões de registros (Gouvêa *et al.*, 2022).

A bibliometria pode ser aplicada a quaisquer campos do conhecimento, o que demonstra

a interferência ou contribuição da Ciência da Informação para as demais áreas do saber. Ao gerenciar os fluxos da informação, essa ciência gera indicadores, que demonstram a situação de um tema ou área de pesquisa, servindo de base ou de impulso para o desenvolvimento de novas pesquisas (Costa e Oliveira, 2020). Em concordância com os autores, portanto, infere-se a necessidade de que, para um efetivo fazer científico, não basta apenas pesquisar e publicar, mas, principalmente, é preciso quantificar o que vem sendo produzido pela ciência

O Quadro 1 mostra o protocolo seguido para realizar a coleta de dados em ambas as plataformas, com algumas informações destacadas:

Quadro 1 – Procedimento para coleta de dados e elementos pesquisados entre 1987 e 2022

Bancos de dados	Scopus e Web of Science
Período	Todos os anos até 2022
Data da pesquisa	01/01/2023
Termo pesquisado	“ <i>environmental valuation</i> ”
Informações obtidas	Títulos, autores, palavras-chave, ano, países
Número de documentos	743 (Scopus) e 712 (WoS)
Tipo de documentos	Artigos, capítulos de livros, anais

Fonte: A Autora (2023)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

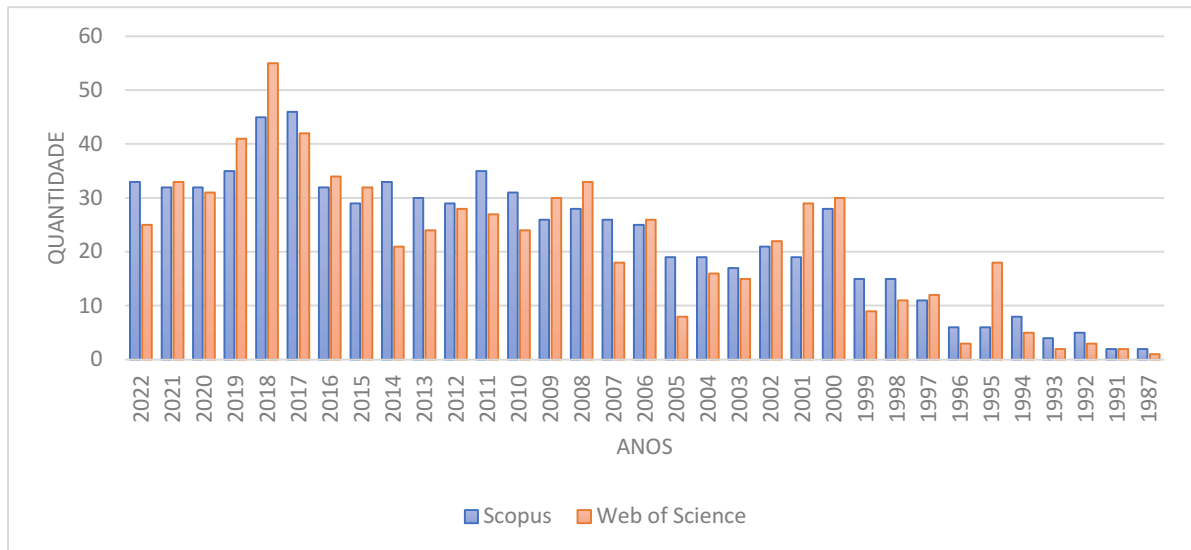
As publicações sobre o tema Valoração Ambiental, conforme pesquisa realizada, iniciaram-se no ano de 1987 em ambas as plataformas, conforme Figura 1. Neste ano foi assinado o Protocolo de Montreal, que é um tratado internacional que visa proteger a camada de Ozônio por meio da eliminação da produção e do consumo das substâncias responsáveis por sua destruição, cuja adesão do Brasil ocorreu em 1990. Desde então houve um aumento nas publicações sobre o assunto ao longo do tempo, sendo que para a pesquisa o pico para a *Web of Science* foi em 2018 com o quantitativo de 55, o que corresponde a 7,7 % do total e para a Scopus ocorreu em 2017 com 46, correspondendo a 6,2%.

Na pesquisa visualizou-se que para a *WoS* o método mais utilizado foi a Valoração Contingente, seguido pelos Experimentos de Escolha e Preços Hedônicos. No que tange à *Scopus* o método mais aplicado foi Experimentos de Escolha, em segundo a Valoração Contingente e em terceiro a Análise Custo-Benefício.

O termo Serviço ecossistêmico surgiu com regularidade em ambas as plataformas e os

periódicos, em sua grande maioria, vão relatar assuntos relativos às questões ambientais e ecológicas.

Figura 1 – Comparação do quantitativo de publicações sobre o tema Valoração Ambiental entre a Scopus e *Web of Science* no período de 1987 a 2022



Fonte: A Autora (2023).

Há uma grande discussão sobre as incertezas e os vieses da valoração dos bens e serviços ambientais, praticamente todos os autores que trabalham com esse tema afirmam que quando os custos da degradação ambiental não são pagos por aqueles que a geraram, por não haver valor, estes custos são externalidades ambientais que afetarão terceiros sem a devida compensação, ou seja, padrões de consumo das pessoas são forjados sem nenhuma internalização dos custos ambientais (Motta, 1997).

Uma das primeiras reuniões mundiais sobre o meio ambiente, onde líderes globais se reuniram para debaterem sobre o tema, ocorreu em Estocolmo no ano de 1972 (Lago, 2006). Posteriormente outras conferências foram realizadas sobre o assunto, tendo em vista que danos ao meio ambiente podem não afetar apenas o local onde ocorreu, mas toda a Terra. Entre elas, pode-se citar a Primeira Conferência Mundial do Clima (1979), Protocolo de Montreal (1987), a Rio-92 (1992), a COP3 (Protocolo de Kyoto – 1997), a Rio+10 (2002), a Rio+20 (2012), COP21 (Acordo de Paris – 2015) e a COP26 (26ª Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas) que aconteceu em 2021 (Mello, 2022; Dellagnezze, 2022; Marengoni, 2022; Guedes, 2021).

Na *Web of Science* os 10 (dez) países que mais publicaram sobre o tema Valoração Ambiental são: EUA, Inglaterra, Espanha, Alemanha, Austrália, Escócia, Canadá, Holanda,

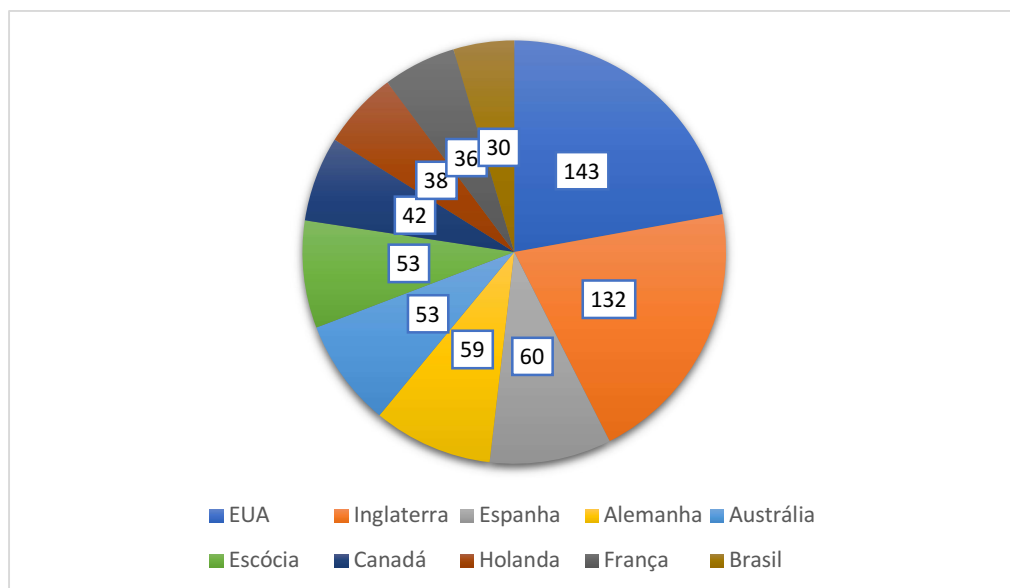
França e Brasil, conforme Figura 2.

Constata-se que a maior quantidade de publicações na *WoS* está nos países de economia desenvolvida, com destaque para a América do Norte e a Europa. Austrália e Brasil são as duas exceções da lista.

É importante ressaltar também que na listagem estão 7 países que possuíam as maiores economias do mundo em 2022, isto é, Estados Unidos, Alemanha, Reino Unido (Inglaterra e Escócia), França, Brasil e Canadá (GZH Economia, 2023).

Um fator de impacto que pode influenciar no número de publicações é justamente o fato de que, em sua maioria, são países com economia consolidada, exceto o Brasil que é considerado com economia em desenvolvimento, portanto, possuem um maior número de pesquisadores, assim como instituições de pesquisa e financiadoras.

Figura 2 – Número de publicações sobre o tema Valoração Ambiental para os 10 primeiros países na Web of Science para o período de 1987 a 2022

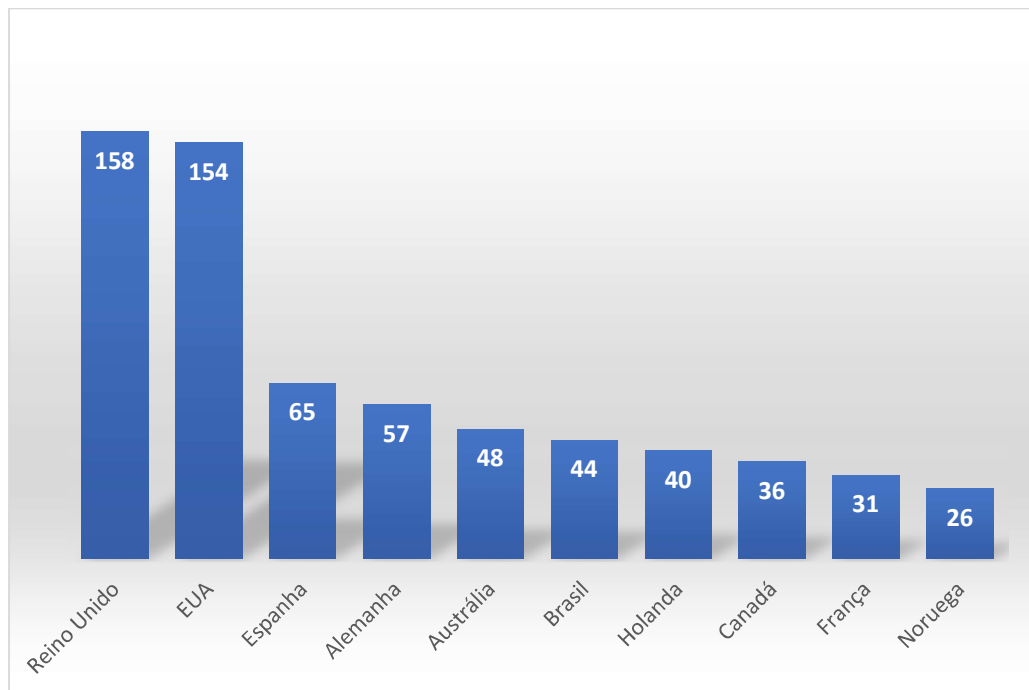


Fonte: A Autora (2023).

Na Scopus os 10 (dez) países que mais publicaram sobre o tema Valoração Ambiental são: Reino Unido, EUA, Espanha, Alemanha, Austrália, Brasil, Holanda, Canadá, França e Noruega, conforme Figura 3.

Há similaridade quanto aos países com maior número de publicações sobre Valoração Ambiental entre as duas plataformas, com exceção da Noruega. É importante ressaltar, no entanto, que na Scopus foi encontrado um número maior de publicações do que na Web of Science para o tema no período pesquisado.

Figura 3 – Número de publicações sobre o tema Valoração Ambiental para os 10 primeiros países na Scopus, no período de 1987 a 2022



Fonte: A Autora (2023).

A produtividade pode ser avaliada com base no número de artigos publicados, uma vez que este indicador fornece os dados concretos sobre a produção de cada autor.

Para a *WoS* os 10 (dez) autores que mais publicaram foram: Nick Hanley (Universidade de Glasgow), Clive L. Spash (Universidade de Viena), Wiktor Adamowicz (Universidade de Alberta), Roy Brouwer (Universidade de Waterloo), Petr Mariel (Universidade do País Basco), Peter C. Boxall (Universidade de Alberta), Marije Schaafsma (Universidade de Amsterdam), Heini Ahtiainen (Agência Europeia de Produtos Químicos), Ted Borger (Universidade de Rochester – EUA) e Jette Bredahl Jacobsen (Universidade de Copenhague), de acordo com os dados da Figura 4.

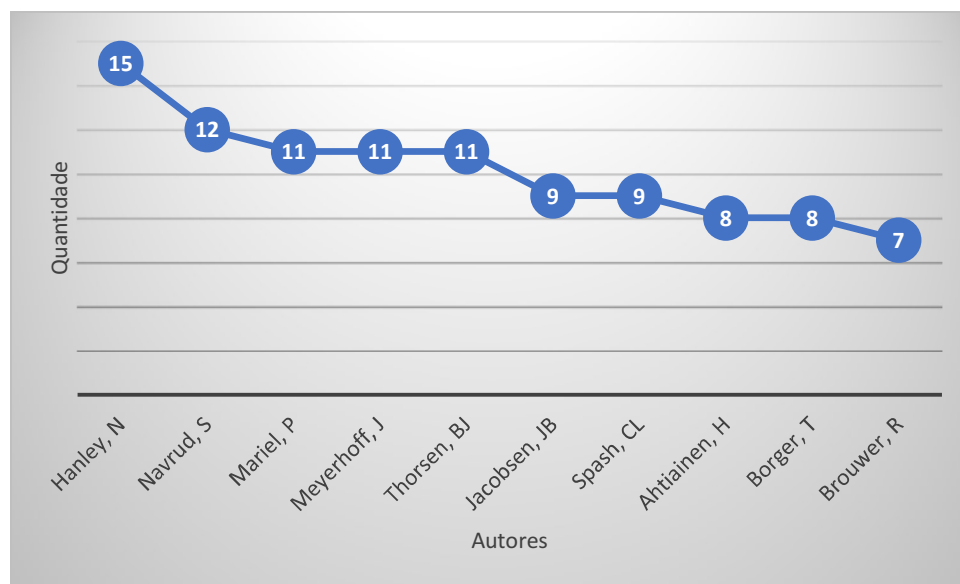
Figura 4 – Quantitativo de publicações para os 10 primeiros autores na Web of Science no período de 1987 a 2022.



Fonte: Web of Science (2023).

Na Scopus os 10 (dez) autores que mais publicaram foram: Nick Hanley (Universidade de Glasgow), Stale Navrud (Universidade da Noruega), Petr Mariel (Universidade do País Basco), Juergen Meyerhoff (Universidade Técnica de Berlim), Bo Jellesmark Thorsen (Universidade de Copenhague), Jette Bredahl Jacobsen (Universidade de Copenhague), Clive L. Spash (Universidade de Viena), Heini Ahtiainen (Agência Europeia de Produtos Químicos), Ted Borger (Universidade de Rochester – EUA) e Roy Brouwer (Universidade de Waterloo), conforme informações constantes na Figura 5. É possível identificar uma sobreposição de 7 pessoas, ou 70%, entre a *WoS* e a *Scopus* com relação aos 10 (dez) autores que mais publicaram até o ano 2022 sobre o assunto Valoração Ambiental, sendo eles Nick Hanley, Petr Mariel, Clive L. Spash, Jette Bredahl Jacobsen, Heini Ahtiainen, Ted Borger e Roy Brouwer.

Figura 5 – Quantitativo de publicações para os 10 primeiros autores na Scopus no período de 1987 a 2022



Fonte: A Autora (2023).

Na Figura 6 consta um total de 208 palavras-chave, repetidas pelo menos 5 vezes, oriundas da pesquisa realizada na Web of Science, sendo que a que apareceu um número maior de vezes foi “*environmental valuation*” com 408 vezes, consoante a Tabela 1.

As palavras de maior frequência, segundo a Lei de Zipf, determinam a temática central de um corpo de documentos (Silva, Oliva e Kubo, 2019).

Tabela 1 – Relação das 10 (dez) palavras-chave que tiveram maior frequência e seu quantitativo na Web of Science no período de 1987 a 2022.

Palavra-chave	Quantidade
Environmental valuation (valoração ambiental)	408
Contigent valuation (valoração contingente)	188
Willingness-to-pay (disposição a pagar)	154
Ecosystem services (serviços ecossistêmicos)	116
Values (valores)	89
Preference (preferência)	80
Valuation (valoração)	79
Choice experiments (experimentos de escolha)	70
Management (gestão)	63
Benefits (benefícios)	55

Fonte: A Autora (2023)

Um cluster é um conjunto de itens incluídos em um mapa, onde um item pode pertencer a apenas um cluster e os clusters não precisam cobrir exaustivamente todos os itens em um mapa, portanto, pode haver itens que não pertencem a nenhum cluster (Semeler, 2019).

Nesta pesquisa, para a *WoS*, foram formados 8 (oito) clusters com 40, 38, 35, 30, 26, 19, 19 e 1 palavras, respectivamente. É possível perceber que o maior cluster é justamente da palavra que surgiu um maior número de vezes, que neste caso é “*environmental valuation*”, seguido de “*contigent valuation*”.

Na Figura 7 há um total de 291 palavras-chave, repetidas pelo menos 5 vezes, oriundas da pesquisa realizada na Scopus, sendo que a que apareceu um número maior de vezes também foi “*environmental valuation*” com 393 vezes, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 – Relação das 10 (dez) palavras-chave que tiveram maior frequência e seu quantitativo na Scopus no período de 1987 a 2022.

Palavra-chave	Quantidade
Environmental valuation (valoração ambiental)	393
Environmental economics (valoração econômica)	150
Willingness-to-pay (disposição a pagar)	129
Valuation (valoração)	125
Contingent valuation (valoração contingente)	113
Environmental values (valores ambientais)	81
Preference (preferência)	80
Choice Experiments (experimentos de escolha)	70
Decision making (tomada de decisão)	68
Ecosystem services (serviços ecossistêmicos)	60

Fonte: A Autora (2023).

Em relação à formação de clusters, o mapa apresentou nove agrupamentos, com 49, 46, 37, 36, 36, 36, 34, 10 e 7 palavras, respectivamente. Da mesma forma que a *WoS*, o cluster com maior dimensão da Scopus é o que apresenta a palavra-chave “*environmental valuation*”, onde os clusters são aqueles grupos que se formam por afinidade e proximidade.

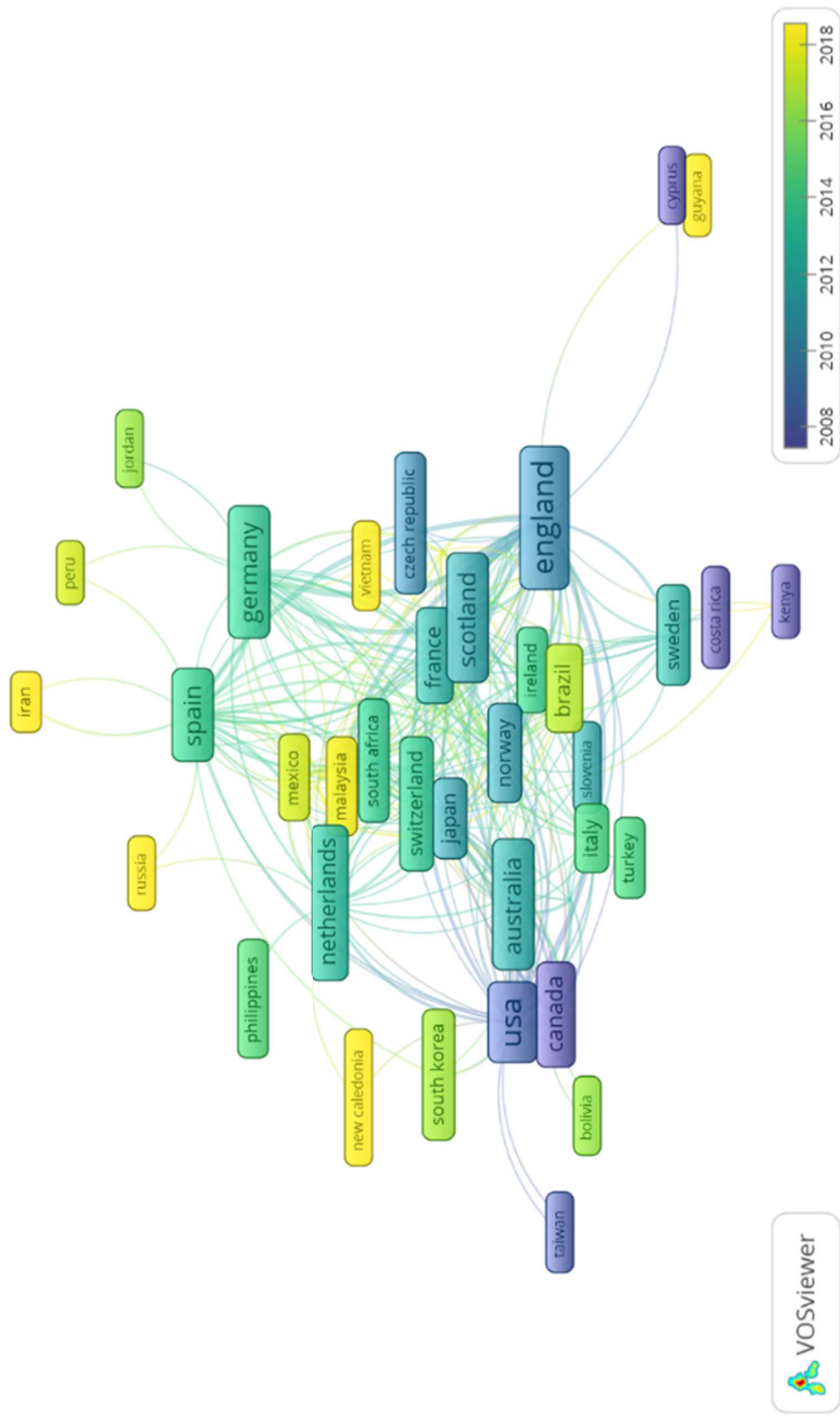
Existem sólidas evidências de que a colaboração em pesquisa, seja entre instituições, países ou regiões, aumenta a qualidade, visibilidade e impacto das publicações resultantes e este fenômeno vem atraindo a atenção de tomadores de decisão como uma forma de fomentar a excelência em pesquisa em várias partes do mundo (Nassi-Calò, 2015).

A rede de colaboração indica o quanto os países estão trabalhando juntos em uma pesquisa, com compartilhamento de recursos físicos, intelectuais e econômicos. Essa colaboração pode tornar o trabalho mais produtivo, cujas atividades podem demandar um menor tempo, impactando resultados a nível global ou regional.

Para a *WoS* foram encontrados 12 clusters. O cluster 1 é composto por República Tcheca, França, Grécia, Irlanda, Irlanda do Norte, Polônia, Portugal, Escócia e País de Gales; o cluster 2 por Argentina, Índia, Indonésia, Japão, Malásia, México, Singapura, Suíça e Zâmbia; o 3 por Dinamarca, Finlândia, Hungria, Letônia, Eslovênia, África do Sul, Trinidad Tobago; o 4 por Bolívia, Canadá, Israel, Coreia do Sul, Taiwan, EUA; o 5 por Austrália, Áustria, Itália, Nova Zelândia, Turquia; o 6 por Bélgica, Etiópia, Noruega, Tanzânia, Vietnã; o 7 por Chile, Equador, Irã, Espanha; o 8 por Brasil, Colômbia, Eritreia, China; o 9 por Alemanha, Jordânia, Peru e Tailândia; o 10 por Holanda, Nova Caledônia, Filipinas e Rússia; o 11 por Costa Rica, Quênia, Suécia e Uganda; e o 12 por Chipre, Inglaterra e Guiana, de acordo com a Figura 8.

Como pode ser observado as diferentes redes de colaboração não contam com um padrão pré-estabelecido, por região ou mesmo idioma, mas apresentam um perfil diversificado, como deve ser a área de ciência ambiental, que é multidisciplinar e envolve atores de países diversos.

Figura 8 – Rede de colaboração entre países na Web of Science no período de 1987 a 2022.

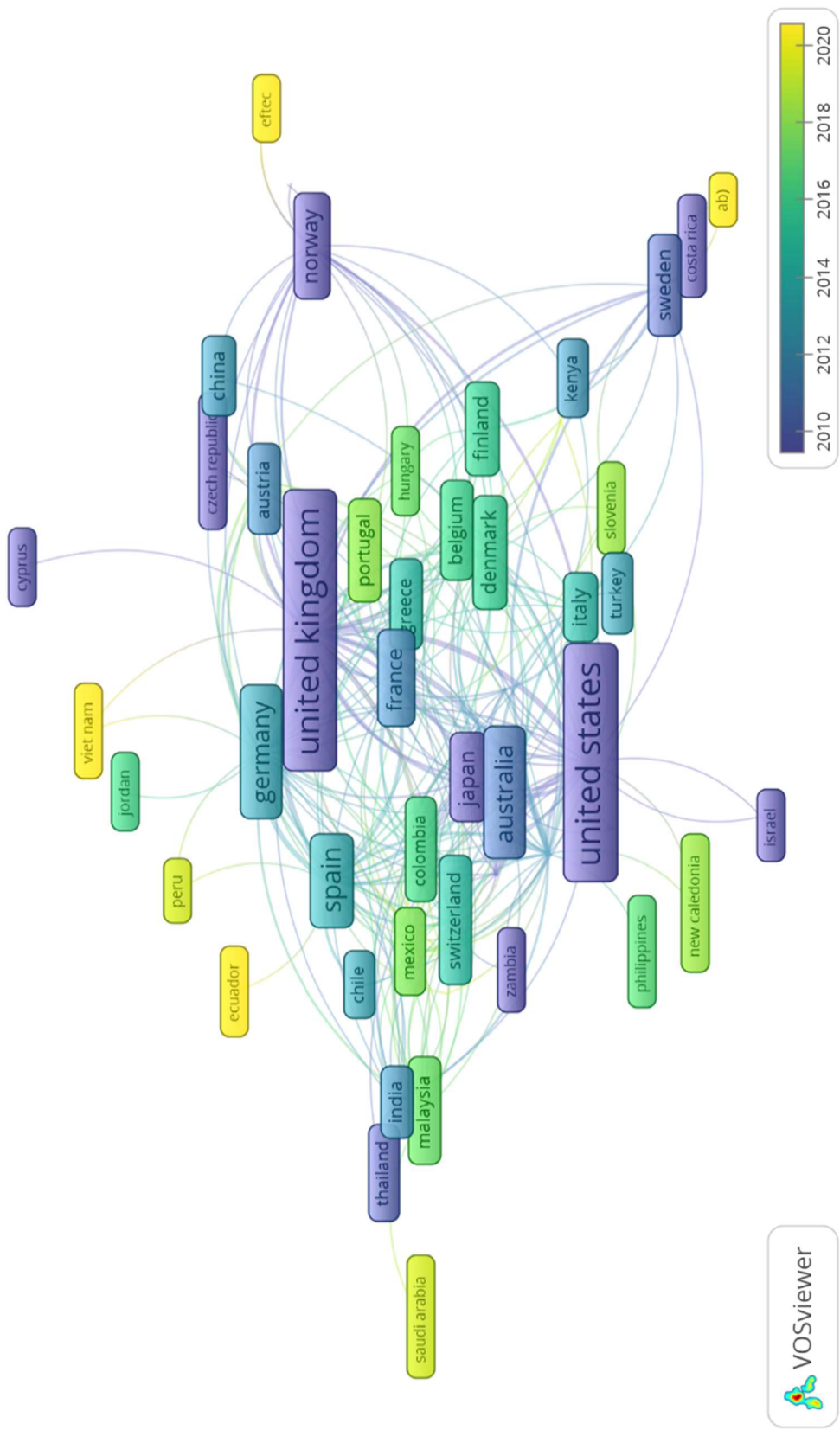


Fonte: A.Autora (2023).

A possibilidade do trabalho compartilhado agrega valor ao objeto pesquisado e proporciona economia de tempo, gastos e materiais o que também condiz com as expectativas das agências de fomento à pesquisa, pois essas valorizam o pesquisador capaz de construir boas e vantajosas equipes de trabalho colaborativo (Bello e Hayashi, 2012). Os mesmos autores informam que outro fator relevante na colaboração científica é o avanço da tecnologia de comunicação o que permite a facilidade de interações entre diferentes contextos geográficos propiciando a formação de redes de colaboração tanto entre indivíduos como entre instituições e países.

Para a Scopus foram encontrados 16 clusters. O cluster 1 é composto por Bélgica, Dinamarca, Finlândia, Hungria, Letônia, África do Sul e Trinidad Tobago; o cluster 2 por Austrália, Colômbia, Hong Kong, Irlanda, Japão e Coreia do Sul; o 3 por Brasil, Chipre, França, Grécia, Portugal e Reino Unido; o 4 por Costa Rica, Eslovênia e Suécia; o 5 por Argentina, Chile, Equador, México e Espanha; o 6 por Croácia, Gana, Nicarágua e Noruega; o 7 por: Áustria, China, República Tcheca, Macau e Polônia; o 8 por Canadá, Indonésia, Singapura, Suíça e Zâmbia; o 9 por Alemanha, Jordânia, Peru e Vietnã; o 10 por Holanda, Nova Caledônia, Filipinas e Rússia; o 11 por Noruega, Etiópia, Quênia e Uganda; o 12 por Bangladesh, Índia e Tailândia; o 13 por Itália, Nova Zelândia e Turquia; o 14 por Egito, Malásia e Arábia Saudita; o 15 por Israel, Taiwan, EUA; e o 16 pela Tanzânia, conforme Figura 9.

Figura 9 – Rede de colaboração entre países identificados na Scopus no período de 1987 a 2022.



Fonte: A Autora (2023)

4. CONCLUSÃO

Ao analisar os dados bibliométricos, nota-se um notável avanço nas publicações relacionadas ao tema de Valoração Ambiental. Embora tenha tido um início discreto em 1987, ao longo dos anos, a sua relevância tem crescido significativamente, demonstrando uma consolidação global e um aumento no número de publicações sobre o assunto.

Acredita-se que o incremento de pesquisas e desenvolvimento de atividades relacionadas ao meio ambiente e, por consequência, sobre valoração ambiental tem crescido devido ao uso indiscriminado dos recursos naturais globais. Sabe-se que as economias desenvolvidas, consideradas de primeiro mundo no passado promoveram uma destruição em massa do meio ambiente, o que levou e ainda conduz a gastos exorbitantes de recursos financeiros para promover a reabilitação destas áreas. Atualmente a devastação do capital natural é mais intenso nos países com economia em desenvolvimento, que exportam produtos primários, sendo dependentes da importação de manufaturados.

Um fator também verificado na pesquisa é a utilização de métodos já consolidados nas instituições como a Valoração Contingente, Preços Hedônicos, Custo de Viagem, Análise Custo-Benefício, juntamente com outros de uso mais recente como experimentos de escolha, preferência declarada e revelada e transferência de benefícios. Verifica-se que em qualquer uma metodologia utilizada quase sempre o objetivo final é indicar valores que possam suprir, manter ou corrigir a degradação do meio ambiente.

O processo de valoração ambiental indica que vai precisar lidar com novos desafios e tendências emergentes, como serviços ecossistêmicos, tendo em vista que a cada momento surgem novos problemas relativos a danos ao capital natural. Assim, espera-se que surjam novos pesquisadores para colaborar com aqueles já existentes, visando trabalhar em prol de um desenvolvimento sustentável, pois a humanidade precisa de um ambiente equilibrado, como por exemplo ar puro e água limpa.

5. REFERÊNCIAS

BELLO, Suzelei Faria; HAYASHI, Maria Cristina Piumbato Innocentini. Redes de colaboração científica da interface educação especial e fonoaudiologia. **Encontro Brasileiro de Bibliometria e Cientometria**, v. 3, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/20.500.11959/brapci/47199>. Acesso em: 19 jan. 2023.

BOARDMAN, Anthony E.; GREENBERG, David H.; VINING, Aidan R.; e WEIMER, David L. **Cost-benefit analysis: concepts e practice**. Pearson Education, 5th edition, New Jersey,

2011,660 p.

CARVALHO, Gardênia Maria Braga de. **Contabilidade Ambiental: Teoria e Prática**. 2. ed. Curitiba: Juruá, 2009. 217 p.

COSTA, Maria Elizabeth de Oliveira da; OLIVEIRA, Dalgiza Andrade. Ciência da informação e bibliometria: mapeamento da produção científica em periódicos brasileiros na temática educação a distância. **Biblos: Revista do Instituto de Ciências Humanas e da Informação**, Rio Grande, v. 34, n. 01, jan./jun. 2020, p. 19-44.

DAMIGOS, Dimitris. An overview of environmental valuation methods for the mining industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, 2006, p. 234-247.

DELLAGNEZZE, René. **50 anos da Conferência de Estocolmo (1972-2022), realizada pelas Nações Unidas sobre o meio ambiente humano**. Arche. São Paulo, 2022, 159 p.

DRUPP, Moritz A.; MEYA, Jasper N.; BAUMGÄRTNER, Stefan; e QUAAS, Martin F. Economic Inequality and the Value of Nature. **Ecological Economics**. Economics Working Paper, Kiel University, Department of Economics, v. 150, n. 2017-08, 2018, p. 340-345.

GOUVÊA, Alessandra Lacerda; ÁVILA, Cássia Helene de; LADISLAU, Danilo Okimoto; LIMA, Guilherme Marcelino de; RIBEIRO, Gustavo Henrique Marques; VAZ, Juliana, Aparecida; TOMAZ, Livia Bononi Paiva; SOARES, Mariana Dias; MOURA NETTO, Nilson de; COSTA, Patrícia Ribeiro; VIEIRA, Wanessa de Sousa Gobbo; GAYDECZKA, Beatriz; OKURA, Mônica Hitomi; MALPASS, Ana Claudia Granato; e MALPASS, Geoffroy Roger Pointer. Índice H dos pesquisadores brasileiros: um olhar comparativo entre as bases de dados WoS, Scopus e Google Scholar. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 5, 2022, 12 p.

GUEDES, Maria Júlia. **História das conferências das Nações Unidas sobre mudanças climáticas**. 2021. Disponível em: <https://www.politize.com.br/historia-das-conferencia-das-nacoes-unidas-sobre-mudancas-climaticas/>. Acesso em: 11 jan. 2023.

GZH Economia. **Quais são as maiores economias do mundo e em que posição o Brasil está**. 2023. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/economia/noticia/2022/12/quais-sao-as-maiores-economias-do-mundo-e-em-que-posicao-o-brasil-esta-clbqppnq5002h013cyutafmn9.html>. Acesso em: 18 jan. 2023.

HANLEY, Nick; MACMILLAN, Douglas; WRIGHT, Robert E.; BULLOCK, Craig; SIMPSON, Ian; PARISSON, Dave; e CRABTREE, Bob. Contingent Valuation Versus Choice Experiments: Estimating the Benefits of Environmentally Sensitive Areas in Scotland. **Journal of Agricultural Economics**, v. 49, n. 1, 1998, p. 1-15.

IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo. **Valoração de áreas ambientais**. Câmara Ambiental. São Paulo, 2015, 44 p.

LAGO, André Aranha Corrêa do. **Estocolmo, Rio, Joanesburgo. O Brasil e as três conferências ambientais das Nações Unidas**. Brasília, 2006, 276 p.

LLISO, Bosco; PASCUAL, Unai; ENGEL, Stefanie; e MARIEL, Petr. Payments for ecosystem

services or collective stewardship of Mother Earth? Applying deliberative valuation in an indigenous community in Colombia. **Ecological Economics**, Elsevier, v. 169, 2020, p. 106499.

MALDONADO, Ana Denise Ribeiro Mendonça. **Métodos de valoração econômica ambiental e danos ambientais causados pela bovinocultura de corte**. Dissertação (Mestrado em Agronegócios). Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2006, 81 p.

MARENGONI, Ana Maria da Silva. A China e o meio ambiente: análise das pressões sofridas por uma matriz energética limpa. Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharel em Relações Internacionais. Universidade Federal do Pampa. Santana do Livramento, Rio Grande do Sul, Brasil, 2022, 80 p.

MELLO, Maria Beatriz Peixoto. O lugar onde acontece: a participação de atores não estatais na delegação oficial brasileira ao longo das conferências internacionais sobre mudanças climáticas. Monografia de Bacharel em Relações Internacionais. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brasil, 2022, 130 p.

MOTTA, Ronaldo Seroa da. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais**. Rio de Janeiro: IPEA/MMA/PNUD/CNPq, 1997, 254 p.

MUNASINGHE, Mohan. Environmental issues and economic decisions in developing countries. **World Development**, v. 21, n. 11, 1993, p. 1729-1748.

NASCIMENTO JÚNIOR, Eurípedes Rosa; FREIRE, Fátima de Souza. Valoração de danos ambientais: estudo aplicado à poluição da água via esgotamento sanitário. *In: XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS*. Rio de Janeiro, 07 a 09 de novembro de 2011, 15 p.

NASSI-CALÒ, Lilian. Indicadores bibliométricos da produção científica europeia. 2015. Disponível em: <https://blog.scielo.org/blog/2015/11/05/indicadores-bibliometricos-da-producao-cientifica-europeia/#.Y8lUKHbMLIU>. Acesso em: 19 jan. 2023.

PEARCE, David; MARKANDYA, Anil.; BARBIER, Edward B. **Blueprint for a Green Economy**. 2007. 550 p.

SEMELER, Alexandre Ribas. Visualização de redes bibliométricas. Rio Grande do Sul, 2019. Disponível em: http://igeo.ufrgs.br/biblioteca/treinamentos/aulasensoriamento_17_06_19.pdf. Acesso em: 18 jan. 2023.

SILVA, Deise Deolindo; e GRÁCIO, Maria Cláudia Cabrini. Índice h de Hirsch: análise comparativa entre as bases de dados Scopus, Web of Science e Google Acadêmico. **Em Questão**, UFRGS, Porto Alegre, v. 23, 2017, p. 126-212.

SILVA, Artur Leonardo Imamura Ferreira da; OLIVA, Eduardo de Camargo.; KUBO, Edson Keyso de Miranda. Análise bibliométrica da produção científica internacional sobre people analytics. **Future Studies Research Journal**. São Paulo, v.11, n.3, 2019, p. 362-390.

SOUZA, Fernando Basquioto de; MENEZES, Carlyle Torres Bezerra de. Levantamento teórico de metodologias para valoração de danos ambientais e recursos naturais. *In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL UNIVERSIDADE DO*

EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC, Associação Brasileira de Engenharia Ambiental – ASBEA. Criciúma, 29 de abril a 01 de maio de 2012.

VAN ECK, Nees Jan; e WALTMAN, Ludo. **VOSviewer Manual**. CWTS Meaningful metrics, Universidade de Leiden, Holanda, 2022. Disponível em: <https://www.vosviewer.com/>. Acesso em: 11 nov. 2022.

ARTIGO 2

AS FORMAÇÕES FITOGEográfICAS DO CERRADO E SEUS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS EM ÁREAS RIPÁRIAS

Resumo: A região do Cerrado forma o segundo maior bioma do Brasil, sendo também o segundo em área antropizada, com altos índices de desmatamento, para conversão em pastagens e agricultura e ocupação irregular das áreas ripárias. As áreas ripárias, além da proteção dos cursos hídricos, são também geradoras de serviços ecossistêmicos no Cerrado, tais como: o controle de enchentes, a ciclagem de nutrientes, o controle biológico, a polinização, a redução da erosão, entre outros. O objetivo deste artigo é descrever a região do Cerrado e os serviços ecossistêmicos disponibilizados por este domínio fitogeográfico em áreas ripárias. Com base em uma revisão de artigos, dissertações, teses e livros nas plataformas *Web of Science*, *Scopus* e *Google Scholar*, este estudo destaca a importância da conservação do Cerrado para a proteção de serviços ecossistêmicos importantes, enfatizando a necessidade de uma utilização sustentável e preservação das áreas ripárias. Em suma, é crucial garantir a conservação do Cerrado, pois esta medida é fundamental para manter a disponibilidade de água e os serviços ecossistêmicos essenciais, os quais desempenham um papel vital de sustentabilidade de toda a região e sua biodiversidade.

Palavras-chaves: Cerrado, ecoserviços, mata de galeria.

Abstract: The Cerrado region forms the second largest biome in Brazil, and it is also the second most anthropized area, with high deforestation rates for pasture and agriculture conversion, as well as irregular occupation of riparian areas. Riparian areas, in addition to protecting watercourses, also generate ecosystem services in the Cerrado, such as flood control, nutrient cycling, biological control, pollination, erosion reduction, among others. The objective of this article is to describe the Cerrado region and the ecosystem services provided by this phytogeographic domain in riparian areas. Based on a review of articles, dissertations, theses, and books on the Web of Science, Scopus, and Google Scholar platforms, this study highlights the importance of conserving the Cerrado to protect important ecosystem services, emphasizing the need for sustainable use and preservation of riparian areas. In summary, it is crucial to ensure the conservation of the Cerrado, as this measure is fundamental to maintain the availability of water and essential ecosystem services, which play a vital role in the sustainability of the entire region and its biodiversity.

Keywords: Cerrado, ecoservices, forest gallery.

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro é a maior região de savana da América do Sul, assim como é um dos biomas mais ameaçados do nosso planeta, ilustrando os desafios e as oportunidades de conciliar o desenvolvimento econômico com a conservação dos ecossistemas terrestres e aquáticos (Latrubesse *et al.*, 2019).

O fato de o Cerrado possuir uma grande diversidade de espécies, assim como possuir um alto grau de ameaça, é considerado um hotspot mundial e está sendo severamente castigado pela expansão das fronteiras do agronegócio (Correa, 2011). O autor coloca que o termo hotspot foi criado em 1988, pelo ecólogo inglês Norman Myers, para representar as áreas mais importantes para preservar a biodiversidade no planeta Terra.

A característica mais marcante das transformações de uso da terra do Bioma Cerrado é a expansão contínua e acelerada da agricultura. Sua presença teve o acréscimo de uma área de 102.603 km² entre 2000 e 2018 (Contas de Ecossistema, 2020). Os autores informam que as áreas de vegetação campestre e florestal reduziram-se, também, dando lugar a pastagem com manejo e área agrícola, sendo a pastagem a segunda classe de uso da terra mais representativa nesse bioma e sua relevância se deve às características históricas de ocupação, sendo a criação de gado uma atividade tradicional e significativa na formação econômica das regiões que o compõem.

Como as Matas de Galeria estão relacionadas à manutenção do ciclo hidrológico (quantidade e qualidade de água), sua destruição reduz esse recurso e considerando que a água é insumo não-renovável e cada vez mais escasso, nenhuma política de recursos hídricos pode ser pensada sem contemplar a restauração e manutenção dessas florestas (Santos *et al.*, 2001). Os autores relatam que a recuperação das Matas de Galeria reveste-se de um cunho estratégico na proteção e melhoria dos recursos hídricos, sendo que nenhuma ação para conservar e recuperar esses ecossistemas pode prescindir de uma análise dos condicionantes do comportamento de todos os aspectos que a afetam, sob o risco de ser ineficaz e ineficiente.

Com o objetivo de conservar e/ou preservar os serviços ecossistêmicos e por consequência as matas ripárias, que também são geradoras destes serviços, foi publicada a Lei nº 14.119/21 que trata do Pagamento por Serviços Ambientais. É uma política de conservação ambiental que visa minimizar a pressão exercida pelo homem aos recursos naturais (Brasil, 2021). Segundo os autores nesta lei são criadas três figuras distintas, mas interligadas entre si que são: o pagamento por serviços ambientais, o pagador de serviços ambientais e o provedor

de serviços ambientais.

Visando dar sustentabilidade ao bioma Cerrado é fundamental desfazer-se da ideia de que para haver desenvolvimento econômico é preciso destruir todo o ecossistema, promovendo apenas o agronegócio. Na realidade para garantir um desenvolvimento sustentável para a geração atual e a próxima, faz-se necessário aumentar a conectividade das fitofisionomias existentes e reduzir a fragmentação do que há ainda de vegetação no bioma (Lahsen, Bustamante e Dalla-Nora, 2016). É possível sim desenvolver a região sem mais desmatamento, recuperando as áreas degradadas existentes, trabalhando com a tecnologia e dando incentivos aos pequenos produtores para garantir a preservação de áreas prioritárias. É preciso ter responsabilidade econômica, social e ambiental.

E finalmente é preciso repensar como vamos medir o desenvolvimento no País, se a custa de destruição, degradação, uso indiscriminado de agrotóxicos ou de uma forma controlada, consciente e sustentável onde haja comprometimento público de todos, com estratégias de políticas de gestão ambiental. É importante não atribuir a responsabilidade pela destruição do Cerrado à causa sobrenatural, mas sim reconhecer que nossas escolhas e ações podem influenciar sobremaneira a perda dessa biodiversidade incomparável.

Este estudo tem por objetivo fazer uma revisão geral sobre o Cerrado, com ênfase nas áreas ripárias e os serviços ecossistêmicos disponibilizados.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Realizou-se uma revisão bibliográfica abrangente por meio de buscas em literatura especializada, incluindo artigos, capítulos de livros, simpósios e conferências relevantes. A pesquisa foi realizada nas plataformas Web of Science, Scopus e Google Scholar. Para a pesquisa nas plataformas da Capes foram utilizados os termos-chave “Cerrado”, “*Brazilian savan*”, “*Ecosystem services*” e “*riparian area*”.

Adicionalmente foram efetuados downloads de arquivos, para análise textual, como periódicos, artigos de jornais, trabalhos de conclusão de cursos de pós-graduação, dissertações e teses através de consultas diretas sobre os respectivos temas em fontes como o Portal da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e os repositórios das universidades.

A pesquisa foi conduzida no período compreendido entre o segundo semestre de 2022 e o primeiro bimestre de 2023. Também foi realizada uma busca nos sites do Mapbiomas e

Prodes/INPE, com vistas a identificar mapas e infográficos, relacionados sobre uso e ocupação no bioma Cerrado.

Para elaboração do mapa de biomas do Brasil, com ênfase para o domínio morfoclimático do Cerrado, utilizou-se a versão 3.22.10. do programa QGis (Quantum GIS), que é um software de livre acesso. Foi adotado o Datum SIRGAS 2000, como sistema de referência, que é amplamente usado no Brasil.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Serviços ecossistêmicos em áreas ripárias: implicações para a gestão ambiental e a sustentabilidade

Os serviços ecossistêmicos – SEs 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).

As primeiras noções sobre a importância da natureza como prestadora de serviços para a humanidade e como algo com valor econômico são atribuídas ao economista francês Jean Baptiste Say (1767-1832), quando ele coloca a ideia de serviço da natureza como se fosse um oferta, da seguinte maneira: “O vento que move nossos moinhos e mesmo o calor do sol trabalha para nós, mas felizmente ninguém ainda foi capaz de dizer – o vento e o sol são meus e o serviço que prestam devem ser pagos” (Say, 1829, p. 250), ou seja, ninguém olhou para o vento ou para o sol como uma fonte cujo trabalho deveria ser pago . Atualmente intensificou-se os danos ao capital natural, devido ao seu uso acentuado e sem controle, o que diminui e, em alguns casos, exclui os serviços ecossistêmicos.

Abundante, porém não infinito, o capital natural é definido como todo e qualquer ativo disponibilizado pelos ecossistemas e mantido por suas funções ecológicas íntegras (Contas de Ecossistemas, 2021).

Embora a valoração dos ecossistemas seja certamente difícil e repleta de incertezas, uma escolha que não temos é se devemos ou não o fazer, ao contrário, as decisões que tomamos como sociedade sobre os ecossistemas implicam valorações (embora não necessariamente expressas em termos monetários) (Constanza *et al.*, 1997). Segundo os autores pode-se optar por tornar essas valorações explícitas ou não; podemos fazê-las com um reconhecimento explícito das grandes incertezas envolvidas ou não; mas, enquanto formos forçamos a fazer

escolhas, nós iremos passar pelo processo de valoração.

No Quadro 1 são citados a relação que existe entre os serviços ecossistêmicos e sua valoração monetária, bem como os métodos mais utilizados. As modificações constantes têm a finalidade de identificar o papel desempenhado pelas funções e serviços ecossistêmicos.

Quadro 1 – Relação existente entre os métodos de valoração mais utilizados e respectivos valores das funções ecossistêmicas com adaptações para os ecosserviços disponibilizados.

Funções ecossistêmicas	Serviços ecossistêmicos	Intervalos de valores (US\$)	Métodos mais aplicados
Provisão/Produção Inclusos todos os recursos fornecidos pelos ecossistemas e consumidos, de alguma forma, pelos seres humanos			
Produção de alimentos	Parcela da produção primária bruta extraível como alimento.	6 – 2.761	Preços de mercado e Fator de renda
Matérias-primas	Parcela da produção primária bruta extraível como materiais brutos.	6 – 1.014	Preços de mercado e Fator de renda
Recursos genéticos	Fontes de materiais e produtos biológicos únicos.	6 – 112	Preços de mercado e Fator de renda
Recursos ornamentais	Variedade da biota em ecossistemas naturais com potencial de uso ornamental	3 – 145	Preços de mercado e Fator de renda
Abastecimento de água	Armazenamento e retenção de água.	3 – 7.600	Preços de mercado e Custo reposição
Regulação Englobam funções ecossistêmicas responsáveis por equilibrar as condições ambientais naturais.			
Regulação de gases	Papel dos ecossistemas nos ciclos biogeoquímicos (balanço de CO ₂ /O ₂ , camada de ozônio)	7 – 265	Custos evitados
Regulação climática	Influência da cobertura da terra e processos biológicos mediados pelo clima.	88 – 223	Custos evitados
Regulação de distúrbios	Capacidade, amortecimento e integridade da resposta do ecossistema a flutuações ambientais.	2 – 7.240	Custos evitados e Custo reposição
Regulação de água	Regulação dos fluxos hidrológicos.	2 – 5.445	Produtividade marginal (Fator de renda/Dose-resposta) e Custos evitados
Controle de erosão e retenção de solo	Retenção de solo dentro de um ecossistema.	29 – 245	Custos evitados e Custo reposição
Tratamento de resíduos	Recuperação de nutrientes móveis e remoção ou quebra de nutrientes e compostos em excesso ou xênico (presença de bactérias).	58 – 6.696	Custo reposição e Avaliação Contingente
Controle biológico	Regulação trófico-dinâmicas	2 – 78	Custo reposição e

	de populações.		Dose-resposta (Fator de renda)
Polinização	Papel da biota no movimento de gametas florais.	14 – 25	Custo reposição e Dose-resposta (Fator de renda)
Culturais			
Representam benefícios não materiais fornecidos pelos ecossistemas			
Recreação e ecoturismo	Fornecimento de oportunidades para atividades recreativas. Variedade da paisagem com potencial para uso recreativo.	2 – 6.000	Preços de mercado, Avaliação Contingente, Fator de renda e Custo viagem
Informação estética	Características atraentes da paisagem (beleza cênica)	7 – 1.760	Preços hedônicos
Informação histórica e espiritual	Variedade em recursos naturais com valor espiritual (crenças) e histórico.	1 – 25	Avaliação Contingente
Suporte			
São aqueles necessários para que os outros serviços existam			
Formação do solo	Intemperismo da rocha e acúmulo de matéria orgânica. Retenção da matriz radicular da vegetação e da biota na retenção do solo	1 – 10	Custos evitados
Ciclagem de nutrientes	Armazenamento, ciclagem interna, processamento e aquisição de nutrientes.	87 – 21.100	Custo reposição
Habitat			
São essenciais para a conservação biológica e genética, contribuindo para a preservação de processos evolucionários			
Refúgio	Espaço adequado para plantas e animais silvestres	3 – 1.523	Preços de mercado e Avaliação Contingente
Berçário	Habitat de reprodução adequado	142 – 195	Preços de mercado

Fonte: Adaptada de De Groot et al., (2002) pela autora (2023).

A incorporação da avaliação dos serviços ecossistêmicos na tomada de decisão pode reduzir custos futuros, melhorar a qualidade de vida, garantir a perpetuação dos meios de subsistência e auxiliar no combate à pobreza, ao revelar a distribuição de recursos e serviços essenciais e escassos (TEEB, 2010). De acordo com o autor, a análise dos serviços ecossistêmicos também pode auxiliar na identificação daqueles que arcam com o custo e aqueles que auferem benefícios, sendo assim, os planos de desenvolvimento e estudos de impacto ambiental deveriam incluí-los.

A disponibilidade de informações e de indicadores ambientais sobre as relações existentes entre as atividades antrópicas e os processos ecossistêmicos é determinante para a aplicabilidade de cada método (Young e Fausto, 1997). Neste sentido, conforme os autores, não existe um receituário geral capaz de correlacionar tipos de recursos ambientais com métodos

de valoração e a decisão de utilização de um método específico está condicionada a uma série de questões conjunturais, como disponibilidade financeira, recursos humanos, qualidade da base de dados e outras.

Os serviços dos ecossistemas oferecem uma variedade de benefícios: os serviços de provisão incluem fornecimento de alimentos, produção de madeira, por exemplo; os serviços de regulação abrangem filtragem de ar e água, polinização, e regulação climática, por exemplo; e os serviços culturais englobam recreação e lazer, educação, benefícios estéticos e espirituais, entre outros aspectos (Dasgupta, 2020). A maioria dos serviços ecossistêmicos, consoante o autor, está em declínio, incluindo aqueles que regulam e mantêm nossos sistemas de suporte à vida, e muitos desses serviços e os ecossistemas que os fornecem são insubstituíveis.

Serviços de regulação englobam os benefícios obtidos pela sociedade a partir da regulação natural dos processos ecossistêmicos, tais como a manutenção da qualidade do ar e o controle da poluição, por meio da regulação da composição dos gases atmosféricos; a regulação do clima; a regulação dos fluxos de água (ciclo hidrológico) e o controle das enchentes, evitando inundações e contribuindo para a recarga dos aquíferos; o controle da erosão; a purificação da água; a redução da incidência de pragas e doenças pelo controle biológico, a regulação de danos naturais e a polinização de plantas agrícolas e silvestres (Parron e Garcia, 2015).

Diferentemente dos serviços de provisão, a avaliação dos serviços de regulação não se dá pelo seu “nível” de produção, mas sim pela análise da capacidade dos ecossistemas regularem determinados serviços (Andrade e Romeiro, 2009).

A vegetação ripária apresenta função de regulação na deposição e retenção de sedimentos que chegam diretamente ao corpo d'água, em razão da rugosidade que impõe ao terreno, reduzindo a energia da água de escoamento superficial e o impacto direto das gotas de chuva sobre o solo (Aquino *et al.*, 2020). Outro ponto importante, conforme os autores, nessa relação entre as matas ripárias e os rios, no que se refere aos processos erosivos, é a estabilidade das margens dos corpos hídricos conferidas, não apenas pela cobertura do solo, mas também pela presença de raízes de árvores que aumentam a resistência dessas áreas vulneráveis, principalmente, durante os eventos de cheia.

Existem diferentes maneiras 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) (MEA, 2005).

Atualmente, com a iniciativa da Plataforma Intergovernamental da Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos, conhecida como IPBES (*International Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*) e da Classificação Internacional Comum dos Serviços Ecossistêmicos, conhecida como CICES (*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 (Monteiro, 2021). Serviços de suporte ou funções ecológicas são as estruturas e processos de sustentação que, em última análise, dão origem aos serviços ecossistêmicos (CICES, 2023).

Do ponto de vista econômico, a maioria dos danos ao meio ambiente ocorre, em última instância, porque os serviços prestados pela natureza não participam dos mercados financeiros tradicionais e, de fato, a dificuldade em se atribuir direitos de propriedade faz com que as transações financeiras praticadas sob a economia de mercado tendam a trazer consequências negativas aos ambientes naturais (Constanza *et al.*, 1997). Segundo os autores assim, não sendo precificados, esses bens de titularidade difusa encontram-se constantemente ameaçados, apesar de imprescindíveis.

Uma forma adicional de pensar sobre o valor dos serviços ecossistêmicos é determinar quanto custaria replicá-los em uma biosfera artificial tecnologicamente produzida tendo verificado que a experiência com missões espaciais tripuladas e com a Biosfera II no Arizona (fracassada) indica que esta é uma proposta extremamente cara, sendo a Terra (Biosfera I) um fornecedor muito eficiente e de menor custo de serviços de apoio à vida humana (Constanza *et al.*, 1997).

A reposição dos bens e serviços ecossistêmicos lesados por atividades danosas ao meio ambiente é um objetivo claro que reafirma a utilização do conceito de valor instrumental da natureza (Magliano, 2019). Independentemente de discriminá-los de forma individual, o autor informa que, o conjunto de serviços de provisão, regulação, suporte e cultural fornece bem-estar e promove o desenvolvimento humano e repor tais serviços em caso de danos, quantificando-os e estimando o valor monetário em caso de impossibilidade de reposição imediata, é a aplicação prática da valoração econômica de danos ambientais.

A crise da perda da biodiversidade só pode começar a ser tratada com seriedade se os valores da biodiversidade e dos serviços ambientais forem plenamente reconhecidos e

representados nas tomadas de decisões, sendo que isso pode revelar a verdadeira natureza dos trade-offs entre os diferentes serviços ambientais (provisão de alimentos ou armazenamento de carbono), entre os diferentes beneficiários (ganho privado de alguns e a perda pública para muitos), em diferentes escalas (custos locais e benefícios globais) e através de diferentes horizontes temporais (UNEP, 2011).

Para assegurar a disponibilidade contínua de funções dos ecossistemas, a utilização dos bens e serviços associados devem ser limitados a níveis de uso sustentável e que a capacidade dos ecossistemas em fornecer bens e serviços depende dos processos ecossistêmicos relacionados e dos limites de sua utilização sustentável, que são determinados por processos ecológicos tais como integridade, resiliência e resistência (De Groot, Wilson e Boumans, 2002).

Um desmatamento pode implicar a perda ou a diminuição dos benefícios ecossistêmicos associados à prestação de serviços de provisão (redução dos níveis de produtos e subprodutos florestais), de suporte (prejuízos à ciclagem de nutrientes, redução de abrigo para fauna, eliminação da dispersão de frutos e sementes etc.) e de regulação (redução de sumidouros de gases do efeito estufa, alteração do balanço de energia na Terra, causando um dano climático, entre e outros), sem prejuízo de também configurar, a depender do caso concreto, lesão a serviços culturais, como no caso de desmatamentos em locais sagrados para populações indígenas (Steigleder *et al.*, 2021).

Levando-se em conta as contribuições de cada corrente de pensamento, neoclássica ou ecológica, destaca-se que o objetivo essencial da valoração é expressar o efeito de uma mudança marginal na prestação de serviços ecossistêmicos em termos de taxa trade-offs em relação a outras coisas que as pessoas valorizam, levando em conta as características complexa dos ecossistemas (Pedrini, 2018).

Adotando o método da renda de recurso ambiental, no caso de um estudo experimental, verificou-se que o valor do serviço do ecossistema de provisão da água azul/¹consuntivo utilizada pela atividade de captação, tratamento e distribuição de água no Brasil foi de R\$ 6,3 bilhões, em média entre 2013 e 2017, passando de R\$ 6,4 bilhões em 2013 para R\$9,3 bilhões em 2017 (Contas de Ecossistemas, 2021). Os autores esclarecem que uso consuntivo é a utilização em que o volume de água captada possui parcela consumida no processo produtivo

¹ Água azul – Encontrada em lagos, rios e reservatórios. Água superficial, usada como água potável, residências, empresas e irrigação, sendo recarregada pela precipitação; água verde – é a água disponível no solo para as plantas e microrganismos (evapotranspiração); e água cinza – usada anteriormente, podendo conter impurezas, é o efluente que geralmente é tratado e descartado (MATOS *et al.*, 2020)

ou de suprimento de famílias e rebanhos e não retorna ao corpo d'água

Em 1997 foram atribuídos valores aos serviços ecossistêmicos e capital natural de diversos ecossistemas mundiais, onde para os ecossistemas florestais foram atribuídos os valores de U\$ 2.000,00 ha⁻¹.ano⁻¹ para as florestas tropicais, U\$ 302,00 ha⁻¹.ano⁻¹ para florestas temperadas e boreais e U\$ 232,00 ha⁻¹.ano⁻¹ para as savanas (Constanza *et al.*, 2014). Em uma nova publicação, os autores informam que foram divulgados os valores atualizados dos serviços ecossistêmicos prestados pelos ecossistemas florestais para o ano de 2011: U\$ 5.382,00 ha⁻¹.ano⁻¹ para as florestas tropicais, U\$ 3.137,00 ha⁻¹.ano⁻¹ para as florestas temperadas e boreais e U\$ 4.166,00 ha⁻¹.ano⁻¹ para as savanas.

A atual crise ambiental desafia a humanidade a implementar estratégias de conservação eficientes que evitem maiores perdas de biodiversidade e impactos no funcionamento dos ecossistemas e para lidar com o crescente impacto das atividades humanas sobre a natureza, iniciativas baseadas em serviços ecossistêmicos têm atraído grande interesse da comunidade científica e tomadores de decisão ao redor do mundo (Resende, 2018).

A expressão trade-off é largamente utilizada para designar situações de escolha entre opções conflitantes, muitas vezes traduzida como 'perde-e-ganha', caracterizando uma ação que visa à solução de um problema em detrimento de outro, quando se renuncia a um bem ou serviço para se obter outro (Rodríguez *et al.*, 2006). Este mesmo autor coloca que na literatura econômica, trade-off frequentemente é descrito como custo de oportunidade, pois representa o que se deixa de usufruir por ter escolhido outra opção, no entanto, nos serviços ambientais, trade-offs surgem de escolhas que podem mudar o tipo e a magnitude dos serviços produzidos pelos ecossistemas, ocorrendo quando a prestação de um serviço ambiental é reduzida em consequência do aumento de outro.

A valoração dos serviços ecossistêmicos tem sido defendida como uma ferramenta para informar a importância da natureza e da biodiversidade aos formuladores de políticas (Aslaksen *et al.*, 2015). A complexidade das relações entre as funções do ecossistema e a biodiversidade que as sustenta, de acordo com o autor, desafia a conceituação dos serviços ecossistêmicos e exige estruturas ecológicas abrangentes como base para avaliação e política.

3.2 Áreas de Preservação Permanente hídricas do Cerrado: a chave para garantir o futuro da disponibilidade de água

O termo "preservação permanente" surgiu legalmente a partir da Lei Federal nº

4.771/1965, revogada pela Lei nº 12.651/12, 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 (Monteiro, 2021).

As Áreas de Preservação Permanente hídricas são conhecidas igualmente como ripárias, ciliares ou de galeria, e desempenham funções muito importantes na manutenção da qualidade das águas, na estabilidade dos solos, na regularização dos regimes hídricos (manutenção de um fluxo menos flutuante ao longo do ano), na questão das cheias e inundações, no processo de controle do assoreamento dos rios, contribuindo, finalmente, para o sustento da fauna aquática e ribeirinha (Ribas, 1996).

Quanto maior o estado de deterioração de uma mata ciliar menor sua eficiência em reter sedimentos, devido à sua menor capacidade de reduzir a velocidade de transporte de partículas, ou seja, menor controle hidrológico (Oliveira *et al.*, 2010).

Os ambientes de mata ciliar de extrema riqueza e diversidade genética são fundamentais para a proteção e manutenção dos cursos d'água, entretanto, os agentes que se utilizam dessas terras para a exploração de atividades econômicas, principalmente as agrícolas, apropriam-se da sua suposta melhor fertilidade e umidade natural, gerando, com frequência, impactos negativos sobre a função e a estrutura dessas matas, acarretando um custo social (Santos *et al.*, 2001). Na ótica desses agentes, conforme os autores, a indisponibilidade dessas terras tem efeito negativo na produção e na renda que, certamente, reduz o nível de bem-estar social.

A espécie humana sempre se beneficiou da natureza na forma de bens e serviços diversos, onde muitos desses benefícios derivam dos corpos d'água e podem assim ser referidos como serviços ambientais hídricos e dentre estes, pode-se citar a provisão de água para abastecimento, geração de energia, usos industriais e irrigação agrícola (Terrado *et al.*, 2014).

Nas características das áreas ripárias, algumas das suas funções estão diretamente relacionadas ao serviço ecossistêmico de regulação hídrica que atenua as inundações; nesse caso, não se trata de uma causalidade, mas de uma finalidade, porém em reduzidas funções e não potencializadas como estratégia de conscientização ambiental (Marenzi e Longarete, 2018). Os Serviços Ecossistêmicos em áreas ripárias podem ser distribuídos em provisão (suprimento de água doce, produção de alimentos, madeira e fibras, geração de energia, transporte), regulação (controle de vetores patogênicos, mitigação de danos hídricos, autopurificação das águas, estabilização climática), culturais (recreação, estética, intelectual, espiritual), e suporte (formação de solos, fotossíntese, ciclagem de nutrientes, propagação de espécies, habitat,

diversidade biológica aquática, recarga hídrica), entre outros (Luz, 2015).

Uma das formas para garantir a disponibilidade dos Serviços Ecossistêmicos relacionados às áreas ripárias é o Pagamento por Serviços Ambientais – PSA, identificando oportunidades e colaboração entre as comunidades rurais e urbanas (Munk, 2015). Um exemplo que pode ser citado, conforme o autor, é o de Nova Iorque, onde seu programa de PSA, relacionado ao abastecimento de água, teve início na década de 90 e invés de investir em estações de tratamento, que custariam de 8-10 bilhões de dólares, o Departamento de Águas de Nova Iorque resolveu criar uma estratégia para manter a água limpa: assim foi criada uma parceria com os fazendeiros, e hoje a população paga pelos serviços ambientais prestados por eles.

Segundo Munk (2015), o programa resultou em uma economia na casa de bilhões de dólares para a cidade, além de beneficiar a população rural e os proprietários de terra saíram de um estigma de depredadores da natureza para se tornarem guardiões, através dos incentivos financeiros. Foram quase dois anos de negociação, mas em 15 anos, o programa já havia conseguido a adesão voluntária de 95% dos proprietários rurais na área de Catskill, o programa investe tanto em infraestrutura, para que as atividades dos fazendeiros não poluam os rios e a qualidade da água seja mantida, como no manejo e manutenção da mata nativa dessas propriedades, assegurando a provisão do serviço ecossistêmico. De acordo com o autor esse é um programa de êxito reconhecido internacionalmente.

Entretanto, um documento produzido pelo Ministério do Meio Ambiente – MMA em parceria com a União Europeia ressaltou que os PSA não devem ser considerados como a única solução para conservação ambiental e não devem ser utilizados como substituto de instrumentos de comando e controle, mas sim, como complemento em uma combinação de políticas públicas, sendo que este documento exalta o potencial desse mecanismo para criar e desenvolver mercados para conservação de alguns serviços ecossistêmicos (Pereira, Guimarães e Unterstell, 2013).

As zonas ripárias apresentam importância na paisagem, garantindo um mosaico de ambientes multifuncionais capazes de prover serviços ecossistêmicos fundamentais para o bem-estar humano (Aquino *et al.*, 2020). De acordo com os autores a cobertura vegetal do solo, formando uma camada superficial, auxilia no controle de processos erosivos por meio da criação de uma barreira física que fornece resistência mecânica ao escoamento superficial, reduzindo a velocidade do fluxo e, conseqüentemente, favorecendo a infiltração da água no solo.

3.3 Desvendando a beleza e a importância do Cerrado: o motivo pelo qual precisamos proteger esse bioma único

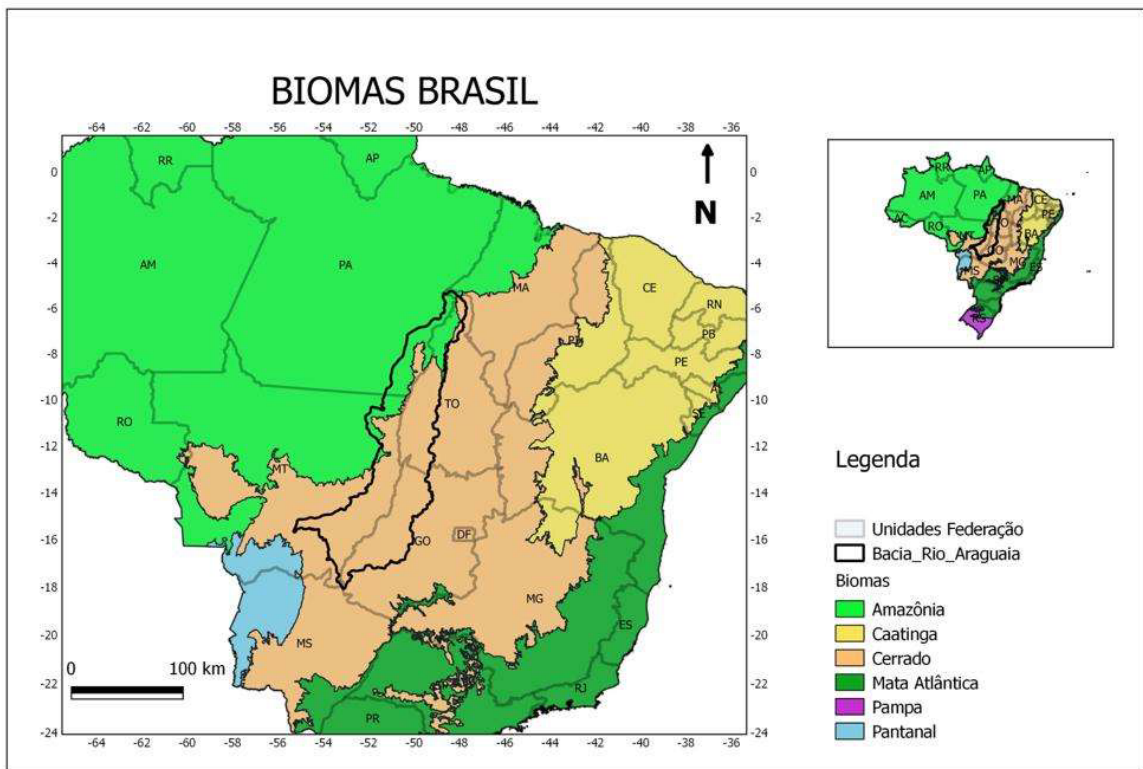
O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul, está presente em todas as regiões brasileiras, e ocupa uma área de 1.983.017 km², cerca de 23,3% do território nacional, onde a sua área contínua incide sobre os estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Bahia, Piauí, Maranhão, Rondônia, Pará, Paraná, e Distrito Federal (Brasil, 2022).

O Cerrado contém as três maiores bacias hidrográficas sul-americanas. Do ponto de vista hidrológico, por compreender zonas de planalto, a região possui diversas nascentes de rios e, conseqüentemente, importantes áreas de recarga hídrica, que contribuem para grande parte das bacias hidrográficas brasileiras (Felfili, Sousa-Silva e Scariot, 2005).

Considerado como um hotspot mundial de biodiversidade, o Cerrado apresenta extrema abundância de espécies endêmicas e sofre uma excepcional perda de habitat, especialmente devido a instalação e desenvolvimento de atividades agropecuárias e de acordo com o TerraClass Cerrado de 2018, restam 49,9% da área do Cerrado coberta por vegetação natural (Brasil, 2022). Ainda segundo os autores o bioma também tem importante papel social: muitas populações sobrevivem de seus recursos naturais, incluindo etnias indígenas, geraizeiros, ribeirinhos, babaqueiras, vazanteiros e comunidades quilombolas que, juntas, fazem parte do patrimônio histórico e cultural brasileiro, e detêm um conhecimento tradicional de sua biodiversidade.

Na Figura 1 pode se observar a localização do Cerrado, ocupando uma grande parte do território brasileiro, com destaque também para a bacia do Rio Araguaia.

Figura 1 – Mapa de biomas do Brasil, com ênfase para o domínio morfoclimático do Cerrado.



Fonte: A autora (2023)

O Brasil possui catalogado mais de 40.000 espécies da flora, sendo que, 30% ou 12.070 espécies estão localizadas no bioma Cerrado. Destas, 645 compõem a lista de espécies da flora em extinção no Brasil, o que corresponde a mais de 30% do total catalogado (Faria *et al.*, 2017).

O Cerrado tem mais de 2.500 espécies de vertebrados e concentra 5% de toda a diversidade do planeta e 30% da biodiversidade do país, sendo: 158 serpentes, 74 lagartos, 30 cobras-cegas, 209 anfíbios, 800 peixes, 251 mamíferos, 856 aves, mais de 1000 mil espécies de borboletas, cerca de 100 mil mariposas, 300 formigas, 139 vespas, 820 abelhas e 140 gêneros de cupins. Com relação à flora sabe-se que é composta por 12.385 espécies, onde 4.400 são endêmicas (EMBRAPA, 2023).

No Quadro 2 são apresentadas algumas espécies endêmicas de ocorrência no bioma Cerrado.

Quadro 2 – Relação de algumas espécies endêmicas da fauna e flora do Cerrado.

Nome científico	Nome comum	Família
<i>Augastes scutatus</i>	Beija-Flor-de-Gravata-Verde	Trochilidae
<i>Cyanocorax cristatellus</i>	Gralha do Cerrado	Corvidae
<i>Carterodon sulcidens</i> *	Rato-de-Espinho	Echimyidae
<i>Columbina cyanopis</i> *	Rolinha-do-Planalto	Columbidae
<i>Mergus octosetaceus</i> *	Pato Mergulhão	Anatidae
<i>Lonchophylla dekeyseri</i> *	Morceguinho-do-Cerrado	Phyllostomidae
<i>Lepidocolaptes wagleri</i> *	Arapaçu-de-Wagler	Dendrocolaptidae
<i>Mauritia flexuosa</i>	Buriti	Arecaceae
<i>Tibouchina papyrus</i> **	Pau-papel	Melastomataceae
<i>Anacardium humile</i>	Cajuí	Anacardiaceae
<i>Caryocar brasiliense</i>	Pequi	Caryocaraceae
<i>Vellozia squamata</i>	Canela-de-ema	Velloziaceae

Fonte: Pensamento Verde (2013) e MMA (2011).

* - ameaçada de extinção (Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção, 2008)

** - Planta símbolo do Estado de Goiás definida pela Lei Estadual nº 7.610 de 30/11/1972.

Atualmente, a área do Cerrado conta com uma intensa exploração predatória: inúmeros animais e plantas correm risco de extinção e estima-se que 20% das espécies nativas e endêmicas da região já não ocorram em áreas protegidas (ICMBio, 2021). Esse bioma apresenta-se como o segundo do Brasil em quantidade de alterações decorrentes do avanço de usos antrópicos, compondo, então, a frente de expansão da fronteira agrícola do País, sobretudo com o objetivo de produzir grãos e carne para exportação (Contas de Ecossistemas, 2020).

As formações florestais do Cerrado se caracterizam pela predominância de espécies arbóreas com formação em dossel, sendo a Mata Ciliar e a de Galeria² relacionadas a curso de água, enquanto a Mata Seca e o Cerradão são encontrados em áreas elevadas, em terrenos caracterizados como divisores de água (Ribeiro e Walter, 1998). Os autores informam que nas formações savânicas, o Cerrado estrito (*Strictu sensu*) é identificado pela presença de

² Mata ciliar – acompanha as margens dos rios de médio e grande porte. No Cerrado diferencia da mata de galeria pela deciduidade e composição florística, havendo diferentes graus de caducifolia na estação seca.

Mata de galeria – normalmente localizadas às margens de rios de pequeno porte e córregos. A vegetação forma corredores fechados (galerias). A fitofisionomia é perenifolia, não apresentando caducifolia evidente durante a estação seca (Embrapa, 2022).

Mata seca - estão incluídas as formações florestais no bioma Cerrado que não possuem associação com cursos de água, caracterizadas por diversos níveis de caducifolia durante a estação seca. A vegetação ocorre nos interflúvios, em locais geralmente mais ricos em nutrientes (Embrapa, 2022).

indivíduos lenhosos, de porte arbustivo-herbáceo no estrato arbóreo, com densidade variável e distribuição aleatória sobre o terreno; o Parque de Cerrado se caracteriza pela concentração de árvores localizadas em pontos específicos do terreno.

O palmeiral, ocorre com a presença destacada de determinada espécie de palmeira no estrato arbóreo, em áreas bem ou mal drenadas, enquanto as veredas são marcadas pela presença específica do Buriti, em áreas de baixada, geralmente úmidas (Ribeiro e Walter, 1998). Por sua vez, de acordo com os autores, nas formações campestres, o Campo Sujo é marcado pela presença de arbustos e subarbustos no estrato herbáceo, enquanto o Campo Rupestre, embora similar ao Campo Sujo, se caracteriza pela presença de afloramentos de rocha e pela composição florística com elementos de endemismo, por fim, o Campo Limpo é destacado pela mínima presença de arbustos e subarbustos.

Em coerência com a literatura internacional sobre o conceito de bioma considera-se o cerrado lato sensu como formado por três biomas: o campo tropical (campo limpo), a savana (campo sujo, campo cerrado e cerrado sensu stricto) e a floresta estacional (cerradão) (Batalha, 2011). O autor explica que cabe ainda ressaltar que, dentro de um domínio fitogeográfico, isto é, uma área do espaço geográfico, com dimensões subcontinentais, em que predominam características morfoclimáticas semelhantes e um certo tipo de vegetação, há vários tipos vegetacionais.

A precipitação média anual varia de 800 a 1.800 mm, com sazonalidade climática acentuada, ou seja, seis meses de estiagem, de abril a setembro, e estação chuvosa de seis meses, de outubro a março. Solos são profundos, bem drenados, com baixos níveis de fertilidade e alta toxicidade de Al e Si (Sano *et al.*, 2019). Segundo os autores os dois tipos de uso da terra mais importantes para o agronegócio são: pastagens cultivadas, principalmente com capim africano para pecuária e lavouras de sequeiro, principalmente soja, milho, algodão e café.

Como pode ser verificado na Figura 2 houve perda na vegetação nativa do Cerrado, de 133 para 105 Mha (milhões de hectares), seguido de aumento nas áreas de pastagem de 38 para 47 Mha e da agricultura de 4 para 25 Mha, sendo que a perda líquida de vegetação entre 1985 e 2021 foi de 20,9% o que corresponde a 26,6 Mha.

Desde o final da década de 1930 as áreas do Cerrado, inicialmente nos locais onde havia florestas tropicais, experimentou a expansão das fronteiras agrícolas e demográficas, com incentivo do governo federal na forma de concessões de terra, apoio técnico e equipamentos agrícolas, entretanto, devido às poucas áreas de florestas foi necessário a expansão destas fronteiras para as savanas (Dutra e Silva, 2020).

Apesar do reconhecimento internacional de sua importância biológica, o Bioma Cerrado possui apenas 8,21% de seu território legalmente protegido por Unidades de Conservação, sendo, desse total, 2,85% constituído de Unidades de Proteção Integral e 5,36%, de Unidades de Conservação de Uso Sustentável, incluindo Reservas Particulares do Patrimônio Natural – RPPNs (0,07%), conforme dados do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio (Contas de ecossistemas, 2020).

Entre as décadas de 80 e 90 o Cerrado se firmou como uma importante fronteira agrícola, produtora de *commodities* e cultivares fundamentais para a expansão da balança comercial brasileira, sendo que o conceito de fronteira agrícola está associado a um tipo particular do uso da terra, intensificando com o emprego da tecnologia na produção de alimentos (Dutra e Silva e Barbosa, 2020).

No Bioma Cerrado observou-se, entre 2000 e 2018, expansão contínua e acelerada da área agrícola, com acréscimo de 102.603 km² (52,92%), e expansão da área de pastagem com manejo, com incremento de 55.451 km² (13,22%), em detrimento de uma redução progressiva das áreas de vegetações campestre e florestal (Contas de Ecossistemas, 2021).

Em um estudo sobre a estimativa da contribuição hídrica superficial do Cerrado para as grandes regiões hidrográficas brasileiras, demonstrou-se que o Cerrado contribui com a vazão que flui em oito das doze regiões hidrográficas brasileiras, sendo fundamental, principalmente, para os rios Paraguai, Parnaíba, São Francisco e Tocantins-Araguaia, respondendo, respectivamente, por 136%, 106%, 94% e 71% da vazão total que passa no exutório dessas bacias (Lima e Silva, 2007). Esta informação valiosa e pouco difundida nos meios de comunicação, deveria contribuir para a conscientização da população da necessidade de conservar regiões primordiais do Cerrado, como as Áreas de Preservação Permanente e as recargas de aquíferos.

Os principais rios que recebem contribuições de áreas de Cerrado são: na Região Hidrográfica Amazônica: os rios Xingu, Madeira e Trombetas; na do Tocantins-Araguaia: os rios Araguaia e Tocantins; na do Atlântico Nordeste Oriental: o Rio Itapecuru; na Bacia do Parnaíba: os rios Parnaíba, Poti e Longá; na do São Francisco: os rios São Francisco, Pará,

Paraopeba, das Velhas, Jequitaiá, Paracatu, Urucuia, Carinhanha, Corrente e Grande; na do Atlântico Leste: os rios Pardo e Jequitinhonha; na Bacia do Paraná: os rios Paranaíba, Grande, Sucuriú, Verde e Pardo; na do Paraguai: os rios Cuiabá, São Lourenço, Taquari, Aquidauana; entre outros (Lima e Silva, 2007).

Os custos do desenvolvimento agrícola no Cerrado cobram um alto preço ao ecossistema, produzindo impactos negativos, como a destruição da cobertura vegetal, a extinção de espécies, o assoreamento dos cursos hídricos, a destruição de culturas tradicionais centenárias, assim como de monumentos naturais e sítios arqueológicos (Dutra e Silva, 2020).

Os efeitos das transformações ocorridas no Cerrado são particularmente problemáticos se as formações biogeográficas são meramente analisadas em relação a sua paisagem e não em sua complexidade de emaranhados ecológicos (Rocha, Majo, Dutra e Silva, 2022). Segundo estes autores o Cerrado, portanto, é um bioma ameaçado de extinção desde que a legislação ambiental continue a considerá-lo apenas uma região estratégica para o desenvolvimento do agronegócio

Algumas características como facilidade para mecanização e estrutura fundiária, após a geração de um conjunto de tecnologias que tornaram os solos aptos para a agricultura tecnicizada, o bioma Cerrado mostrou-se atrativo à produção agrícola, especialmente grãos, numa perspectiva produtivista da agricultura (Santos *et al.*, 2001). De acordo com os autores, atrelada ao então modelo de exportação primária do País e à crescente necessidade de equilibrar as contas nacionais, a vegetação natural do bioma foi perdendo espaço para as culturas de exportação, normalmente cultivadas nas chapadas que eram as áreas aptas para a mecanização.

As riquezas guardadas na biodiversidade do Cerrado são superiores às riquezas geradas pela agricultura. Em uma pesquisa sobre o bioma foi ressaltado que “o Cerrado é um dos maiores laboratórios de prospecção de genes do mundo”, com “inúmeras espécies animais e vegetais que sequer foram identificadas e tantas outras que ainda não foram estudadas” (Barreto, 2007, p. 315). Exaltou-se ainda o “potencial farmacológico das plantas medicinais e os serviços ambientais prestados pelo bioma como um todo: estocagem de carbono, controle climático, controle de erosão, produção de água e outros fatores cruciais para a agricultura” (Barreto, 2007, p. 318).

Todas as transformações ocorridas nas áreas de cerrados, causadas pela expansão das fronteiras do agronegócio, acarretaram impactos ambientais adversos, tais como: degradação e fragmentação de ecossistemas, desencadeamento de processos de desertificação em algumas áreas, extinção de espécies nativas e invasão de espécies exóticas, erosão dos solos e poluição

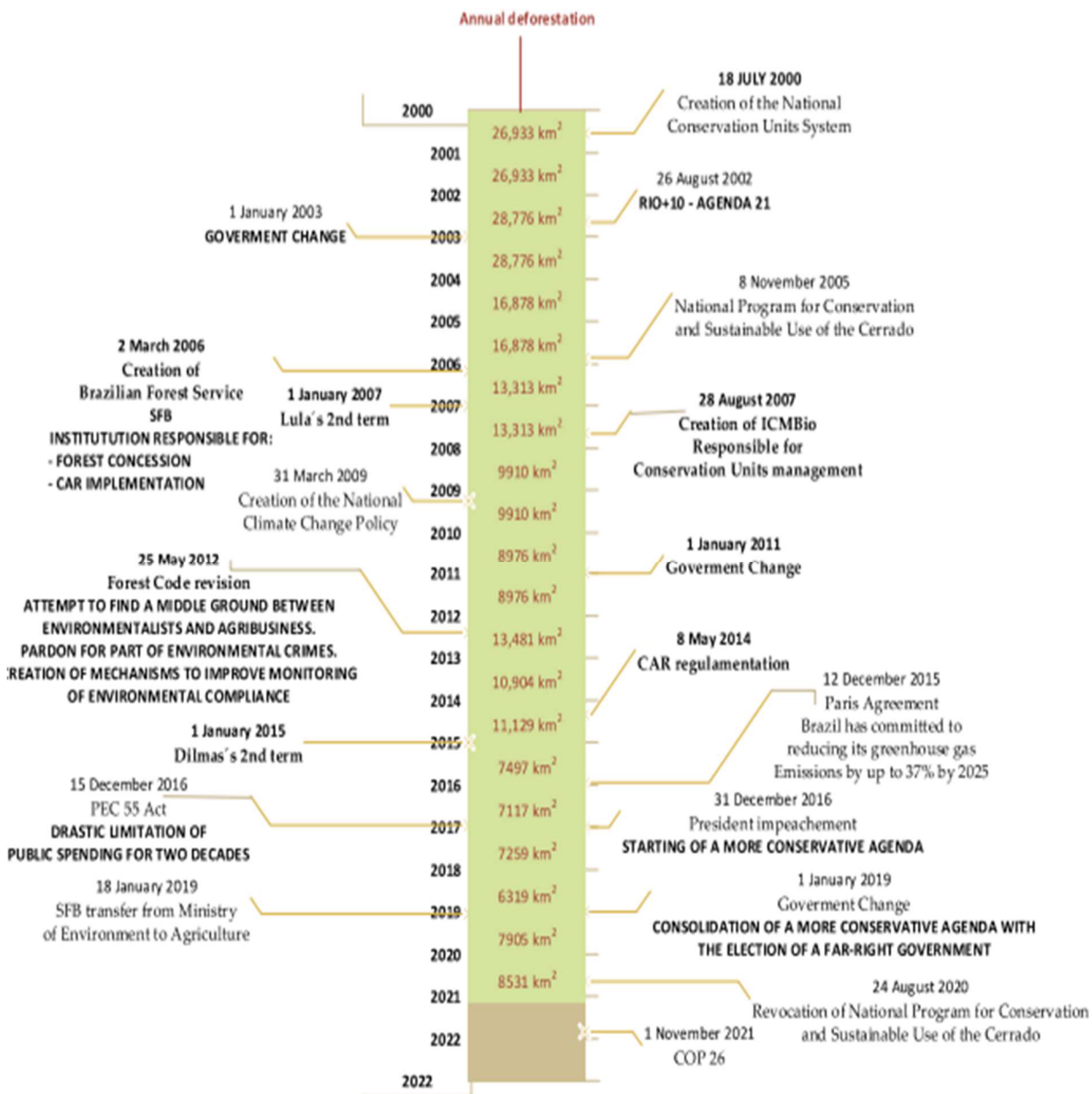
de aquíferos e de corpos d'água, e alteração no regime natural de incêndios e desequilíbrios no ciclo do carbono (Correa, 2011).

Embora muita atenção tenha sido dada à Amazônia brasileira, a vegetação nativa suprimida no Cerrado é maior, onde estudos descobriram que as causas do aumento no desmatamento, está relacionado ao crescimento da pecuária, aumento do número de rodovias e ineficácia das políticas de conservação, como o fato de o Cerrado ter cinco vezes menos áreas protegidas do que a Amazônia (Luiz e Steinke, 2022).

As legislações ambientais são criadas com o objetivo de reduzir os índices de desmatamento ilegal, assim como os programas como o Cadastro Ambiental Rural – CAR. Entretanto, o lobby do agronegócio é muito forte no País, fazendo com que essa conservação seja muitas vezes direcionada a alguns pontos específicos e, em alguns casos, há também o descumprimento das leis, o que causa danos ao meio ambiente, principalmente em regiões de fronteira do Cerrado como a MATOPIBA, formada pelos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia.

Na Figura 3 é possível observar o percurso entre as legislações ambientais brasileiras entre os anos 2000 até 2022 e os índices de desmatamento no Cerrado. Em média as áreas desmatadas sofreram uma redução ao longo dos anos, no entanto, houve um aumento a partir de 2012, voltando a ter uma redução, e em seguida com novo aumento a partir de 2020.

Figura 3 – Relação entre a trajetória da legislação ambiental e o desmatamento no Cerrado.



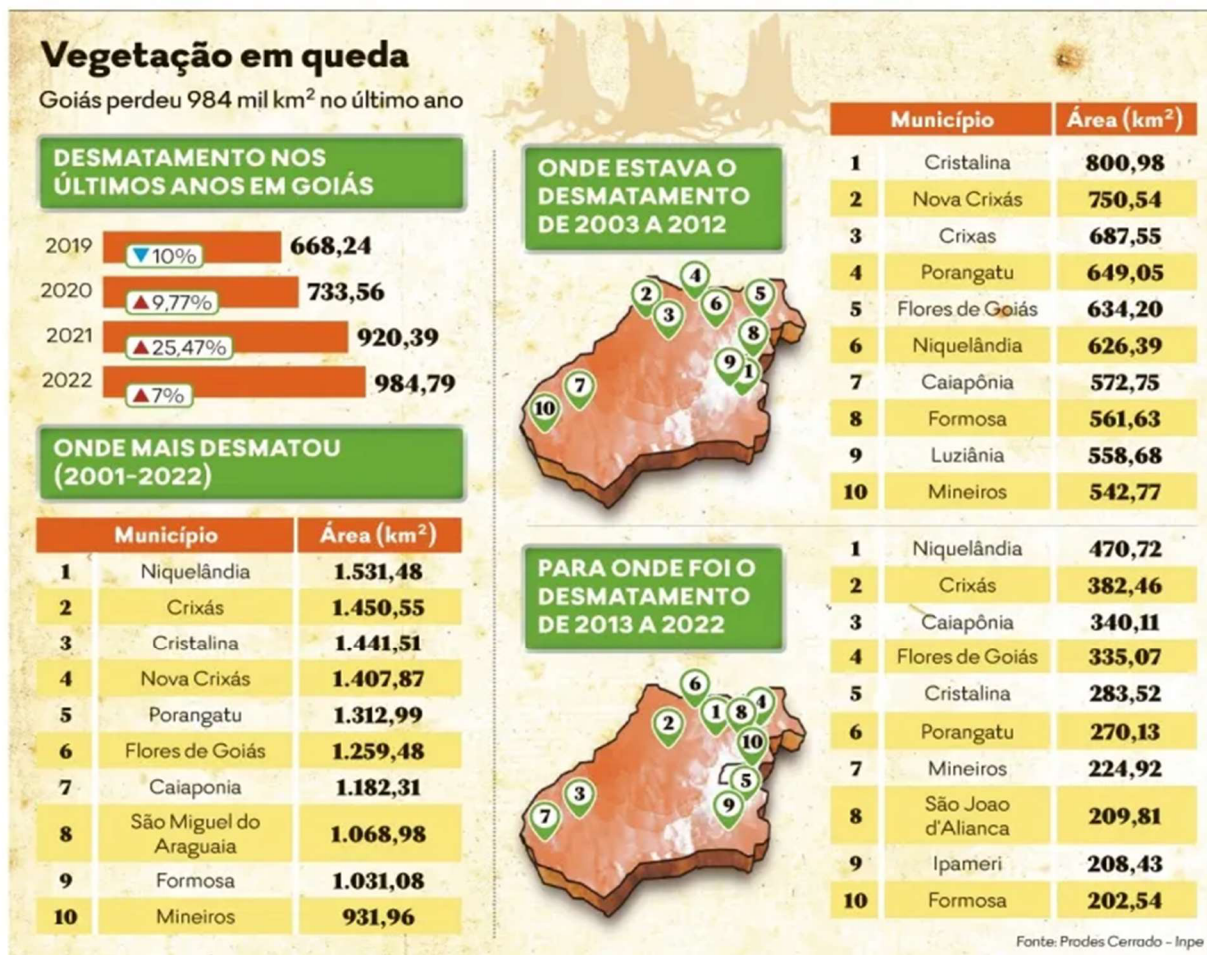
Fonte: Luiz e Steinke (2022)

Essa trajetória de desmatamento ou supressão vegetal³ no Cerrado pode ser identificada em Goiás, conforme Figura 4, considerando que um estudo indicou que este cresceu 47% em 4 anos no comparativo dos dados de 2019 a 2022. A área perdida que ficou em 668,24 km² no primeiro ano verificado passou para 984,79 km² no último ano (Souza, 2023). Ainda conforme o autor desde 2015 o País não chegava a este patamar, evidenciando-se ainda que o perfil da

³ O desmatamento trata-se majoritariamente de retirada de matas, com rendimento lenhoso, já a supressão vegetal pode ser utilizada de forma mais abrangente em outras fitofisionomias, que não a florestal, como, por exemplo, os campos limpos existentes no Cerrado.

derrubada mudou e está mais fragmentado, onde as análises dos pesquisadores, de maneira subjetiva, apontam como motivo principal para o incremento verificado o afrouxamento na fiscalização e na fragilização das políticas ambientais promovidas desde 2019.

Figura 4 – Índice de supressão no Estado de Goiás entre 2019 e 2022.



Fonte: INPE (2022), Souza (2023).

Em fevereiro de 2023 o desmatamento no Cerrado, ocorrido nos Estados da Bahia, Goiás e Minas Gerais, atingiu recordes históricos, segundo o Sistema de Alerta de Desmatamento do Cerrado – SAD Cerrado (Guaraldo, 2023). O autor informa que na Bahia, o bioma teve 22.187 hectares desmatados, um aumento de 227% em relação a fevereiro de 2022, quando foram desmatados 6.778 hectares, Minas Gerais desmatou 10.007 hectares, um aumento de 82,5%, ou 4.517 ha, em relação a 2022 e Goiás, por sua vez, foi responsável pela destruição de 10.849 hectares de vegetação nativa, um aumento de 69% em relação ao ano passado, quando foram desmatados 6.421 hectares.

Reverter a alarmante perda do Cerrado requer ampliar as proteções legais internacionais e domésticas, restabelecer a fiscalização eficaz da lei, promover políticas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), restaurar terras degradadas e estimular o gerenciamento sustentável das terras que já foram desmatadas (Chaves *et al.*, 2023). Portanto, conforme os autores, este momento exige uma discussão diplomática baseada na natureza, voltada para reverter o descaso com o Cerrado, a fim de evitar crises ambientais e socioeconômicas com repercussões internacionais.

4. CONCLUSÃO

O Cerrado é considerado um dos 34 hotspots mundiais, devido à sua biodiversidade, principalmente ao grande número de espécies endêmicas, assim como seu alto grau de ameaça, o que a princípio, parece uma contradição. Tal fato deveria ser motivo de fortalecer a sua conservação e não destruição.

A expansão do agronegócio no Cerrado, em especial na produção de soja e cana-de-açúcar, assim como da pecuária se deu em detrimento de questões ambientais e sociais importantes, como a ocupação da terra sem princípios de conservação da biodiversidade e favorecimento do latifúndio em detrimento ao agricultor familiar.

Ressalta-se, no entanto, que não podemos ser hipócritas e desconsiderar a importância do agronegócio para o Brasil, o problema não é esse. O que precisa ser valorizado e cobrado junto a quem pratica tal atividade é produzir conservando e respeitando o meio ambiente, pois dele depende a vida, assim como o futuro de todos. Deve se deixar de lado a visão imediatista, de tirar tudo da natureza hoje a agora, pensando também nas pessoas que virão posteriormente e que também vão precisar de ar puro para respirar, água limpa para beber, assim como uma alimentação saudável, sem o uso indiscriminado de agrotóxicos.

A proteção das áreas de preservação permanente hídricas ou ripárias devem ser prioridade nas propriedades rurais, pois estas fornecem inúmeros benefícios ao produtor rural funcionando como um filtro entre os ecossistemas terrestre e aquático, além de reduzir o carreamento do solo que causa erosão. Nesses locais há presenças de insetos que podem ajudar a fazer o controle biológico, combatendo pragas existentes na agricultura, bem como polinizadores que podem colaborar no aumento da produção. Porém, essa informação deve ser fornecida aos tomadores de decisão de forma apropriada e transparente, também para a sociedade em geral para que possam identificar claramente as diferenças de resultados dentre

as escolhas.

Outro fator que está interligado é a relação que existe entre as áreas ripárias e a geração de serviços ecossistêmicos, como a regulação do clima, de enchentes e controle de distúrbios, destacando que estes são escassos, não ilimitados e possuem inúmeras fragilidades, considerando seu uso extremamente sem controle.

É preciso reforçar e mostrar à população que se as externalidades negativas causadas pela degradação do Cerrado, das áreas ripárias e dos serviços ecossistêmicos, não forem devidamente compensadas ou reduzidas com a urgência necessária, os custos sociais, isto é, aqueles que todos assumem, serão maiores que os benefícios socioeconômicos da atividade desenvolvida na região, devido à grande perda da sua biodiversidade.

Enfim deve-se obedecer ao princípio da sustentabilidade, garantindo desenvolvimento econômico, conservação ambiental e equidade social, caso contrário a sociedade seguirá um rumo sem volta, sem mecanismos que garantam a sua própria sobrevivência. Em suma, é preciso conciliar as atividades do agronegócio com políticas efetivas de conservação.

5. REFERÊNCIAS

ANDRADE, Daniel Caixeta; ROMEIRO, Ademar Ribeiro. **Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e bem-estar humano**. Texto para discussão. IE/Unicamp, n. 155, 2009, 45 p.

AQUINO, Fabiana de Góis; ALBUQUERQUE, Lidiamar Barbosa de.; ALONSO, Araci Molnar; LIMA, Jorge Enoch Furquim Werneck. **Panorama sobre os serviços ecossistêmicos prestados em zonas ripárias do Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2020, 34 p.

ASLAKSEN, Iulie; NYBO, Signe.; FRAMSTAD, Erik; GARNÄSJORDET, Por Arild; e SKARPAAS, Olav. Biodiversity and ecosystem services: The Nature Index for Norway. **Ecosystem services**, v. 12, 2015, p. 108-116.

BARRETO, Larissa. **Cerrado Norte do Brasil**. Pelotas: Editora USEB, 2007. 378 p.

BATALHA, Marco Antônio. O Cerrado não é um bioma. **Biota Neotrop**, v. 11, n. 1, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bn/a/qkJL5MqgNQMjFqcb873df7D/>. Acesso em: 10 jun. 2022.

BRASIL. **Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021**. **Diário Oficial da União**: seção 1. Brasília, 2021. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14119.htm. Acesso em: 24 fev. 2023.

BRASIL. **O Bioma Cerrado**. Ministério do Meio Ambiente – MMA. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomas/cerrado>. Acesso em: 21 jan.

2023.

CHAVES, Michel Eustáquio Dantas; MATAVELI, Guilherme; ZU ERMGASSEN, Erasmus.; ARAGÃO, Rafaela Barbosa de Andrade; ADAMI, Marcos; e SANCHES, Ieda Del'Arco. Reverse the Cerrado's neglect. **Nature Sustainability**, 2023, July, 2 p. <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01182-w>.

CICES – Common International Classification of Ecosystem Services. **Supporting services and Functions**. 2023. Disponível em: <https://cices.eu/supporting-functions/>. Acesso em: 25 jan. 2023.

CONSTANZA, Robert; D'ARGE, Ralph; DE GROOT, Rudolf; FARBER, Stephen; GRASSO, Monica; HANNON, Bruce; LIMBURG, Karin; NAEEM, Shahid; O'NEILL, Robert V.; PARUELO, Jose; RASKIN, Robert G.; SUTTON, Paul; e VAN DEN BELT, Marjan. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. **Nature**, v. 387, 1997, p. 253-260.

CONSTANZA, Robert; DE GROOT, Rudolf; SUTTON, Paul; VAN DER PLOEG, Sander; ANDERSON, Sharolyn J.; KUBISZEWSKI, Ida; FARBER, Stephen; e TURNER, Robert Kerry Changes in the global value of ecosystem services. **Global Environmental Change**, v. 26, 2014, p. 152–158.

CONTAS DE ECOSSISTEMAS. **O uso da terra nos biomas brasileiros: 2000- 2018**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Coordenação de Contas Nacionais. Rio de Janeiro: IBGE, 2020, 6 p.

CONTAS DE ECOSSISTEMAS. **Valoração do serviço do ecossistema de provisão de água azul: 2013-2017**. IBGE, Coordenação de Contas Nacionais, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro, 2021, 34 p.

CORREA, Leandro Antonelli. **Bioma Cerrado: um estudo de valoração e conservação da biodiversidade e dos recursos naturais**. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Engenharia Ambiental. Universidade do Estado de São Paulo, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2011, 78 p.

DASGUPTA, Partha. **The economics of biodiversity: Dasgupta review**. London: HM Treasury, 2021. 610 p. Disponível em: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/962785/The_Economics_of_Biodiversity_The_Dasgupta_Review_Full_Report.pdf. Acesso em: 12 ago. 2022.

DE GROOT, Rudolf; WILSON, Matthew A.; e BOUMANS, Roelof M. J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics**, v. 41, 2002, p. 393-408.

DUTRA E SILVA, Sandro. Challenging the Environmental History of the Cerrado: Science, Biodiversity and Politics on the Brazilian Agricultural Frontier. *História Ambiental Latinoamericana y Caribeña (HALAC) Revista de La Solcha* 10, nº. 1 (May 5, 2020): 82– 116.

DUTRA E SILVA, Sandro.; BARBOSA, Altair Sales. **Paisagens e fronteiras do Cerrado: ciência, biodiversidade e expansão agrícola nos chapadões centrais do Brasil**. Estudos

Ibero-Americanos, 46(1), e 34028 (2020).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cerrado**. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/contando-ciencia/bioma-cerrado>. Acesso em: 31 mar. 2023.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mata ciliar e mata de galeria**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cerrados/colecao-entomologica/bioma-cerrado/mata-ciliar>. Acesso em: 16 set. 2023.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mata seca**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cerrados/colecao-entomologica/bioma-cerrado/mata-seca>. Acesso em: 16 set. 2023.

FARIA, Adriano Silva de.; ARAÚJO, Fernando Moreira de.; FERREIRA, Laerte Guimarães; e NOGUEIRA, Sérgio Henrique de Moura. Monitoramento do desmatamento no bioma Cerrado: Novas perspectivas de detecção. *In: ANAIS DO XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*. INPE, Santos/SP, 2017, 7 p.

FELFILI, Jeanine Maria; SOUSA-SILVA, José Carlos; SCARIOT, Aldicir. Diversidade, ecologia e conservação do Cerrado: avanços no conhecimento. *In: SCARIOT, Aldicir; SOUSA-SILVA, José Carlos; FELFILI, Jeanine Maria (Orgs). Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005, p. 25-44.

GUARALDO, Lucas. Bahia, Goiás e Minas Gerais batem recorde de desmatamento do Cerrado. 2023. Disponível em: <https://ipam.org.br/bahia-goias-e-minas-gerais-batem-records-de-desmatamento-do-cerrado/>. Acesso em: 02 de abr. 2023.

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Biodiversidade. Cerrado. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/cerrado>. Acesso em: 21 jan. 2023.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Projeto Monitoramento do Cerrado (Prodes)**. 2022. Disponível em: <http://cerrado.obt.inpe.br/>. Acesso em: 10 jan. 2023.

LAHSEN, Myanna; BUSTAMANTE, Mercedes Maria da Cunha; DALLA-NORA, Elói Lennon. Undervaluing and Overexploiting the Brazilian Cerrado at Our Peril. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, v. 58, 2016, p. 4-15.

LATRUBESSE, Edgardo Manuel; ARIMA, Eugenio; FERREIRA, Manuel Eduardo; NOGUEIRA, Sérgio Henrique; WITTMANN, Florian; DIAS, Murilo Sversut; DAGOSTA, Fernando César Paiva; e BAYER, Maximiliano. Fostering water resource Governance and conservation in the Brazilian Cerrado biome. *Conservation Science and Practice*. 2019, 8 p. Disponível em: <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/csp2.77>. Acesso em: 05 fev. 2023.

LIMA, Jorge Enoch Furquim Werneck; SILVA, Euzébio Medrado da. Estimativa da contribuição hídrica superficial do Cerrado para as grandes regiões hidrográficas brasileiras. *In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, São Paulo, 2007, 13 p. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=3&ID=19&SUMARIO=4580&ST>

[=estimativa da contribuicao hidrica superficial do cerrado para as grandes regioes hidrograficas brasileiras](#). Acesso em: 12 set. 2022.

LUIZ, Carlos Henrique Pires; STEINKE, Valdir Adilson. Recent Environmental Legislation in Brazil and the Impact on Cerrado Deforestation Rates. **Sustainability**, v. 14, 2022, 15 p.

LUZ, Lafayette Dantas da. Aspectos hidrológicos e serviços ambientais hídricos. In: PARRON, Lucília Maria; GARCIA, Junior Ruiz.; OLIVEIRA, Edilson Batista de; BROWN, George Gardner; e PRADO, Rachel Bardy (eds). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília: Embrapa, 2015, p. 171-182.

MACHADO, Ângelo Barbosa Monteiro; DRUMMOND, Gláucia Moreira; PAGLIA, Adriano Pereira (Orgs). **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. 1ª ed. Brasília: MMA. Belo Horizonte/MG: Fundação Biodiversitas, 2008, 1420 p.

MAGLIANO, Mauro Mendonça. **Valoração Econômica de Danos Ambientais**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília. Brasília, 2019, 183 p.

MAPBIOMAS. **Infográfico Cerrado**. 2023. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 22 jan. 2023.

MARENZI, Rosemeri Carvalho.; LONGARETE, Camila. As áreas protegidas no Brasil e os serviços ecossistêmicos ante as inundações: finalidade ou casualidade? **Cuadernos de Geografia: Revista Colombiana de Geografia**, v. 27, n.º 2, 2018, p. 313-322.

MATOS, Mariane Rangel de.; DEIVISON, Lamônica; REGO, Henrique; HORA, Henrique Rêgo Monteiro da. Avaliação da sustentabilidade do uso da água em uma Instituição Científica, Tecnológica e de Inovação. *In: XV SEGeT - SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA*, Resende, 2020, 13 p.

MEA – Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis**. Washington: Island Press, 2005. 156 p.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Guia de campo: Vegetação do Cerrado, 500 espécies**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011, 534 p.

MONTEIRO, Patrícia Cardoso. **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 (Mestrado em Perícias Criminais Ambientais). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021, 105 p.

MUNK, Nicole. **Inclusão dos serviços ecossistêmicos na avaliação ambiental estratégica**. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro. UFRJ/COPPE: Rio de Janeiro, 2015, 164 p.

OLIVEIRA, Carloeme A. de.; KLIEMANN, Huberto J.; CORRECHEL, Vladia; SANTOS, Felipe C. V. dos. Avaliação da retenção de sedimentos pela vegetação ripária pela caracterização morfológica e físico-química do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e**

Ambiental. Campina Grande/PB, v.14, n. 12, 2010, p. 1281-1287.

PARRON, Lucilia Maria; GARCIA, Junior Ruiz. Serviços Ambientais: conceitos, classificação, indicadores e aspectos correlatos. In PARRON, Lucilia Maria; GARCIA, Junior Ruiz.; OLIVEIRA, Edilson Batista de; BROWN, George Gardner; e PRADO, Rachel Bardy (eds). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Embrapa: Brasília/DF, 2015, p. 29-35.

PEDRINI, Isabela Dabrowski. **Valoração econômica de danos ambientais: uma proposta de diretrizes para o Ministério Público de Santa Catarina – MPSC**. Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade Estadual de Santa Catarina, Centro de Ciências da Administração e Socioeconômicas, Florianópolis, 2018, 164 p.

PENSAMENTO VERDE. **Plantas e espécies endêmicas do Cerrado**. 2013. Disponível em: <https://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/plantas-e-especies-endemicas-do-cerrado/>. Acesso em: 31 mar. 2023.

PEREIRA, Ludivine Eloy Costa; GUIMARÃES, Letícia Gontijo Souza; UNTERSTELL, Natalie. **Pagamentos por serviços ambientais: mecanismos de parceria entre governo e sociedade**. Projeto Apoio aos Diálogos Setoriais EU-Brasil. Brasília: MMA, 2013. 65 p.

RESENDE, Fernando de Moura. **Planejamento para conservação de serviços ecossistêmicos no Cerrado**. Tese (Doutorado em Ecologia e Evolução). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018, 119 p.

RIBAS, Luiz Cesar. **Metodologia para avaliação de danos ambientais: o caso florestal**. Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996, 244 p.

RIBEIRO, José Felipe; WALTER, Bruno Machado Teles. Fitofisionomias do bioma Cerrado. *In*: SANO, Suely Matiko; ALMEIDA, Semíramis Pedrosa de. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1998, p. 89-166.

ROCHA, Cassinao de Brito; MAJO, Claudio de.; DUTRA E SILVA, Sandro. Geo-historical Analysis of Expanding Soybean Frontiers in the Brazilian Cerrado. **HALAC – História Ambiental, Latinoamericana y Caribeña**, v. 12, n. 2, 2022, p. 217-252.

RODRÍGUEZ, Jon Paul; BEARD JÚNIOR, T. Douglas; BENNETT, Elena M.; CUMMING, Graeme S.; CORK, Steven J.; AGARD, John; DOBSON, Andrew P.; PETERSON, Gary D. Trade-offs across space, time, and ecosystem services. **Ecology and Society**, online, v. 11, n. 1, 2006. Disponível em: <https://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art28/>. Acesso em: 24 jan. 2023.

SANO, Edson Eyi; ROSA, Roberto; SCARAMUZZA, Carlos Alberto de Mattos; ADAMI, Marcos; BOLFE, Edson Luis; COUTINHO, Alexandre Camargo; ESQUERDO, Júlio César Dalla Mora; MAURANO, Luís Eduardo Pinheiro; NARVAES, Igor da Silva; OLIVEIRA FILHO, Francisco José Barbosa de; SILVA, Elaine Barbosa da; VICTORIA, Daniel de Castro; FERREIRA, Laerte Guimarães; BRITO, Jorge Luís Silva; BAYMA, Adriana Panhol; OLIVEIRA, Gustavo Henrique de; e BAYMA-SILVA, Gustavo. **Land use dynamics in the Brazilian Cerrado in the period from 2002 to 2013**. Pesquisa Agropecuária Brasileira – PAB. Brasília, v. 54, e00138, 2019, 5 p. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.00138>

SANTOS Neusa Alice dos; HOFFMANN, Jucilene; ROOSEVELT, Antonio; CHAVES, Flávio Teodoro; FONSECA, Carlos Eduardo Lazarini da. Análise socioeconômica da interação entre a sociedade e a Mata de Galeria: implicações para a formulação de políticas públicas. *In*: RIBEIRO, José Felipe; FONSECA, Carlos Eduardo Lazarini da; SOUSA-SILVA, José Carlos (eds). **Cerrado caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, MAPA e MMA, 2001, p. 691-731.

SAY, Jean-Baptiste. **Cours complet d'économie politique pratique**. Chez Rapylli, Paris, 1829, 692 p. Disponível em: <https://archive.org/details/courscompletdc01sayj>. Acesso em: 02 dez. 2022.

SOUZA, Deivid. Desmatamento em Goiás cresce 47% em 4 anos e muda perfil da derrubada. **O Popular**. 2023. Disponível em: <https://opopular.com.br/cidades/desmatamento-em-goias-cresce-47-em-4-anos-e-muda-perfil-da-derrubada-1.2597652>. Acesso em: 18 jan. 2023.

TEEB – The Economics of Ecosystems and Biodiversity. **A Quick Guide: The Economics of Ecosystems and Biodiversity for local and regional policy**. 2010. Disponível em: <https://teebweb.org/>. Acesso em: 15 jun. 2022.

TERRADO, Marta; ACUÑA, Vicenç Salazar; ENNAANAY, Driss.; TALLIS, Heather; SABATER, Sergi. Impact of climate extremes on hydrological ecosystem services in a heavily humanized Mediterranean basin. **Ecological Indicators**, v. 37, 2014, p. 199-209.

UNEP – Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas. **Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication**. 2011, 672 p.

YOUNG, Carlos Eduardo Frickmann.; FAUSTO, José Ricardo Brun. Valoração de recursos naturais como instrumento de análise na expansão da fronteira agrícola na Amazônia. Texto para discussão. Rio de Janeiro: IPEA, 1997, 32 p

ARTIGO 3

VALORAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS EM DUAS ÁREAS RIPÁRIAS DO RIO ARAGUAIA: UM ESTUDO DE CASO UTILIZANDO O MÉTODO CUSTO REPOSIÇÃO – MCR

Resumo: A bacia do Rio Araguaia abrange 4,53% de área no território brasileiro, inserida em cinco Estados, sendo Goiás, Mato Grosso, Tocantins, Pará e Maranhão. A importância da valoração ambiental está no fato de que a capacidade de suporte do planeta não é ilimitada, assim ao valorar um dano integra-se os bens ambientais ao processo de tomada de decisão em políticas públicas. Esta pesquisa tem por objetivo valorar duas áreas ripárias onde houve dano ambiental por construções e atividades agropecuárias, aplicando o Método Custo Reposição – MCR. Fez-se a utilização do referido método, com a finalidade de procurar identificar quais seriam os custos para recuperar uma área ripária degradada às margens do Rio Araguaia. Foram levantadas informações sobre as variáveis que influenciam no valor final da recuperação das áreas, assim como os custos com a demolição das edificações e retirada do entulho gerado. Verificou-se que utilizando o MCR obteve-se um valor de R\$ 58.785,60 para a área 1 e R\$ 243.755,76 para a área 2.

Palavras-chave: Cerrado, custos ambientais, ações públicas.

Abstract: The Araguaia River Basin covers 4.53% of the Brazilian territory, spanning across five states: Goiás, Mato Grosso, Tocantins, Pará, and Maranhão. The significance of environmental valuation lies in the fact that the Earth's carrying capacity is not unlimited. Therefore, valuing environmental damage integrates environmental assets into the decision-making process of public policies. This research aims to assess two riparian areas that have suffered environmental damage due to construction and agricultural activities, using the Replacement Cost Method (RCM). The RCM was employed to identify the cost of restoring a degraded riparian area along the Araguaia River. Information on variables influencing the final cost of area restoration was collected, including expenses related to demolition and debris removal. Using the RCM, it was determined that the cost was R\$ 58,785.60 for Area 1 and R\$ 243,755.76 for Area 2

Keywords: Cerrado, environmental costs, public actions

1. INTRODUÇÃO

Na tragédia dos comuns (*The Tragedy of the Commons*) é demonstrado que há uma tendência do ser humano em utilizar os bens comuns, de forma a atender interesses individualizados e não de visar à tutela do bem de interesse público é esse uso exagerado e egoísta que culmina na escassez desses bens (Hardin, 1968).

O desenvolvimento e o meio ambiente estão indissolavelmente vinculados e devem ser tratados segundo três critérios fundamentais que devem ser obedecidos simultaneamente: equidade social, prudência ecológica e eficiência econômica este conceito normativo básico emergiu da Conferência de Estocolmo em 1972, designado à época como “abordagem do ecodesenvolvimento” e posteriormente renomeado “desenvolvimento sustentável” (Sachs, 1993).

O surgimento do corpo teórico voltado para as questões ambientais, que passa a discutir a relação entre sistema econômico e meio ambiente a partir do final dos anos 1960, foi nutrido por diferentes contribuições da história e do pensamento econômico (Pinheiro, Franca e Alves, 2023). Segundo os autores até meados dos anos 1960, a teoria econômica (não necessariamente apenas a economia neoclássica) não incluía, em seu arcabouço teórico, a variável ambiental, onde sistemas econômicos funcionariam como se existissem fontes inesgotáveis de recursos para alimentar o processo econômico e, ademais, consideravam que nos processos produtivos todos os insumos materiais eram inteiramente convertidos em produtos, ou seja, não ficando nenhum resíduo indesejado.

A economia ambiental neoclássica é uma corrente teórica que se desenvolveu com o objetivo de tratar das relações entre a economia e os recursos naturais, com o objetivo de dar uma resposta às questões ambientais relacionadas às pressões exercidas pela ampliação do consumo, que exigem cada vez mais fatores de produção e devolvem resíduos oriundos dos processos produtivos (Oliveira, 2019).

A economia ecológica procura uma abordagem contra as catástrofes ambientais iminentes pregando a conservação dos recursos naturais mediante uma ótica que adequadamente considere as necessidades potenciais das gerações futuras (May, 1995). O autor explica que essa abordagem pressupõe que os limites ao crescimento fundamentados na escassez dos recursos naturais e sua capacidade de suporte são reais e não necessariamente superáveis por meio do progresso tecnológico.

A inexistência de preços específicos e aplicáveis para os serviços ambientais leva-nos a

um gravíssimo problema: o uso excessivo e desordenado dos recursos naturais desta forma a valoração econômica dos impactos ambientais causados por qualquer atividade econômica é um importante critério no processo de tomada de decisões, na formulação de políticas públicas ambientais e de desenvolvimento sustentável (Maldonado, 2006). É importante, de acordo com o autor, também como fator de conscientização, pois torna os impactos ambientais e suas consequências negativas mais visíveis para sociedade.

Existem inúmeras justificativas para se valorar o meio ambiente e as razões expressas por pesquisadores consagrados que se preocupam com a valoração monetária dos recursos ambientais e naturais são: a) Instrumento complementar às decisões judiciais sobre avaliação de danos dos recursos naturais; b) Interesse público para que a sociedade possa adicionar considerações para os balanços de custos e benefícios que ajudam a moldar a formulação de políticas governamentais; e c) Interesses acadêmicos advindos das instituições de ensino e pesquisa (Castro, 2015).

Uma série de fatores, dentre eles culturais, normativos, fiscalizadores e pela ausência de preços para os recursos ambientais (e os serviços por eles prestados) contribuem para o uso excessivo dos recursos (Nogueira, Medeiros e Arruda, 2000). Esses fatores conforme os autores, podem conduzir a uma criação instantânea de mercados ambientais, porém tardiamente, uma vez que estes podem estar degradados a níveis irreversíveis, ou mesmo a situações de mercados nunca serem criadas, levando à extinção completa do recurso, e considerando-se a possibilidade de inexistência de substitutos, providências precisam ser tomadas antes que essa possibilidade se materialize.

O fundamento da valoração ambiental está preconizado na relação inevitável que existe entre a responsabilidade civil e o dano, sendo que a responsabilidade civil em matéria ambiental é objetiva, ou seja, o poluidor, ainda que indireto, é obrigado a indenizar e reparar o dano causado ao meio ambiente independentemente da existência de culpa (Ministério Público do Estado da Bahia, 2021).

Valorar um recurso ambiental consiste, portanto, em determinar quanto melhor ou pior estará o bem-estar das pessoas decorrente de mudanças na quantidade de bens e serviços ambientais, onde o que se está medindo, na verdade, é uma mudança de bem-estar (Moraes, Sampaio e Seidl, 2015). Em consonância com os autores a quantificação na variação de bem-estar está ligada ao conceito de excedente do consumidor, que mede o quanto maior seria o bem-estar das pessoas em conjunto, assim como o que está sendo medido são variações de bem-estar, não é necessário que os serviços do ecossistema sejam comprados e vendidos em

mercados a fim de medir seus valores econômicos, o que é necessário é uma medida da disposição das pessoas a pagar para ter o serviço.

Reconhecendo que a biodiversidade, os recursos naturais e serviços ambientais têm funções econômicas e valores econômicos positivos, e que tratando-os como preço zero é um risco muito grande de exauri-los, ou manejá-los insustentavelmente, tem-se a importância de valorar corretamente o ambiente natural e integrar esses valores corretos às políticas econômicas, assegurando, assim, uma melhor alocação de recursos (Mattos, Mattos e Mattos, 2005).

Os métodos baseados em função de produção, em especial o Método do Custo de Reposição, se aplicados para mensuração do dano ambiental, são bastante úteis para medir as alterações na disponibilidade dos recursos ambientais, decorrentes dos danos associados a uma intervenção não autorizada no meio ambiente (Magliano, 2013).

Sabe-se que a água é o mais crítico e essencial elemento para a sobrevivência dos seres vivos, isto é, todos precisam dela para atividades diárias, sendo uma das principais, a dessedentação. Além desta função faz parte de inúmeras outras atividades como por exemplo uso na irrigação, na indústria e consumo em geral, desta forma precisamos garantir uma água segura e com qualidade. Por estes motivos é fundamental proteger e conservar as áreas ripárias, pois estas garantem um abastecimento de água mais seguro.

Um estudo mostra que o Brasil está perdendo superfície de água desde o início dos anos 90. Em 1991 tinha-se uma superfície de água total de 19.719.050 ha, já em 2020 houve um decréscimo para 16.631.572 ha, ou seja, em 30 anos foram perdidos 3,1 milhões de ha de superfície de água, uma diminuição de 15,7%, com redução em todos os biomas isso representa quase o dobro da superfície de água no Nordeste brasileiro (Mapbiomas, 2021).

A credibilidade da ciência, que fundamenta seu uso efetivo nas decisões políticas, depende tanto de sua correspondência com a realidade observada (a precisão e exatidão dos resultados) quanto do grau de participação e adesão das comunidades de partes interessadas afetadas (Kubiszewski *et al.*, 2022). Segundo os autores superar as barreiras exigirá ir além das restrições da academia, estabelecendo relacionamentos com os tomadores de decisão e o público como colaboradores críticos.

Desta forma, é muito importante que estudos e pesquisas realizados pela comunidade acadêmica sejam divulgados à sociedade de forma clara e acessível, para que as pessoas possam compreender a relevância do Cerrado, contribuindo para a sua conservação. A mídia em geral muitas vezes dá ênfase especificamente ao potencial econômico do Cerrado, como uma grande

área de produção agrícola, e acaba ignorando a importância do seu capital natural, como a biodiversidade, os serviços ecossistêmicos, a preservação dos recursos hídricos, entre outros aspectos. Por isso, é fundamental disseminar os resultados das pesquisas e informações sobre a conservação do Cerrado e seus recursos naturais de forma a promover uma conscientização maior sobre a sua importância. É primordial que essas informações sejam apresentadas de forma a incentivar a adoção de práticas sustentáveis e contribuir para a conservação deste Bioma e de outros ecossistemas naturais.

Esta pesquisa tem por objetivo valorar danos ambientais em duas áreas ripárias do rio Araguaia, utilizando o Método Custo Reposição – MCR.

2. EXPLORANDO A IMPORTÂNCIA DO RIO ARAGUAIA

Há consenso entre os historiadores em afirmar que o Rio Araguaia configurou importante elemento de integração entre o colonizador e os sertões do Brasil Central, sendo que atualmente no Brasil, o nome Araguaia, que significa arara de cauda longa na língua indígena, é referência em comércios, livros, filmes, avenidas e cidades (Santos, 2008).

O Rio Araguaia é o décimo terceiro de maior extensão do Brasil, totalizando 2.114 km de talvegue, e, junto com o rio Tocantins, faz parte de uma das principais bacias hidrográficas do país, a bacia Tocantins-Araguaia, e sabe-se que a conservação e manejo sustentável dessa bacia, e de outras, faz-se necessária por sua hidrografia abundante (Cardoso, Marcuzzo e Pinto Filho, 2011)

Nas Figuras 1 e 2 pode ser observada uma parte do Rio Araguaia, região do município de Aruanã, com seus bancos de areia, que normalmente mudam de lugar ao longo de cada ciclo anual, bem como sua vegetação exuberante.

Figura 1 – Imagem dos bancos de areia existentes no Rio Araguaia.



Figura 2 – Imagem aérea da região do Rio Araguaia com seus meandros.



Fonte: Motta (2012).

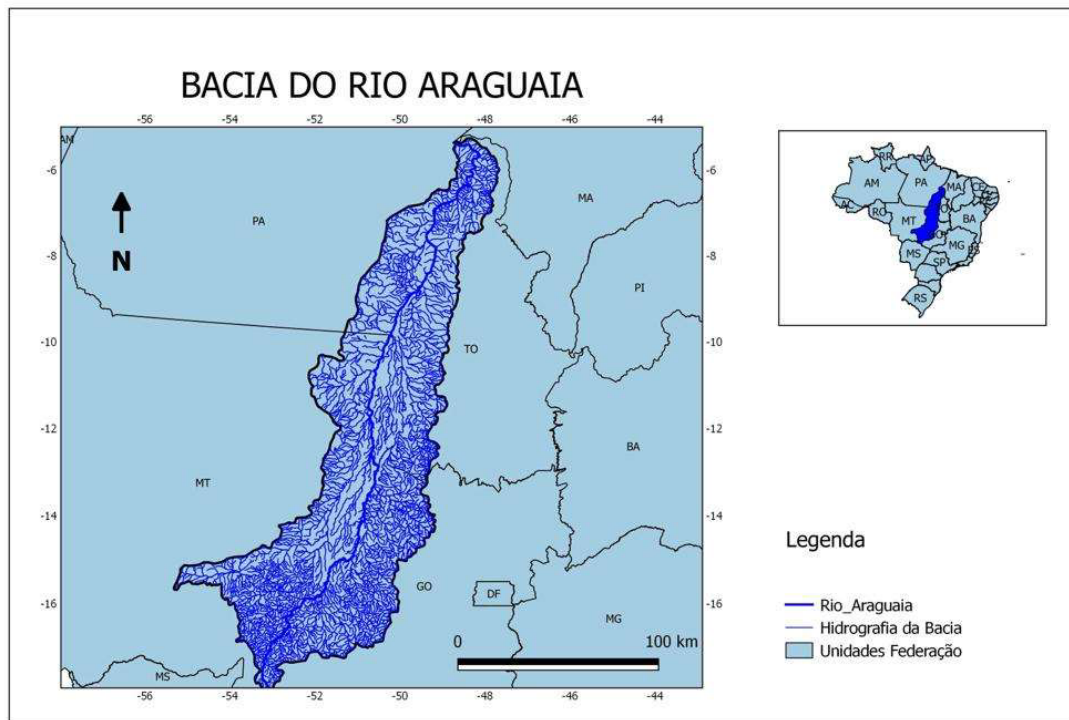
O Rio Araguaia é um importante ecossistema de alta biodiversidade localizado entre o Cerrado, um destacado hotspot, e a Floresta Amazônica o que lhe proporciona uma grande diversidade de habitats e a bacia Tocantins-Araguaia se estende por cinco estados brasileiros: Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Maranhão e Pará (Angelo, 2010). Segundo a autora desde a década de 80 o intenso fluxo turístico transformou o rio em um dos maiores polos de turismo ecológico do estado de Goiás em especial durante o período da estiagem, quando se formam praias às suas margens (no mês de julho) e se inicia o primeiro pico da pesca recreativa, transformando Bandeirantes, Luís Alves e principalmente Aruanã, que são as cidades que recebem um maior fluxo turístico em Goiás.

A bacia hidrográfica do Rio Araguaia corresponde a 4,53% do território brasileiro e é alvo de intenso processo de ocupação e de impactos ambientais que comprometem a sua integridade socioambiental (Assis, Faria e Bayer, 2021). Esta bacia ocupa 24,2% em Goiás, 35,2% no Mato Grosso, 27,3% no Tocantins, 13,2% no Pará e 0,005% no Maranhão, com altitude variando de 17 m a 2.211 m, e o comprimento total de todos os seus cursos d'água é de aproximadamente 70.376,2 km, com área total é de 385.044,13 km² e perímetro de 5.184,15 km (Cardoso, Marcuzzo e Pinto Filho, 2011). De acordo com os autores a bacia do Araguaia possui 297.625,3 km² (77%) de sua área no bioma do Cerrado e 87.418,7 km² (23%) no bioma amazônico, o maior território municipal da bacia hidrográfica em estudo pertence ao município de Cocalinho/MT (área de 19.423,4 km² e perímetro de 1119,4 km) e o menor ao município de Carmolândia/TO, com área de 351,3 km² e perímetro de 83,2 km

Na Figura 3 pode se observar a bacia hidrográfica do Rio Araguaia, com sua abundante rede de drenagem, bem como sua localização no território brasileiro. Alguns dos principais

afluentes são o rio das Mortes, o rio Javaés, o rio Caiapó, o rio Crixás-Açú, o rio Claro, o rio das Garças e o rio Vermelho.

Figura 3 – Bacia hidrográfica do Rio Araguaia



Fonte: A Autora (2023).

Os meandros do Rio Araguaia favorecem a diversidade biológica, contribuindo consideravelmente para tornar o Cerrado um dos principais hotspots de biodiversidade (Parrião *et al.*, 2022), com cerca de 10 mil espécies só de vegetais, conectando o bioma Cerrado aos biomas do Pantanal e Amazônico (Borges e Almeida, 2012).

Com a expansão da fronteira agrícola em direção ao Centro Oeste e Centro Norte brasileiro, um intenso e crescente processo de degradação ambiental vem ocorrendo na região, ao mesmo tempo em que a planície de inundação do rio Araguaia sofre um ativo processo de antropização provocado por processos de desmatamento, mineração, erosão, assim como sedimentação do canal e da planície aluvial estimando-se que mais de 50% da área da bacia está degradada pelas ações antrópicas (Latrubesse *et al.*, 2009).

Atualmente não existe nenhuma barragem do canal central do rio Araguaia, portanto, a dinâmica espaço-temporal do pulso de inundação do rio Araguaia continua funcionando de forma natural, condição extremamente rara para um rio com tamanha extensão territorial e

vazão de água (Gomes *et al.*, 2023). Os autores esclarecem que, de tal forma, o rio Araguaia permanece como um “bolsão” de condições relativamente prístinas no Cerrado brasileiro, possibilitando ainda a ocorrência de processos migratórios e reprodutivos de suas comunidades de peixes e de vários outros grupos biológicos, tais como mamíferos terrestres e aquáticos, como os botos.

Entre os serviços ecossistêmicos prestados pelas bacias hidrográficas, especial atenção deve ser dada aos serviços hidrológicos, constituídos pelos serviços de purificação e filtragem da água, regulação dos fluxos estacionais, controle da erosão e dos sedimentos e preservação de habitats naturais, desta forma bacias hidrográficas com alta proporção de áreas florestadas possuem uma maior capacidade de moderação de escoamento superficial, bem como de purificação de recursos hídricos (Ansolin *et al.*, 2018).

A valoração dos recursos naturais e dos impactos ambientais usando como referência a bacia hidrográfica constitui um fator relevante para a gestão eficiente desse espaço, sobretudo no que diz respeito à sustentabilidade, à qualidade ambiental e ao balanço econômico das atividades agrícolas (Marques e Pereira, 2015).

Após analisar 27 regiões americanas fornecedoras de água, concluiu-se que os custos de tratamento em bacias com pelo menos 60% de suas áreas cobertas por florestas foram metade dos mesmos custos verificados em bacias com 30% de florestas e um terço do custo identificado em bacias com 10% de áreas florestadas (Hopper e Ernst, 2004).

Há projetos que visam recuperar as áreas ripárias do Rio Araguaia, sendo que entre eles tem-se o Projeto Juntos pelo Araguaia que foi lançado em 5 de junho de 2019, com objetivo de recuperar 2.600 quilômetros de extensão do Araguaia, nos estados de Goiás, Mato Grosso, Tocantins e Pará (SEMAD/GO, 2019). De acordo com o órgão na primeira etapa irá mobilizar 16 municípios goianos e 12 mato-grossenses com uma meta de recuperar 10 mil hectares de áreas degradadas às margens do rio, com uma iniciativa de conscientização e preservação da bacia do Rio do Centro-Oeste, surgindo com o propósito de proteger esse patrimônio ambiental, propondo novos modelos de desenvolvimento sustentável.

Cumprе ressaltar que em 2021 o programa de recuperação Juntos pelo Araguaia havia avançado 2% em Goiás, com projetos implantados em uma área de 107 hectares, dentro do chamado Lote 1, em Piranhas (Souza, 2021). Entretanto, em Mato Grosso, para o mesmo período, o projeto ainda não havia saído do papel (Dourado, 2021).

3. UM OLHAR SOBRE A VALORAÇÃO AMBIENTAL E SUA APLICABILIDADE

A Economia dos Recursos Naturais está fundamentada na Teoria Econômica Neoclássica, a qual incorpora métodos e técnicas de valoração que buscam integrar as dimensões ambientais, econômicas e sociais, visando atribuir valores econômicos associados a recuperação, preservação e conservação da diversidade biológica (Maldonado, Eduardo e Ribeiro, 2017).

A Economia do Ambiente e a Economia Ecológica oferecem alternativas consistentes ao arbitramento, que têm a vantagem de reduzir a subjetividade das decisões individuais e de permitir a generalização de critérios para casos semelhantes, o que contribui para a função de desestímulo que deve ser concretizada pela tríplice responsabilização ambiental, ou seja, nas esferas civil, administrativa e penal (Steigleder *et al.*, 2021).

A valoração ambiental demonstra ser uma importante área do conhecimento no que se refere ao desenvolvimento de instrumentos com vistas a proporcionar o suporte necessário às ações indenizatórias, de maneira a contribuir para agregar valores mais adequados aos recursos naturais visando coibir as ações danosas ao meio ambiente (Souza e Menezes, 2012).

Conhecer os valores econômicos associados à conservação, à preservação e ao uso moderado da biodiversidade é a forma contemporânea de garantir que a variável ambiental tenha peso efetivo nas tomadas de decisões em políticas públicas, uma vez que as decisões de políticas públicas se baseiam em considerações econômicas (Morais, 2021).

Quando os custos da degradação ecológica não são pagos por aqueles que a geram, estes custos são externalidades para o sistema econômico, ou seja, custos que afetam terceiros sem a devida compensação (Motta, 1997).

Valorar um dano ambiental trata-se não de apenas definir preços, mas de se estimar um valor monetário intertemporal e antropocêntrico (que expressa preferências do ser humano no presente e futuro) ao bem ambiental cuja utilidade produtiva é imediata e gratuita (Custódio e Ramos, 2012). Os autores exemplificam que uma vez que é bem público de comum acesso, é necessário ponderar o valor intrínseco de conservação deste, em honra à clara necessidade de uma economia e sociedade ecologicamente sustentáveis.

É importante valorar monetariamente o meio ambiente, sobretudo para fundamentar ações de reparação de danos, dar proteção a ecossistemas, obter os níveis mínimos de poluição com os quais a sociedade está disposta a conviver, ou, ainda, para estimar quanto os cofres públicos devem desembolsar (Albuquerque, 2009).

Instrumentos econômicos como a valoração econômica ambiental podem auxiliar no dimensionamento da responsabilização na esfera cível, administrativa e penal (Magliano, 2019). Segundo o autor, sob o ponto de vista econômico, a responsabilidade civil refere-se às obrigações financeiras de custear a restituição do meio ambiente ao *status quo ante* e indenizar a sociedade pelos danos irreparáveis; no caso da responsabilidade administrativa, os instrumentos econômicos refletem-se nas condicionantes do licenciamento do empreendimento, que delimitarão o nível de atividade compatível com a sustentabilidade do negócio e do meio ambiente, bem como nas eventuais multas pecuniárias administrativas por descumprimento das licenças; na esfera penal, os impactos econômicos da responsabilização referem-se à aplicação de multas penais, aos efeitos das penas restritivas de direitos (suspensão de atividades) e à prestação compulsória pecuniária ou em serviços à comunidade.

As externalidades negativas do direito econômico ocorrem, de forma exemplificada, quando o produto é colocado no mercado e o valor cobrado por ele não inclui ganhos e perdas sociais resultantes da inserção daquele mercado, ou seja, não se calcula no valor do produto o impacto que o resíduo dele gerará no meio ambiente (Rodrigues, 2010). O autor afirma que há uma privatização dos lucros e uma socialização das perdas, pois o lucro o fornecedor do produto adquire, mas os danos ambientais causados pela sua inserção no mercado são pagos por toda a sociedade, e, assim, nasce o princípio do poluidor-pagador o qual pretende reequilibrar as externalidades ambientais com uma redistribuição equitativa.

Ao valorar um bem ambiental, busca-se a ideia neoclássica de valor, ou seja, o entendimento de que se aquele bem trará consigo alguma utilidade para um indivíduo, indo muito além de uma simples precificação, busca-se mensurar a importância simbólica e efetiva daquele ambiente (Castro e Nogueira, 2019). Conforme os autores, através da percepção do indivíduo sobre aquele patrimônio ambiental é que será possível trazer um valor monetário para aquilo que aparentemente não possui um valor tangível de mercado.

Uma vez que os serviços ambientais não possuem mercados definidos, para internalizar os custos e benefícios gerados por sua manutenção ou degradação é necessário o exercício de valoração (Salvador *et al.*, 2021). De acordo com os autores a valoração é o exercício de estimar o quanto o bem-estar das pessoas será alterado devido às mudanças na quantidade e qualidade dos bens e serviços ambientais, atribuindo, portanto, um valor monetário equivalente aos ganhos ou perdas da sociedade causados pela variação do recurso ambiental.

No Quadro 1 estão expostos métodos de valoração que englobam tanto aspectos econômicos quanto ecológicos com a finalidade de valorar diferentes tipos de danos ambientais.

Ambos os métodos têm como meta, em sua maioria, suprir, reparar, mitigar ou manter os níveis de degradação do meio ambiente.

Quadro 1 – Métodos de valoração econômicos e ecológicos

Métodos econômicos	Métodos ecológicos
Método Custo Reposição	Emergia
Método de Custos Ambientais Totais Esperados	Avaliação da biodiversidade
Método de Valoração Contingente	Análise de pegada ecológica
Método de Preços Hedônicos	Avaliação de serviços ecossistêmicos
Método Dose-Resposta	Avaliação de impacto ambiental
Método de Custos de Viagem	Balanço dos fluxos de matéria e energia

Fonte: Elaborado pela autora com base em Constanza *et al.*, (1997), Castro e Nogueira (2019) e Comar (2017).

3.1 Método Custo Reposição – MCR: uma abordagem para avaliar áreas ripárias degradadas

O Custo Reposição é um dos métodos mais utilizados na valoração de danos ambientais e serve como base de cálculo de danos indiretos, subjetivos e imensuráveis (Corrêa e Souza, 2013). O Custo de Reposição, segundo os autores, limita-se a precificar no mercado de maneira fácil, objetiva e direta o custo de restauração do bem ambiental danificado, assim como o valor necessário para se reparar o dano, onde eventuais serviços ambientais fornecidos por ecossistemas, por exemplo, não são incluídos no valor do Custo de Reposição quando esse ecossistema é destruído.

De acordo com Castro e Nogueira (2019) o Método Custo Reposição – MCR apresenta vantagens e desvantagens que precisam ser analisadas antes da aplicação do referido método, conforme informado no Quadro 2.

Quadro 2 – Algumas vantagens e desvantagens do Método Custo Reposição – MCR

Vantagens	Desvantagens
É de fácil aplicação, pois não envolve pesquisa de campo. Necessita de poucos dados e pertence ao método de valoração com baixo custo financeiro.	Em caso de dano ambiental não busca resgatar o valor de todas as espécies afetadas em decorrência das complexas relações dos recursos naturais.
Apresenta menor complexidade se comparado a outros métodos de valoração.	É um método reducionista quando se refere aos serviços ecossistêmicos, subestimando seus valores
Muito utilizado para restabelecer os valores de	É incapaz de refletir o verdadeiro valor da

uso.	disposição a pagar dos indivíduos por uma melhoria ambiental.
As estimativas do valor econômico baseiam-se no comportamento efetivo dos agentes	Exclui qualquer possibilidade de se estimar o valor de opção e o valor de existência.
A abordagem pode ser útil quando um efeito tem causado no ambiente um gasto significativo para repor um recurso físico	A validade do resultado obtido depende da inclusão dos custos considerados relevantes e dos fatores envolvidos na reposição.

Fonte: Castro e Nogueira (2019).

Os métodos de valoração permitem obter os custos e benefícios diretos e indiretos da mudança qualitativa e quantitativa dos bens e serviços ambientais e seus impactos. Logo, a valoração desses serviços se faz mais usual com o passar dos dias, ocorrendo ainda o desenvolvimento de novos métodos e com isso, novas interpretações para solucionar os problemas (Matos *et al.*, 2010).

A relação das espécies nativas sugeridas para o plantio na região foi obtida a partir de um levantamento no site WebAmbiente, após informações sobre a localização das áreas que deverão ser recuperadas (Webambiente, 2022). A preferência das referidas espécies foi para aquelas que se adaptam a locais úmidos e encharcados, tendo em vista que há inundação sazonal às margens dos cursos hídricos.

No Quadro 3 são apresentadas algumas definições e aplicações do Método Custo Reposição, abrangendo diversas finalidades e contemplando potenciais abordagens em relação às mudanças nos diferentes níveis de degradação.

Quadro 3 – O Método Custo Reposição – MCR, definições e suas aplicações no período de 2000-2021

Autores	Aplicações
Nogueira, Medeiros e Arruda, 2000	Agregam-se os gastos de mercado efetuados na restauração do bem danificado ou os gastos com a substituição deste por outro que ofereça qualidade ambiental equivalente, de modo que tais gastos representam uma medida parcial e aproximada, porém objetiva, do benefício que a sociedade auferirá por tal bem ou serviço ambiental.
ABNT, 2009	Estima os gastos necessários para restaurar a capacidade produtiva e as funções ecossistêmicas de um recurso ambiental degradado, estimando ainda que as perdas de bens e serviços ambientais serão corrigidas com reposição da qualidade ambiental. Como exemplos, tem-se os custos de recuperação da fertilidade em solos degradados até garantir o nível original de produtividade agrícola (custos de reposição); custos de

	construção de piscinas públicas para garantir as atividades de recreação balneária quando as praias estão poluídas (custos de substituição) ou a recuperação de uma mata ou manguezal através de reflorestamento e revegetação.
Gonçalves, 2010	Baseado na reparação de algum dano ao recurso ambiental e o custo de reposição pode ser entendido como uma medida do seu benefício, sendo frequentemente utilizado como uma medida do dano causado, podendo inferir que essa abordagem é correta nas situações em que é possível argumentar que a reparação do dano deve acontecer por causa de alguma restrição da sustentabilidade a longo prazo.
Araújo, 2011	Calcula os custos necessários para a reposição do patrimônio em suas características originais que, por sua vez, serão uma aproximação dos benefícios anteriormente vigentes e proporcionados à sociedade pelo serviço ambiental na área degradada.
Romacheli e Spínola, 2011	É uma técnica que aproxima o valor econômico do recurso natural prejudicado, ou danificado pela ação do homem, baseado nos custos para restabelecer, reabilitar ou substituir o recurso avariado em questão, é operacionalizado por meio da agregação dos gastos efetuados na reparação dos efeitos negativos provocados por algum distúrbio na qualidade ambiental de um recurso utilizado numa função de produção.
Magliano, 2013	É capaz de descrever, em termos econômicos, a relação direta entre a degradação e a reparação, no entanto, embora o benefício seja um estimador do valor do recurso ambiental, a simples reposição apenas retorna, a longo prazo, parte do patrimônio ambiental subtraído pela degradação.
Silva e Correa, 2015	Apresenta a ideia fundamental que envolve um prejuízo: a reparação do dano, assim este método estima por meio de preços de mercado ou preços sombra os gastos necessários para se recomponem formas e funções ecossistêmicas de áreas e recursos danificados, representando o prejuízo econômico mínimo causado pelo dano.
Steigleder <i>et al.</i> , 2021	Baseia nos custos de restauração e/ou reposição de um patrimônio ambiental alterado por um dano, e a partir do conhecimento desses custos a preços de mercado representará uma aproximação dos custos necessários para restabelecer os benefícios que antes existiam ou que poderiam proporcionar no futuro. Os custos necessários para a reposição do patrimônio às suas características originais serão uma aproximação dos benefícios anteriormente vigentes e proporcionados à sociedade e sua operacionalização é o cômputo dos gastos totais

	para reparação de um dano que tenha atingido a qualidade ou a quantidade de um bem ou serviço ambiental.
--	--

Fonte: Elaborado pela autora com base no Caderno de Ciência e Tecnologia, normas ABNT, UFSCar, MPU, IBEAS, repositório UFSC, Revista Brasileira de Criminalística e CNMP.

Aplicando o MCR para a bacia do Rio Sapucaí, identificou-se que as estimativas de perdas de solo situaram-se por volta de 9.679.900 t ano⁻¹, ou seja, 10,2 t ha⁻¹.ano⁻¹, desta forma o valor econômico, amparado pelo conceito de custo de reposição dos nutrientes que foram carregados pelo escoamento superficial, atingiu a cifra de R\$ 5.377.913,00 ano⁻¹ (Marques e Pereira, 2015).

Em uma “Proposta de Valoração econômica de danos ambientais cometidos contra a flora” utilizando o Método Custo Reposição, com adaptações, chegou-se a um Valor do Dano Ambiental (VDA) de R\$ 45.311,50, concluindo que o valor parece elevado, porém ao se analisar que o infrator extraiu matéria-prima florestal da área e que o custo de reposição para a sua recuperação já está embutido, o valor é coerente com a situação (Bergmann *et al.*, 2015).

Aferindo o valor econômico das águas costeiras como filtros de nutrientes para o Mar Báltico demonstrou que o valor pode chegar a aproximadamente 600 bilhões de SEK (1 Euro = 9,01 SEK, 3 de junho de 2012), que corresponde a 1,9% do Produto interno bruto total da região do mar Báltico em 2008 (Ing-Marie, 2012).

Determinando o valor da polinização de pomares de macieiras na Polônia nos anos 2005-2017, através do Método Custo Reposição, verificou que incluindo os custos trabalhistas ao nível do salário-mínimo, o valor da polinização aumentou de PLN 0,648 bilhão (USD 0,2 bilhão; EUR 0,161 bilhão) em 2005 para PLN 2,837 bilhões (USD 0,751 bilhão; EUR 0,666 bilhão) em 2017, neste caso o aumento do valor de polinização foi influenciado por um aumento nos salários e uma intensificação gradual da horticultura (Majewski, 2019).

Aplicando o Método Custo Reposição para calcular o valor da conservação de espécies raras e ameaçadas de extinção na Província de Gansu, na China, foi verificado que o valor de conservação da vida selvagem rara e ameaçada é de US\$ 1.670,00 milhões, com as áreas de alto valor concentradas principalmente no sul e norte da Província de Gansu (Zhao *et al.*, 2021). Conforme os autores o valor de conservação de plantas silvestres raras e ameaçadas de extinção é de US\$ 56.920,00 milhões, com as áreas de alto valor concentradas principalmente ao sul da província de Gansu, tendo sido verificado também que o valor de conservação é de US\$ 58.590,00 milhões por ano, e sua tendência de distribuição está diminuindo gradualmente do nordeste a sudoeste, com o nível mais alto na área florestal ao sul da província de Gansu, seguido pelo norte da Montanha de Qilian.

Aferindo o custo de restauração no estado do Pará chegou-se a um valor que variou de R\$ 2.280,00 a R\$ 11.243/ha (valores correntes para 2015) dependendo do método adotado. Estimando o custo total para recuperação do passivo ambiental das APPs em R\$ 3,7 a R\$ 6,1 bilhões (Silva e Nunes, 2017).

No Quadro 4 verifica-se algumas aplicações dos métodos de valoração ambiental no âmbito do Estado de Goiás, após pesquisa realizada no Google Scholar com os termos “Método Custo Reposição” e “Goiás”, compreendendo o período de 2011 a 2023.

Quadro 4 – Aplicações do Método Custo Reposição – MCR em pesquisas realizadas em Goiás entre os anos de 2011-2023

Ano	Título	Autor	Local e valor da recuperação
2011	Quanto vale o cerrado goiano? Uma proposta de valoração econômica para a fitofisionomia do Cerrado típico.	Romacheli e Spínola	Rio Quente/GO. Verificou que a recuperação da formação de Cerrado Típico, tem-se um valor total de R\$ 7.037,58/ha. A área de um hectare, com cotação do dólar comercial a R\$ 1,566 (20 de julho de 2011), a área de Cerrado estudada, deixará de oferecer, até o sétimo ano, o valor de R\$ 3.961,12. Somando então, todos os valores apurados, entende-se que o valor estimado do Cerrado Típico é de R\$ 10.998,70/ha.
2022	Rio Meia Ponte em Goiás: um olhar sobre a sua história e seu valor ambiental (1933 a 2021)	Tavares	O trecho estudado poderá ser recuperado em aproximadamente 15 anos, com um custo de R\$ 2.783.336,80, e dessa maneira, a valoração se apresenta com uma proposta eficaz pois coloca o rio em seu devido lugar, o protagonismo.
2023	Dinâmica do uso da terra e valoração econômica ambiental da bacia hidrográfica do Rio Passa-Três, município de Uruaçu-GO	Martins	Uruaçu/GO. Resultou no valor estimado de R\$ 103.833.805,77 para a restauração das áreas de APP em estado inadequado.
2023	Valoração do Rio Meia Ponte no trecho urbano do Parque Atheneu em Goiânia: uma aplicação do Método Custo Reposição	Tavares <i>et al.</i>	Goiânia/GO. Foi calculado o valor de R\$ 50.000,00 para que se proceda a recuperação solo, o valor de R\$ 24.104,00 para o reflorestamento, além do valor de R\$ 30.000,00 para a limpeza do rio deste trecho do rio. Tais medidas são entendidas como as mais emergenciais para o reestabelecimento do ciclo hidrológico do canal.

Fonte: Elaborado pela autora com base em artigos nos Repositórios do TECCER e UFSC e IBEAS

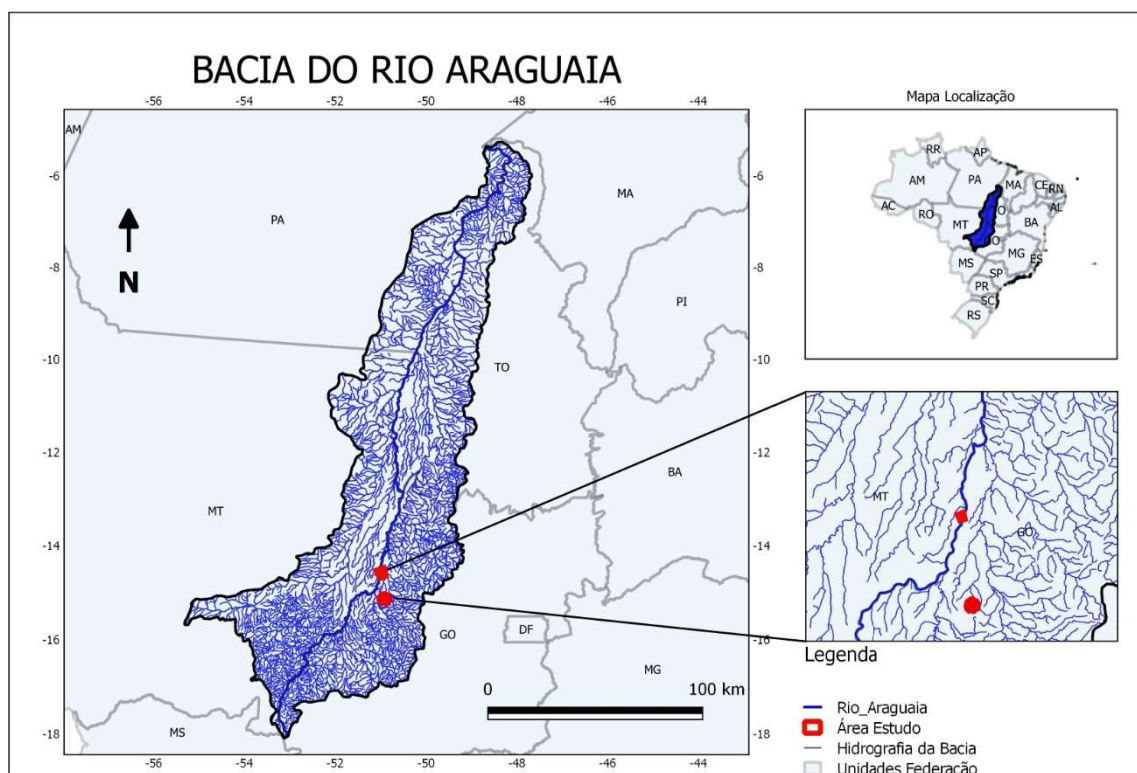
4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O município de Aruanã localiza-se na latitude 14°55'13" S e a longitude 51°04'59" W, possuindo 3.050 hectares e se situa na parte média do Rio Araguaia a aproximadamente 310 km da capital Goiânia. Atualmente, sua principal atividade econômica é a agropecuária, mas há um intenso fluxo turístico durante o período de estiagem que atrai renda à região, destacando a contribuição das características ecológicas desse ecossistema à economia local (Angelo, 2010).

Para este estudo selecionou-se duas áreas ripárias degradadas, conforme indicadas na Figura 4, distribuídas na bacia hidrográfica do Rio Araguaia, no Estado de Goiás, no município de Aruanã.

Figura 4 – Localização das duas áreas de estudo na bacia do Rio Araguaia



Fonte: A autora (2023)

As áreas, objeto desta pesquisa, apresentam danos ambientais causados por impedimento de regeneração natural efetuado devido às construções irregulares e atividades agropecuárias.

A Figura 5 corresponde a área 1 com dano local de 0,3313 ha, causado por impedir a regeneração natural através de construções, visando atividade de lazer, às margens do Rio Araguaia. Houve impermeabilização do solo devido às 3 (três) edificações presentes na área.

Figura 5 – Área 1 com danos ambientais às margens do Rio Araguaia.



Fonte: Google Earth (2023)

Na Figura 6 verifica-se a localização da área 2 previamente selecionada, que possui 7,2062 ha e apresenta danos causados por atividade pecuária, sendo uma área de vereda e nascentes de afluentes do Córrego Pindaíba ou Pindaibal, tributário do Rio Araguaia.

Figura 6 – Área 2 com danos causados por atividade pecuária, próxima a uma vereda.



Fonte: Bing (sem data definida).

4.2 Método de valoração ambiental aplicado

Para o cálculo da valoração do dano ambiental foi utilizado o Método Custo Reposição – MCR, visando assim ter um parâmetro para orientar futuros trabalhos no Ibama/GO, uma vez que se trata de um método amplamente utilizado na literatura e reconhecidamente eficaz para a valoração de danos em diferentes biomas. Uma vez aplicado, este método poderá servir como ferramenta de gestão e recuperação em áreas ripárias do Cerrado no Estado de Goiás.

O modo operacional do Método Custo Reposição – MCR é feito através da soma dos gastos efetuados na reparação dos danos que tenha atingido a qualidade de um bem ou serviço ambiental, incluindo a perda econômica relativa ao período entre o tempo inicial da degradação e o tempo da total recuperação (ABNT, 2009).

A valoração econômica dos danos ambientais depende da obtenção do máximo de

informações possíveis sobre a gravidade dos danos causados, o que envolve conhecer o estado do meio ambiente antes da degradação e quais os serviços ecossistêmicos que o recurso ambiental lesado proporcionava, com vistas à identificação do valor de uso direto e do valor de uso indireto (Brasil, 2021).

4.3 Variáveis utilizadas

Foram utilizados processos administrativos existentes no Núcleo de Biodiversidade e Florestas – NUBIO/GO, do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA/GO, oriundos de autuações por infrações causadas em áreas ripárias (mata galeria, ciliar e veredas). A seleção das áreas se deu por meio de levantamento de informações constantes nos processos, bem como o uso de imagens de geoprocessamento e fotografias geradas em vistorias, na qual foram priorizados aqueles que possuem o maior número de informações sobre as referidas áreas, tais como: tamanho, se houve supressão total ou parcial da vegetação, impermeabilização da área, presença de construções, processos erosivos etc.

No caso de impedimento de regeneração natural e supressão vegetal foram identificados os custos envolvidos na reposição da vegetação, para as seguintes variáveis: valor do projeto, das mudas, do cercamento da área (quando necessário), da adubação, da mão-de-obra, do monitoramento, conforme Quadro 5. Quando há construções no local a ser recuperado também é necessário levantar dados quanto aos custos da demolição, retirada e destinação dos entulhos gerados.

Quadro 5 – Variáveis com seus respectivos custos médios e atividades de um Projeto de Recuperação de Área Degradada – PRAD.

Atividades	Medidas	Custo (R\$)
Projeto (elaboração)	Unidade (un)	5.000,00
Projeto (execução)	Unidade (un)	8.000,00
Retirada entulhos	Metro cúbico (caçamba com 6 m ³)	400,00
Mudas nativas arbóreas	Unidade (un)	5,80
Tutores	Unidade (un)	1,40
Mudas de grama amendoim (60 mudas/m ²)	Unidade (un)	0,25

Arame (1000 m)	Metro (m)	715,00
Grampos	Quilo (Kg)	19,80
Mourão/estaca (8 a 10 cm de diâmetro)	Unidade (un)	24,00
Esticador (12 a 14 cm de diâmetro)	Unidade (un)	68,50
Mão de obra	Diária (h/d)	120,00
Controle e manejo de pragas (isca formicida – 500 grs)	Gramas (grs)	7,00
Calcário (saco com 25 kg)	Quilogramas (kg)	15,00
NPK 4-14-8 (saco com 50 kg)	Quilogramas (kg)	140,00
Supervisão técnica e elaboração de relatórios de monitoramento	Unidade (un)	1.000,00

Fonte: Elaborada pela autora após pesquisas em madeireiras, viveiros, lojas de produtos agropecuários e empresas de retiradas de entulhos de Goiânia/GO e Aruanã/GO.

O custo de recuperação das Áreas de Preservação Permanente de cursos hídricos, através do plantio de mudas, é obtido por meio da equação 1:

$$CT_R = A \times (C_U \times P_{U \times A}) + I_T + C_{\text{área}} \quad (1)$$

Sendo que:

CT_R – Custo total da recuperação;

A – Área total a ser revegetada, em hectares;

C_U – Custo unitário por espécie plantada;

$P_{U \times A}$ – Proporção de espécies plantadas por hectare;

I_T – Insumos totais utilizados; e

$C_{\text{área}}$ – cercamento da área.

Para fins de manutenção da área após a implantação do projeto será considerado um período de 3 (três) anos, conforme estabelece a Instrução Normativa Ibama nº 04/11.

O cercamento da área pode ser dispensado no caso dos locais onde não há animais domésticos como bovinos, caprinos e equinos, ou seja, nas áreas onde é desenvolvida apenas agricultura, desde que respeitada as áreas de preservação.

Como auxílio para os cálculos de recuperação, valoração e comparação de valores será utilizada o que estabelece a Portaria Ibama nº 118/2022 (Brasil, 2022) que traz estimativas de custos de implantação e manutenção de Projeto de Recuperação Ambiental nos Biomas

brasileiros, no âmbito da análise de processos afetos à Coordenação de Recuperação Ambiental – COREC e da propositura de Ações Cíveis Públicas – ACPs, levantamentos em lojas e viveiros além de pesquisas em ferramentas de busca na internet. Utilizar-se-á ainda de geoprocessamento usando o programa QGis e realizados cálculos matemáticos.

Após levantados todos os dados necessários, serão realizados os cálculos de valoração, devidamente planilhados, interpretados e comparados com valores encontrados em outras pesquisas. Esta comparação não necessariamente irá definir qual apresenta maior efetividade a ser aplicado para as Áreas de Preservação Permanentes – APPs hídricas do Bioma Cerrado, porém pode nortear futuros cálculos de valoração para a instituição, assim como estabelecer parâmetros que possam ser observados quando efetuados valoração de danos ambientais em Goiás.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Custos de implantação de um Projeto de Recuperação de Área Degradada – PRAD

É importante ressaltar que para fins deste estudo será utilizado o termo dano ao invés de impacto, pois ambos têm conotação diferente, sendo que o impacto pode ser positivo ou negativo.

A percepção de impacto está intimamente atrelada à possibilidade de uso de recursos naturais ou intervenções humanas que causam efeitos sobre o meio ambiente, passíveis de avaliação e autorização prévia pelo Estado, e cujo exercício é condicionado por medidas de prevenção, mitigação ou compensação ambiental, no âmbito dos procedimentos de licenciamento ambiental (Salvador *et al.*, 2021). Por esta razão, conforme os autores, embora possam resultar em efeitos equivalentes ao dano decorrente de condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente, não são tidos, a princípio, por ilícitos, sendo este o entendimento consolidado na literatura e nas normas infraconstitucionais, em especial na Resolução Conama nº 001/86.

O dano é representado por alterações negativas e desequilíbrios nos ecossistemas e prejuízos aos serviços ecossistêmicos e ambientais correlatos, onde os efeitos destes danos são de natureza direta (dano ambiental direto), que podem ser tipificados como a supressão de vegetação nativa, a extração de produtos e subprodutos florestais ou o corte de árvores sem autorização ou em desacordo com ela (Salvador *et al.*, 2021). De acordo com os autores, soma-

se à ação direta de dano ambiental à vegetação as atividades irregulares correlatas ao desmatamento (para os casos de recepção, aquisição, intermediação, transporte, beneficiamento, armazenamento, comercialização, consumo de produtos florestais de origem nativa sem a licença obrigatória ou em desacordo com ela), ou seja, o dano ambiental indireto.

No Quadro 6 constam informações sobre os custos médios para cercamento, implantação e manutenção de um Projeto de Recuperação de Área Degradada – PRAD em uma área de 1 ha.

Quadro 6 – Custos médios de um Projeto de Recuperação de Área Degradada – PRAD, visando recuperar 1 ha (10.000 m²)

Insumos/Atividades	Quantidade	Valor (R\$)
Elaboração e execução		
Projeto (elaboração)	1 un	5.000,00
Execução	1 un	8.000,00
Total		13.000,00
Cercamento		
Mourão/estaca (a cada 3 m)	134 un	3.216,00
Arame	1.600 m	1.144,00
Esticador (a cada 100 m)	4	274,00
Grampos	4 kg	79,20
Mão de obra (2 pessoas)	16 h/d	1.920,00
Total		6.633,20
Implantação		
Mudas nativas	1.667 un	9.668,60
Abertura de covas (0,40 m x 0,40 m x 0,40m)	20 h/d	2.400,00
Plantio de mudas	10 h/d	1.200,00
Tutores	1667	2.333,80
Aceiros	3 h/d	360,00
Calcário	100 grs/cova	100,02
NPK 4-14-8	200 grs/cova	933,52
Isca granulada	10 grs/m ²	14,00
Total		17.009,94
Manutenção (3 anos)		

Adubação de cobertura	100 grs	R\$ 466,76
Replanteio (10%)	167 un	R\$ 968,60
Aceiros	3 h/d	R\$ 360,00
Coroamento	3 h/d	R\$ 360,00
Outros tratamentos culturais	3 h/d	R\$ 360,00
Total		R\$ 2.515,36
Total para 3 anos de manutenção		R\$ 7.546,08
Supervisão/Relatório semestral de monitoramento	6 un	R\$ 6.000,00

Fonte: A Autora (2023).

5.2 Custos com demolição e retirada de entulhos

Quando se depara com construções irregulares ocupando uma área de Área de Preservação Permanente hídrica, é preciso entender que para uma recuperação completa do local, é necessária a demolição das referidas obras, a não ser que a legislação permita a permanência destas construções.

A massa estimada para as edificações, executadas predominantemente por processos convencionais corresponde a cerca 1.200 kg/m², a perda média de materiais nos processos construtivos, em relação à massa de materiais levados ao canteiro de obra é em média de 25% e o percentual da perda de materiais, removido como entulho, durante o transcorrer da obra é de 50% sendo que a utilização dessas estimativas de referência define uma “taxa de geração de resíduos de construção” na ordem de 150 quilos por metro quadrado construído (Pinto, 1999). No Brasil, conforme o autor, foi estimado um índice de produção de RCD de 0,9 tonelada por metro quadrado construído, enquanto o manual de orientação relativo ao manejo de gestão de resíduos da construção civil recomenda índice 5 de massa específica de 1,2 t/m³.

Como base para o cômputo da valoração utiliza-se a área ocupada pela edificação, que deve ser mensurada em metros quadrados. Utiliza-se como referência para a avaliação desses custos os valores e índices estimados que considera como Resíduos de Construção e Demolição – RCD tanto os resíduos de novas construções e reformas, como os de demolições dos mais diferentes tipos de obra, assim, estima-se um índice de produção de RCD de 0,9 tonelada por metro quadrado construído (Ministério Público do Estado de Mato Grosso, 2018).

Considerando que na área 1, situada às margens do Rio Araguaia, há a presença de 3 (três) edificações, a distribuição das áreas das construções segue as diretrizes estabelecidas na Tabela 1.

Tabela 1 – Dimensões das construções existentes na área 1

Construções	Área (m ²)
Casa principal (13 m x 14 m)	182
Casa lateral (6 m x 10 m)	60
Quiosque	50
Total	292

Para fins de valor da demolição será aplicado o valor constante na Tabela Nacional de Pesquisas de Custos e Índices de Produção na Construção Civil – SINAPI⁴, disponibilizada no site da Caixa Econômica Federal, com valor aplicado para o Estado de Goiás em julho/2023, conforme Quadro 7.

Quadro 7 – Custos de demolição conforme Tabela Nacional de Pesquisas de Custos e Índices de Produção na Construção Civil – SINAPI

Código SINAPI	Atividade	Custo R\$/m ³
97625	Demolição de alvenaria para qualquer tipo de bloco, de forma mecanizada, sem reaproveitamento.	48,06

Desta forma para se chegar ao custo de demolição por m², aplica-se a equação 3:

$$CD = (V \times IRCD \times Cdem) \div \mu \quad (3)$$

$$CD = (1m^2 \times 0,9 t/m^2 \times R\$ 48,06/m^3) \div 1,2 t/m^3$$

$$CD = 36,05 \text{ reais/m}^2$$

Onde:

CD = custo de demolição

V = Volume

IRCD = índice de produção de resíduo

Cdem = Custo de demolição/m³

μ = Massa específica

⁴ O acesso à tabela do SINAPI é realizado através do link: https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_646.

Considerando o volume total de 292,00 m² das 3 (três) edificações (tabela 1) e o custo de demolição de R\$ 36,05/m² obtém-se um valor final de demolição de R\$ 10.526,60.

Os valores de demolição variam de um local para outro dependendo da forma que o cálculo foi utilizado, conforme detalhado no Quadro 8, ressalta-se, entretanto, que o valor de R\$ 36,05/m² corresponde à média da maioria dos trabalhos encontrados.

Quadro 8 – Diferentes preços considerados como custos de demolição em outros trabalhos.

Referência	Valores (R\$)
Silva (2020)	31,00
Ministério Público do Estado de Minas Gerais (2020)	36,56
Ministério Público do Estado de Mato Grosso (2018)	37,80
Ministério Público do Estado da Bahia (2021)	118,84
Ministério Público do Estado de Mato Grosso do Sul (2018)	138,26

Fonte: Elaborada pela autora com base em Silva (2020), MP/MG (2020), MP/MT (2018), MP/BA (2021) e MP/MS (2018).

As caçambas de entulho podem variar quanto ao volume recolhido, sendo que as mais usuais possuem 6 m³, pois proporcionam melhores condições de transporte dos resíduos com relação ao quantitativo. Em consultas realizadas em 3 (três) empresas obteve-se o valor médio de R\$ 400,00 por caçamba.

O índice de produção RCD utilizado para a área foi de 0,9 t/m² construído, sendo que se justifica pelo fato de que a construção está localizada em zona rural, não considerando, portanto, as perdas que ocorrem no transcorrer da obra com remoção de parte dos entulhos e resíduos em zona urbana. Desta forma o volume de entulhos e resíduos de construção gerados é calculado de acordo com a equação 4:

$$\begin{aligned} \text{RCD} &= \text{IRCD} \times V_{\text{TC}} & (4) \\ \text{RCD} &= 0,9 \text{ t/m}^2 \times 292 \text{ m}^2 \\ \text{RCD} &= 262,8 \text{ ton} \end{aligned}$$

Sendo:

RCD = Resíduo de construção demolida

IRCD = índice de produção de resíduo

V_{TC} = Valor total de área construída

O peso específico da alvenaria de tijolo furado corresponde a 1,224, portanto, para

converter tonelada em m³ é necessário multiplicar por 0,817, conforme Anexo I, assim chega-se a um volume de 214,7 m³ (0,817 x 262,8).

Considerando que cada caçamba possui a capacidade de 6 m³, conclui-se que para a retirada dos entulhos serão necessárias aproximadamente 36 caçambas. Desta forma o valor final para a retirada dos resíduos é de R\$ 14.400,00.

Há agravantes no caso de resíduos de construção e demolição, tais como: o profundo desconhecimento dos volumes gerados, dos impactos que eles causam, dos custos sociais envolvidos e, inclusive, das possibilidades de seu reaproveitamento fazem com que os gestores dos resíduos se apercebam da gravidade da situação unicamente nos momentos em que, acuados, veem a ineficácia de suas ações corretivas (Pinto, 1999).

5.3 Aplicando o Método Custo Reposição na área 1 onde ocorreu danos por construções (ranchos) às margens do Rio Araguaia

A área 1, onde existem danos causados por impermeabilização do solo, através de edificações, a delimitação da área autuada, com indicações dos seus vértices, bem como as respectivas coordenadas geográficas consta na Tabela 2.

Tabela 2 – Delimitação da área 1 que deverá ser recuperada

Ponto	Latitude S	Longitude W
1	14°34'23.63"	50°59'35.97"
2	14°34'25.99"	50°59'37.02"
3	14°34'26.20"	50°59'35.69"
4	14°34'24.37"	50°59'34.44"

Fonte: A autora (2023)

Nas Figuras 7, 8, 9 e 10 tem-se obtém-se uma perspectiva abrangente da região, onde se destacam as construções e a área ripária desprovida de vegetação nativa, inclusive com o plantio de algumas espécies exóticas.

Figura 7 – Área de Preservação Permanente desprovida de vegetação nativa.



Figura 8 – Quiosque ocupando de forma irregular a área ripária do curso hídrico.



Figura 9 – Casa principal.



Figura 10 – Outra construção existente no local.



Fonte: A Autora (2023).

Na área de estudo o Rio Araguaia possui uma largura média de 270 m, portanto, a Área de Preservação Permanente – APP a ser mantida é de 200 m, de acordo com a legislação aplicável (Brasil, 2012).

Para a área em questão, conforme dados obtidos no Webambiente, sugere-se o plantio das seguintes espécies nativas: *Acrocomia aculeata* (bocaiuva, macaúba), *Anadenanthera colubrina* (angico branco), *Anadenanthera peregrina* (angico vermelho), *Apeiba tiborbou* (pente de macaco), *Apuleia leiocarpa* (garapa), *Byrsonima intermedia* (murici), *Cabranea*

canjerana, *Calophyllum brasiliense* (guanandi), *Campomanesia xanthocarpa* (gabiroba), *Cecropia pachystachya* (embaúba), *Croton urucurana* (sangra d'água), *Enterolobium contortisiliquum* (orelha de macaco), *Genipa americana* (jenipapo), *Handroanthus serratifolius* (ipê amarelo), *Inga cylindrica*, *Physocalymma scaberrimum* (aricá), *Tapirira guianensis* (peito de pombo), *Xylopia emarginata* (pindaíba), entre outras.

Com vistas a recuperação da área em pauta, que possui um total de 0,3313 ha (3,313 m²), utilizando um espaçamento 3 m x 2 m, ou seja, 6 m² por planta, serão necessárias 552 mudas. Considerando a dimensão do local a ser recuperado especificado acima e os custos de recuperação estabelecidos no Quadro 6, pode-se concluir que o custo de recuperação para a implantação é de R\$ 5.635,40 e R\$ 2.500,02 para manutenção por 3 anos, respectivamente. A supervisão e os relatórios devem ser apresentados semestralmente, desta forma em 3 anos chega-se a um valor de R\$ 6.000,00.

Um ponto importante quando se procura recuperar ou restaurar uma área degradada é que não se tem por objetivo final a obtenção de uma floresta igual àquela que foi destruída, uma vez que isso seria ecologicamente impossível. Desta forma, procura restituir a área a um ecossistema o mais próximo possível do que era anteriormente.

Há que se considerar que a área total do imóvel é inferior ao mínimo previsto em legislação. A Fração Mínima de Parcelamento – FMP no município de Aruanã é de 3 ha, destacando que conforme a Instrução Especial nº 5/22, fração mínima de parcelamento corresponde a menor área, em hectares, em que um imóvel rural pode ser desmembrado ou dividido para a constituição de novo imóvel rural (INCRA, 2022).

O plantio da espécie amendoim do Cerrado não é necessário em toda a área que será revegetada, mas apenas em locais estratégicos, como onde há maior compactação do solo ou no entorno das mudas, considerando que esta espécie não vai competir com a muda por nutrientes. No ambiente da pesquisa o plantio será realizado, preferencialmente, nos locais onde há construções, tendo em vista a compactação existente, com área total de 292 m².

Considerando o plantio estabelecido de 60 mudas/m² de grama amendoim, verifica-se que para a área em discussão serão necessárias 18.104 mudas, chegando-se a um valor final de R\$ 4.526,00.

O uso de alternativas menos agressivas para a cobertura do solo, como o amendoim do Cerrado (*Arachys pintoii*), leguminosa nativa, forrageira e rasteira, reduzem o custo de manutenção de plantios de recuperação, sendo recomendada para inibir o crescimento de plantas daninhas, pois faz a adubação verde, adicionando nitrogênio atmosférico no solo por

meio da associação com bactérias; outra vantagem é que proporciona ao solo e as outras plantas é a descompactação devido às suas raízes, permitindo uma maior infiltração de água (Fagg, 2013). Conforme a autora o seu enraizamento robusto e profundo também ajuda a amenizar as enchentes, sendo uma ótima opção para conter a erosão e a lixiviação de nutrientes do solo.

No Quadro 9 é apresentado o montante total necessário para a recuperação da área em questão, com apresentação dos custos detalhados para cada atividade específica que deverá ser executada.

Quadro 9 – Valores finais para recuperação do local ocupado com área de 0,3313 ha com construções às margens do Rio Araguaia

Atividades	Valores em reais
Elaboração e execução (projeto)	13.000,00
Cercamento da área (insumos e mão de obra)	2.197,58
Implantação do projeto (insumos e mão de obra)	5.635,40
Plantio de grama amendoim	4.526,00
Manutenção do projeto	2.500,02
Supervisão e emissão de relatórios semestrais por 3 anos	6.000,00
Custos das demolições	10.526,60
Retirada do RCD	14.400,00
Total	58.785,60

Fonte: A Autora (2023).

Objetivando a recuperação da área é preciso observar que não se deve buscar adequar o local às espécies que se pretende plantar, mas sim buscar as espécies que são adequadas àquele ambiente. É de suma importância, para sucesso do projeto, que as mudas que serão plantadas sejam de ocorrência regional. Espécies exóticas podem se tornar um problema tanto em competição com as nativas, quanto ao risco de se sobressaírem, exterminando as espécies nativas e se tornando uma invasora de difícil controle.

Entretanto, verifica-se uma dificuldade de encontrar algumas espécies de nativas em viveiros, tendo em vista que normalmente as empresas produzem apenas às mudas que são comercializáveis, possuindo uma maior saída. Este fato faz com que nos projetos haja uma similaridade entre os plantios.

Um fator importante ao promover a recuperação de uma área ripária é não fazer a utilização de agrotóxicos, como por exemplo o dessecamento de gramíneas com herbicidas,

pois pode ocorrer o carreamento para o curso hídrico, com contaminação da água, causando mortandade de peixes e outros animais aquáticos.

O custo presente total do PRAD com as atividades, divididas nas etapas de implantação, manutenção e monitoramento e previstas para ocorrer em um período de quatro anos foi de R\$ 56.565,20 para recuperar uma área de 0,82 ha, o que se aproxima de R\$ 70 mil/ha sendo que os maiores custos do projeto se concentraram na fase de implantação, destacando os custos com aquisição de mudas e supervisão técnica (Almeida, Lara e Ângelo, 2019).

5.4 Aplicando o Método Custo Reposição na área 2 onde ocorreu danos causados por atividade pecuária às margens de uma vereda

A delimitação da área 2, onde houve danos ambientais causados pela atividade pecuária às margens de uma vereda e que deverá ser recuperada, através do isolamento e plantio de espécies nativas é informada com as respectivas coordenadas geográficas, na Tabela 3.

Tabela 3 – Limites da área 2 em coordenadas geográficas, Datum SIRGAS 2000

Pontos	Latitude (S)	Longitude (W)
010	15°7'49.9378"	50°55'17.4293"
011	15°7'50.3149"	50°55'17.1484"
012	15°7'52.0669"	50°55'18.2519"
013	15°7'53.1399"	50°55'21.3267"
014	15°7'53.9827"	50°55'23.5521"
015	15°7'53.8116"	50°55'23.8031"
016	15°7'57.1215"	50°55'24.6731"
017	15°7'56.7923"	50°55'25.3134"
019	15°8'39.4695"	50°55'21.8562"
020	15°8'3.10037"	50°55'9.83522"
021	15°8'22.4331"	50°55'11.3288"

Fonte: A Autora (2023).

Nas Figuras 11, 12, 13 e 14 podem ser observadas áreas ripárias (veredas) sem a presença de parte da flora nativa, exceto fragmentos de vegetação arbóreo-arbustiva e alguns buritis (*Mauritia flexuosa*) e coberta pelo capim humidícola ou quicua (*Urochloa humidicola*).

Figura 11 – Interior da área de vereda



Figura 12 – Danos a área ripária de vereda



Figura 13 – Plantio de nativas no local



Figura 14 – Presença de capim exótico



Fonte: A Autora (2023).

Trata-se de uma área consolidada em vereda, isto é, com ocupação pré-existente antes de 22/07/08, e a largura da faixa de APP que deverá ser recuperada é de 50 m a partir da parte brejosa e encharcada (Brasil, 2012), tendo em vista o tamanho da propriedade que é superior a 4 módulos fiscais. As veredas são ecossistemas úmidos, geralmente associados a solos hidromórficos e ao afloramento do lençol freático, ocorrendo com frequência nas proximidades das nascentes e cursos d'água da região do Cerrado (Sousa *et al.*, 2011).

Para esta área, conforme informações junto ao Webambiente, sugere-se o plantio das seguintes espécies nativas: *Agonandra brasiliensis* (pau marfim), *Aspidosperma polyneuron* (guatambu), *Calophyllum brasiliense* (guanandi), *Campomanesia velutina* (gabirola),

Centrolobium tomentosum (araribá), *Mauritia flexuosa* (buriti), *Cordia glabrata* (louro), *Cybistax antisyphilitica* (ipê verde), *Genipa americana* (jenipapo), *Guazuma ulmifolia* (mutamba), *Handroanthus impetiginosus* (ipê roxo), *Inga laurina*, *Lafoensia pacari* (mangaba), *Magonia pubescens* (timbó), *Myrsine guianensis* (pororoça), *Sterculia striata* (chichá), *Vochysia tucanorum* (pau tucano), entre outras. Ressalta-se que devem ser plantadas espécies nativas que ocorram na região, o que garantam uma recuperação similar ao que era antes, mas não existem situações prodigiosas, apenas as que melhores se adaptam às situações específicas locais.

A propriedade em questão possui 3.343,7586 ha, portanto tem 66,87 módulos fiscais. Módulo fiscal é uma unidade de medida, em hectares, cujo valor é fixado pelo INCRA para cada município levando-se em conta: (a) o tipo de exploração predominante no município (hortifrutigranjeira, cultura permanente, cultura temporária, pecuária ou florestal); (b) a renda obtida no tipo de exploração predominante; (c) outras explorações existentes no município que, embora não predominantes, sejam expressivas em função da renda ou da área utilizada; (d) o conceito de "propriedade familiar" (EMBRAPA, 2023). A dimensão de um módulo fiscal, segundo o autor, varia de acordo com o município onde está localizada a propriedade. O módulo fiscal no município de Aruanã é de 50 ha.

A reparação dos danos ambientais demanda uma série de procedimentos técnicos prévios, que sejam capazes de levantar os diversos impactos negativos impostos sobre os componentes do meio ambiente, sobre seus serviços ecossistêmicos e sobre o patrimônio cultural, dentre os quais se assinalam as perícias técnicas, as vistorias e as coletas de amostras (Steigleder *et al.*, 2021). De acordo com os autores, a partir deste conjunto de informações técnicas, será possível definir a possibilidade de restauração ou recuperação de determinados elementos atingidos, as alternativas para a compensação ecológica e os critérios para a indenização pecuniária, diferenciando-se as parcelas do dano que serão objeto de restauração daquelas que serão objeto de compensação ou de indenização.

Entende-se que a vegetação, conforme seu estabelecimento e crescimento em campo vai fornecer as condições de regulação similares aos serviços ecossistêmicos anteriormente ofertados pelo ambiente antes da intervenção antrópica. Os serviços ecossistêmicos como: o controle da erosão e enchentes, a oferta de água, os habitats, a ciclagem de nutrientes, entre outros, serão restabelecidos, evidente que paulatinamente, tendo em vista que as características do meio dificilmente retornarão às condições originais. A partir da observação do nível de degradação e recuperação da área, estima-se que a nova vegetação que foi plantada, demora

certo tempo para iniciar a disponibilização dos serviços ecossistêmicos similares aos afetados, assim como servir de atrativo à fauna.

Aplicando o MCR para a área 2, objeto da infração, conforme valores especificados no Quadro 6, tem-se: para a recuperação do local, que possui um total de 7,2062 ha, fazendo uso de um espaçamento 3 m x 2 m serão necessárias 12.013 mudas. Considerando que o tamanho da área a ser recuperada, pode-se concluir que o custo de recuperação é de R\$ 122.577,03 para implantação e R\$ 54.378,56 para manutenção por 3 anos. A supervisão e os relatórios devem ser apresentados semestralmente, desta forma em 3 anos chega-se a um valor de R\$ 6.000,00.

No Quadro 10 é apresentado o valor final para promover a recuperação dos danos ambientais referentes à área degradada 2, às margens de uma vereda e nascentes de um tributário do rio Araguaia.

Quadro 10 – Valores finais para recuperação da área ocupada com atividade pecuária em uma vereda

Atividades	Valores em reais
Projeto (elaboração e execução)	13.000,00
Cercamento da área	47.800,17
Implantação do projeto	122.577,03
Manutenção do projeto	54.378,56
Supervisão e emissão de relatórios semestrais por 3 anos	6.000,00
Total	243.755,76

Fonte: A autora (2023)

Quando da ocorrência de supressão da vegetação nativa irregular e indevida, urge a promoção da implantação de projeto de restauração que levem à aceleração da restituição das características típicas, dos processos de reestruturação e dos processos funcionais do ecossistema que sofreu degradação, maximizando o quanto possível, e o mais rápido possível, o retorno dos atributos ecológicos e serviços ecossistêmicos que tenham sido prejudicados e/ou suprimidos (Ministério Público do Estado de São Paulo, 2014).

Em dois casos de quantificação e valoração monetária do capital natural verificou-se que a área de vegetação nativa conservada nas propriedades eleva o valor da conservação do solo, sendo que contabilizando 1.720 ha e 2.406 ha de área de Reserva Legal e Área de Preservação Permanente, as fazendas evitam perdas monetárias da ordem de R\$ 800 mil/ha/ano e R\$ 1,25 milhão/ha/ano, onde os valores para o estoque de carbono pela área de Reserva Legal

e APP, representam saldos positivos para as propriedades (Seifer *et al.*, 2020). De acordo com os autores a fazenda com maior área de Reserva Legal e APP contabilizou um valor de R\$ 1,8 milhão de ativo de carbono estocado na vegetação e R\$ 13 milhões no carbono no solo do Cerrado nativo, conforme os autores, e a soma dos valores potenciais deste serviço ecossistêmico é de R\$ 18 milhões.

As áreas de preservação da vegetação ripária na microbacia do Córrego Oriçanguinha deveriam corresponder a 354 ha, mas durante as avaliações realizadas foi possível observar que somente 142,5 ha, ou 40% das áreas de proteção permanente (APPs), estão efetivamente cobertas com floresta nativa (Sarcinelli, Marques e Romeiro, 2009). O custo de adequação ambiental de APP de vegetação ripária na referida microbacia, segundo os autores, foi estimado em R\$ 1.333.018,51, sendo constatado que o custo de restauração florestal representa, em média, 55% do custo total da adequação ambiental e que o custo de oportunidade da terra representa em média apenas 45% desse valor.

Calculando o custo de restauração de mata ciliar na microbacia do Córrego do Barreiro, Estado de São Paulo, verificou-se que o valor variou de R\$ 4.323,32/ha a R\$ 5.122,33/ha (Chabaribery *et al.*, 2008).

A Portaria Ibama 118/22 (Brasil, 2022) indica que o valor médio para a recuperação com plantio total de mudas por hectare no bioma Cerrado é de R\$ 16.140,50, com valor máximo registrado de R\$ 28.200,00/ha. Se a técnica empregada é com semeadura direta, o valor médio é de R\$ 16.151,11/ha, no entanto, esta tem variação de custo de R\$ 5.000,00/ha a R\$ 36.103,00/ha. A condução da regeneração natural no bioma indica custo médio de R\$ 2.905,00 para formações florestais e de R\$ 1.580,00/ha para a fisionomia savânica.

6. CONCLUSÃO

Determinar o valor econômico de um recurso ambiental implica estimar seu valor monetário em relação aos outros bens e serviços disponíveis na economia, podendo variar dependendo do método adotado.

Um dos métodos mais comuns para valorar danos em áreas degradadas é o Método Custo Reposição. No entanto, é importante destacar que este método não leva em consideração a perda dos serviços ecossistêmicos, conforme evidenciado na literatura. Como resultado alguns pesquisadores desenvolveram abordagens complementares para incorporar a supressão dos ecosserviços aos procedimentos, acrescentando este valor ao MCR.

Sabe-se que as áreas ripárias possuem uma rica biodiversidade, funcionando como corredores ecológicos para fauna, habitat de predadores naturais, além de proteger os recursos hídricos. Estes são apenas alguns dos fatores pelos quais estas áreas são protegidas pela legislação ambiental. Esta proteção é a chave para melhorar as paisagens favoráveis à biodiversidade, contribuindo para estratégias de conservação.

Considerando a relevância destes locais verifica-se que a restauração ecológica de áreas protegidas é primordial para garantir a disponibilidade de água, um recurso vital para a vida. Aumentar a conectividade entre estas áreas é uma maneira de garantir habitats adequados para assegurar a persistência da biodiversidade em longo prazo, aumentando a percepção dos serviços ecossistêmicos.

Valorar as áreas ripárias é fundamental para que se possa internalizar os danos gerados a estes locais pelo uso inadequado. Esses danos afetam a todos em diferentes graus, especialmente em um contexto em que a escassez hídrica se tornou um problema tanto nacional quanto global. Desta forma, é necessário que a sociedade se comprometa não apenas com o crescimento econômico, mas também com o social e a preservação meio ambiente.

Após a aplicação do Método Custo Reposição, em ambas as áreas ripárias, foram obtidos os seguintes valores: R\$ 58.785,60 para a área 1, que é utilizada para lazer e apresenta danos relacionados a edificações e R\$ 243.755,76 para a área 2, que sofreu danos ambientais devido à atividade pecuária.

7. REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14653-6: Avaliação de bens - Parte 6: Recursos naturais e ambientais**. Rio de Janeiro, 2009, 16f.

ALBUQUERQUE, José de Lima **Gestão Ambiental e Responsabilidade Social: conceitos, ferramentas e aplicações**. São Paulo: Atlas, 2009, 336 p.

ALMEIDA, Alexandre Nascimento de; LARA, Cindy Lauper de; ÂNGELO, Humberto **Avaliação do custo para recuperar uma área degradada: estudo de caso em uma área de preservação permanente do Rio Bisnau (Formosa, Estado de Goiás, Brasil)**. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade. 2019, vol. 6, n. 13, p. 349-364.

ÂNGELO, Priscila Garcia. **Estimativa do valor econômico-ecológico da planície de inundação do Rio Araguaia e influência do público-alvo na valoração ambiental**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução). UFG: Goiânia, Instituto de Ciências Biológicas, 2010, 77 p.

ANSOLIN, Roni Djeison; SANTOS, Kênia Samara Mourão; FERNANDES, Ana Paula

Donicht; e SCHINATO, Franco. Valoração ambiental em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do Rio Passaúna, Estado do Paraná. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2018, 10 p.

ARAÚJO, Romana Coêlho de. **Valoração econômica do dano ambiental em inquérito civil público**. Brasília: Escola Superior do Ministério Público da União, 2011, 200 p.

ASSIS, Pâmela Camila.; FARIA, Karla Maria Silva de; BAYER, Maximiliano. Unidades de Conservação e sua efetividade na proteção dos recursos hídricos na Bacia do Rio Araguaia. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 34, 2021.

BERGMANN, Melissa; DE CARLI, Lenice.; HÜLLER, Alexandre. Proposta de Valoração econômica de danos ambientais cometidos contra a flora. **Revista de Ciências Ambientais – RCA**. Canoas v.9, n. 2, 2015.

BORGES Viviane Custódia; ALMEIDA, Maria Geralda de. A biodiversidade do cerrado brasileiro: os(as) raizeiros(as) de Goiás/GO, 2012. Disponível em: <https://geoambiental12.blogspot.com/2012/05/biodiversidade-do-cerrado-brasileiro-os.html>. Acesso em: 15 set. 2022.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Diário Oficial da União**. 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651.htm. Acesso em: 11 fev. 2023.

BRASIL. **Diretrizes para valoração de dano ambiental**. CNMP, Conselho Nacional do Ministério Público. Brasília – DF. 2021. 509 p.

BRASIL. Portaria nº 118, de 3 de outubro de 2022. **Diário Oficial da União**. 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-118-de-3-de-outubro-de-2022-434890911>. Acesso em: 03 out. 2022.

CARDOSO, Murilo Raphael Dias; MARCUZZO, Francisco Fernando Noronha; PINTO FILHO, Ricardo de Faria. Caracterização física básica da bacia hidrográfica Araguaia visando determinar susceptibilidade a enchentes. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA. Dourados: ABGFA, 14, 2011. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/17420?show=full>. Acesso em: 26 jan. 2023.

CASTRO, Joana D'arc Bardella. **Usos e abusos da valoração econômica do meio ambiente: ensaios sobre aplicações de métodos de função demanda no Brasil**. Tese (Doutorado em Economia). Brasília: UnB, Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, 2015, 251 p.

CASTRO, Joana D'arc Bardella; NOGUEIRA, Jorge Madeira. **Valoração econômica do meio ambiente: teoria e prática**. Curitiba: CRV, 2019, 188 p.

CASTRO, Joana D'arc Bardella.; NOGUEIRA, Jorge Madeira. **Valoração econômica ambiental, métodos de função de produção: teorias e estudos de caso**. Curitiba: ed. CRV, 2019, 196 p.

CHABARIBERY, Denyse; SILVA, José Roberto da; TAVARES, Luís Fernando de Jesus; LOLI,

Maria Venina Barbosa; SILVA, Mário Roberto da; e MONTEIRO, Ana Victória V. M. Recuperação de matas ciliares: sistemas de formação de floresta nativa em propriedades familiares. **Informações econômicas**, São Paulo, v. 38, n. 6, 2008, 14 p.

COMAR, Vito. Valoração ambiental pela metodologia emergética: Subsídios às políticas públicas no Brasil. Dourados, Mato Grosso do Sul: Ed. UFGD, 102 p, 2017.

CONSTANZA, Robert; D'ARGE, Ralph; DE GROOT, Rudolf; FARBER, Stephen; GRASSO, Monica; HANNON, Bruce; LIMBURG, Karin; NAEEM, Shahid; O'NEILL, Robert V.; PARUELO, Jose; RASKIN, Robert G.; SUTTON, Paul; e VAN DEN BELT, Marjan. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. **Nature**, v. 387, 1997, p. 253-260.

CORRÊA, Rodrigo Studart; SOUZA, Álvaro N. Valoração de danos indiretos em perícias ambientais. **Revista Brasileira de Criminalística** 2(1), 2013, p. 7-15.

CUSTÓDIO, Maraluce Maria; RAMOS, Levy Christiano Dias. **Valoração econômica no direito ambiental: Métodos para valoração de danos ao meio ambiente**. 28 p. 2012. Disponível em: <http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=708be71b9ab6e0a8>. Acesso em: 11 nov. 2022.

DOURADO, Romilson. Dois anos depois, projeto em Mato Grosso não sai do papel. RDNews, agosto/2021. Disponível em: <https://www.rdnews.com.br/blog-do-romilson/conteudo/conteudos/148213>. Acesso em: 17 ago. 2023.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Módulos fiscais**, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/codigo-florestal/area-de-reserva-legal-arl/modulo-fiscal>. Acesso em: 01 fev. 2023.

FAGG, Jeanine Maria Felfili. Recuperação de áreas degradadas no Cerrado, com espécies nativas do Bioma: Quebrando paradigmas. **Revista Opiniões**, 2013. Disponível em: <https://florestal.revistaopinioes.com.br/pt-br/revista/detalhes/13-recuperacao-de-areas-degradadas-no-cerrado-com-/>. Acesso em: 05 jan. 2023.

GOMES, Ana Caroline Alcântara Missias; NABOUT, João Carlos; COUTO JÚNIOR, Antônio Felipe; SOUZA, Carla Albuquerque de; MORAES, Cristina Gonçalves de; KRAUS, Cleber Nunes; GRANJEIRO, Gustavo Fernandes; RODRIGUES, Erina, Vítório; GONÇALVES JÚNIOR, José Francisco; BERNARDI, José Vicente Elias; GOMES, Leonardo Fernandes; MONTEIRO, Lucas Cabrera; VIEIRA, Ludgero Cardoso Galli; BINI, Luís Maurício; SALEMI, Luiz Felipe; CARVALHO, Priscila de; e BRANDÃO, Stanislau Pinto. **Rio Araguaia**. 2023. Disponível em: <https://www.araguaiavivo.com/rio-araguaia>. Acesso em: 26 jan. 2023.

GONÇALVES, Daniel Bertoli. **Avaliação dos impactos ambientais da expansão recente da produção canavieira sobre as Áreas de Preservação Permanente no Estado de São Paulo**. Texto para discussão. PPGADR/UFSCar, 2010, 14 p.

GOOGLE EARTH website. Disponível em: <https://earth.google.com/>. 2023. Acesso em: 20 set. 2023.

HARDIN, Garrett. **The Tragedy of the Commons**. Science, New Series, vol. 162, n. 3859,

1968, p. 1243-1248.

HOPPER, Kim; ERNST, Caryn. Protecting the Source: Land Conservation and the Future of America's Drinking Water. **Trust for Public Land**. Washington D.C, 2004, 52p

INCRA – Instituto Nacional de Reforma Agrária. **Tabela com os municípios com a Fração Mínima de Parcelamento reduzida**. 2022. Disponível em: https://www.gov.br/incra/pt-br/assuntos/noticias/reclassificacao-de-imoveis-rurais-beneficia-produtores-de-todo-o-pais/tabela-fmp_alterado.xls/view. Acesso em: 03 fev. 2023.

ING-MARIE, Gren. The economic value of coastal waters as nutrient filters for the Baltic Sea. **Reg. Environmental Change**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012, p. 695-703.

KUBISZEWSKI, Ida; MUTHEE, Kennedy; RASHEED, Aishath Rifa; CONSTANZA, Robert; SUZUKI, Maya; NOEL, Stacey; e SCHAUER, Mark The costs of increasing precision for ecosystem services valuation studies. **Ecological Indicators**, v. 135, 2022, 8 p. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108551>

LATRUBESSE, Edgardo Manuel; AMSLER, Mário Luis.; MORAIS, Roberto Prado de.; AQUINO, Samia. The geomorphologic response of a large pristine alluvial river to tremendous deforestation in the South American tropics: The case of the Araguaia River. **Geomorphology**, v. 113, 2009, p. 239-252.

MAGLIANO, Mauro Mendonça. **Valoração econômica em laudos periciais de crimes contra o meio ambiente**. Dissertação (Mestrado Profissional em Perícias Criminais Ambientais). UFSC, Florianópolis/SC, 2013, 116 p.

MAGLIANO, Mauro Mendonça. Valoração Econômica de Danos Ambientais. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Departamento de Engenharia Florestal, UnB, Brasília, 2019, 183 p.

MAJEWSKI, Janusz. Differentiation of the economic value of pollination of apple orchards depending on the method of estimation. Jelgava. **LLU ESAF**, 9-10 May 2019, pp. 363-369.

MALDONADO, Ana Denise Ribeiro Mendonça. **Métodos de valoração econômica ambiental e danos ambientais causados pela bovinocultura de corte**. Dissertação (Mestrado em Agronegócios). Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2006, 81 p.

MALDONADO, Ana Denise Ribeiro Mendonça; EDUARDO, Antonio Sérgio.; RIBEIRO, José Soares. Valoração econômica ambiental como instrumento do planejamento ambiental. *In: I ENCONTRO INTERNACIONAL DE GESTÃO, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO*. Naviraí, 12 a 14 de setembro de 2017, 17 p.

MAPBIOMAS. **A dinâmica da superfície de água no território brasileiro**. Mapbiomas.org, 2021, 16 p.

MARTINS, Wellington Ribeiro. Dinâmica do uso da terra e valoração econômica ambiental da bacia hidrográfica do Rio Passa-Três, município de Uruaçu-GO. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais e Humanidades). Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2023, 111 p.

MARQUES, João Fernando; PEREIRA, Lauro Charlet. Valoração econômica como subsídio à

gestão agroambiental de bacias hidrográficas: estudo de caso no Estado de São Paulo. In: TÔSTO, Sérgio Gomes; BELARMINO, Luiz Clóvis; ROMEIRO, Ademar Ribeiro; e RODRIGUES, Cristina A. Gonçalves. **Valoração de serviços ecossistêmicos: metodologias e estudos de caso**. Brasília, DF: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2015, p. 357-362.

MATOS, Alda; RIBEIRO, Maria Isabel; FERNANDES, Antônio; CABO, Paula. Análise crítica dos métodos de valoração econômica dos bens e recursos ambientais. In: VIII COLÓQUIO IBÉRICO DE ESTUDIOS RURALES, n. 8., Cáceres, 2010, 14 p.

MATTOS, Katty Maria da Costa; MATTOS, Karen Maria da Costa; MATTOS, Arthur. Valoração econômica do meio ambiente dentro do contexto de desenvolvimento sustentável. **Revista Gestão Industrial**, v. 1, n. 2, 2005, p. 105-117.

MAY, Peter H. Economia ecológica e o desenvolvimento equitativo no Brasil. In: CAVALCANTI, C. (Org). **Desenvolvimento e natureza: estudo para uma sociedade sustentável**. São Paulo: Cortez. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 1995, p. 235-255.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DA BAHIA – MP/BA. **Metodologia de valoração econômica do dano Ambiental, fundamentos legais e técnicos**. Nota Técnica 001/2021. Salvador: CEAMA, 2021, 44 p.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE MATO GROSSO – MP/MT. **Valoração do dano ambiental. Casos aplicados ao Estado de Mato Grosso**. Cuiabá: PJEDAOU, 2018, 109 p.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL– MP/MS. **Valoração de dano ambiental**. Campo Grande: CAOMA, 2018, 74 p.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS – MP/MG. **Valoração econômica de danos ambientais**. Coletânea da Central de Apoio Técnico do Ministério Público de Minas Gerais. Belo Horizonte: CEAF, 2020, 322 p.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – MP/SP. **Relatório final de valoração de dano ambiental**. São Paulo: CAO, 2014, 151 p.

MORAES, André Steffens; SAMPAIO, Yony de Sá Mello; e SEIDL, Andrew. Quanto vale o Pantanal? A valoração ambiental aplicada ao Bioma Pantanal. In: TÔSTO, Sérgio Gomes; BELARMINO, Luiz Clóvis; ROMEIRO, Ademar Ribeiro; e RODRIGUES, Cristina A. Gonçalves. **Valoração de serviços ecossistêmicos: metodologias e estudos de caso**. Brasília, DF: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2015, p. 247-277.

MORAIS, Lucas Pucci Pinto. Sustentabilidade do Cerrado e valoração econômica: estudo de caso do Núcleo Rural de Rajadinha. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação *Lato Sensu* em Análise Ambiental e Desenvolvimento Sustentável). Planaltina: UniCEUB, 2021, 86 p.

MOTTA, Ronaldo Seroa. da. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais**. IPEA/MMA/PNUD/CNPq Rio de Janeiro, setembro de 1997, 254 p.

MOTTA, José Augusto de Oliveira. (Fotógrafo). **Rio Araguaia 2012**. Figuras 1 e 2. Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/augustomotta/albums/72157630680893752>. Acesso em: 05

mar. 2023.

NOGUEIRA, Jorge Madeira; MEDEIROS, Marcelino Antonio Asano; e ARRUDA, Flávia Silva Tavares. Valoração econômica do meio ambiente: ciência ou empiricismo? **Cadernos de ciência e tecnologia**. Brasília: Embrapa, v. 17, n.2, 2000, p. 81-115.

OLIVEIRA, Isabel Cristina de. Economia Ambiental neoclássica: análise crítica da relação entre a economia e os recursos naturais. **Revista Científica Eletrônica - Race Interdisciplinar**, v. 01, 14 p., 2019.

PARRIÃO, Fernanda Geórgia.; BATAUS, Yeda Soares de Lucena; SILVA JÚNIOR, Otair Lourenço da.; BALESTRA, Rafael Antonio. Perfil do ecoturismo no Rio Araguaia: uma análise histórica. **Biodiversidade Brasileira**, v. 12, 2022, p. 259-276.

PINHEIRO, Valéria Feitosa; FRANCA, Adriana Correia Lima; ALVES, Christiane Luci Bezerra. Relações economia e natureza: a perspectiva neoclássica e o novo paradigma da Economia Ecológica. **Espacio Abierto**, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela, v. 32, n. 1, 2023, p. 75-97. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7775982>.

PINTO, Tarcísio de Paula. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese (Doutorado em Engenharia). USP: São Paulo, 1999, 189 p.

RODRIGUES, Marcelo Abelha. **Processo Civil Ambiental**. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2ª edição, 2010, 270 p.

ROMACHELI, Regina de Amorim; SPÍNOLA, Conrado Martignoni. Quanto vale o cerrado goiano? Uma proposta de valoração econômica para a fitofisionomia do Cerrado típico. *In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL*. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, Londrina, 6 a 9 de novembro de 2011, 9 p.

SACHS, Ignacy. **Estratégias de transição para o século XXI: desenvolvimento e meio ambiente**. São Paulo: Studio Nobel, Fundação do Desenvolvimento Administrativo, 1993, 103 p.

SALVADOR, Aline Valéria Archangelo; SERVELLO, Émerson Luiz; ROQUETTE, José Guilherme; RIBAS, Luiz César; SOUZA, Luiz Fernando de; COELHO, Luiz Humberto Edundino Ribeiro; CARVALHO, Margareth Sílvia de Souza; SILVA, Maria Betânia Figueiredo; LACERDA, Raquel Caroline Alves; ARAÚJO, Romana Coêlho de; ARAÚJO Rousyana Gomes de; GULLI, Vicente Fernando del Bianco; FRANCISCO, Wagner de Moura; e CORREIA JÚNIOR, Yalmo. Valoração de danos ambientais à flora. *In: BRASIL. Diretrizes para valoração de danos ambientais*. Conselho Nacional do Ministério Público. Brasília: CNMP, 2021, p. 153-.273

SANTOS, Alex Mota dos. O uso da terra e as implicações socioambientais na zona úmida do Rio Araguaia, Estado de Goiás, Brasil. **Finisterra**, XLIII, 86, 2008, p. 91-106.

SARCINELLI, Oscar; MARQUES, João Fernando; e ROMEIRO, Ademar R. Custos e benefícios da adoção de práticas e medidas para conservação do solo agrícola: um estudo de caso na microbacia hidrográfica do córrego Oriçanguinha. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 39, n. 4, 2009, p. 5-16.

SEIFER, Paulo; DRIGO, Isabel Garcia; COSTA JÚNIOR, Ciniro; CAMARGO, Ricardo; COUTINHO, Bruno. Avaliação do capital natural em fazendas de soja no Cerrado brasileiro: uma aplicação do Protocolo de Capital Natural. Piracicaba, 2020, 24 p.

SEMAD/GO – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Goiás. Juntos pelo Araguaia. Goiânia, junho/2019. Disponível em: <https://www.meioambiente.go.gov.br/programas-e-projetos/juntos-pelo-araguaia.html>. Acesso em: 17 ago. 2023.

SILVA, Lauriane Kamila Santos. **Associação de métodos indiretos para a valoração econômica de danos ambientais, decorrentes de desflorestamentos: estudos de caso na Floresta Nacional do Jamanxim – PA**. Dissertação (Mestrado em Perícias Ambientais). UFSC, Florianópolis, 2020, 146 p.

SILVA, Thaís Brasil Barros da; CORRÊA, Rodrigo Studart. Comparação entre métodos de valoração de danos ambientais para fins periciais. **Revista Brasileira de Criminalística**, v. 4, n. 3, 2015, p. 7-14.

SILVA, Daniel; NUNES, Sâmia. **Avaliação e modelagem econômica da restauração florestal no Pará**. Belém: Imazon, 2017, 92 p.

SOUSA, Ricardo F. de; NASCIMENTO, Jorge L. do; FERNANDES, Eliana, P.; LEANDRO, Wilson M.; e CAMPOS, Alfredo B. de. Matéria orgânica e textura do solo em veredas conservadas e antropizadas no bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande/PB, v.15, n.8, 2011, p.861–866.

SOUZA, Deivid. Programa de recuperação Juntos pelo Araguaia avança 2% em Goiás. **O Popular**, agosto/2021. Disponível em: <https://opopular.com.br/cidades/programa-de-recuperacao-juntos-pelo-araguaia-avanca-2-em-goias-1.2310602>. Acesso em: 17 ago. 2023.

SOUZA, Fernando Basquiroto de; MENEZES, Carlyle Torres Bezerra de. Levantamento teórico de metodologias para valoração de danos ambientais e recursos naturais. In: **VII Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental**. Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. Associação Brasileira de Engenharia Ambiental – ASBEA, Criciúma (SC), 29 de abril a 01 de maio de 2012.

STEIGLEDER, Annelise Monteiro; KISHI, S.; LOUBET, L. F.; ARAJO, R. C. de.; ROQUETTE, J. G. Diretrizes gerais para a valoração econômica de danos ambientais. In: BRASIL. **Diretrizes para valoração de danos ambientais**. Conselho Nacional do Ministério Público. Brasília: CNMP, 2021, p. 29-75.

TAVARES, Felizberto Rodrigues. **Rio Meia Ponte em Goiás: um olhar sobre a sua história e seu valor ambiental (1933 A 2021)**. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais e Humanidades). UEG: Anápolis, 2022, 93 p.

TAVARES, Felizberto Rodrigues; RIBEIRO, Fernando da Silva; CASTRO, Joana D’arc Bardella; SILVA, Adriana Aparecida. Valoração do Rio Meia Ponte no trecho urbano do Parques Atheneu em Goiânia: uma aplicação do Método de Custo de Reposição. **Revista Mirante**, Anápolis, v. 16, n. 1, 2023, p. 147-164.

WEBAMBIENTE. **Simulador de recomposição ambiental**. Disponível em: https://www.webambiente.cnptia.embrapa.br/publico/simulador_descricao.xhtml;jsessionid=k3XbRO4_N5AstCxNL5CcN7wkF-o4K4NrL_YAPLcA.virt0041. Acesso em: 18 ago. 2022.

ZHAO, Xiaojiong; WANG, Jian; SU, Junde; SUN, Wei; e MENG, Haoxian. Research on a Biodiversity Conservation Value Assessment Method Based on Habitat Suitability of Species: A Case Study in Gansu Province, China. **Sustainability**, MDPI, 2021.

ARTIGO 4

VALORANDO DANOS AMBIENTAIS EM DUAS ÁREAS RIPÁRIAS DEGRADADAS DO RIO ARAGUAIA: APLICAÇÃO PRÁTICA DO MÉTODO DE CUSTOS AMBIENTAIS TOTAIS ESPERADOS – CATE I.

Resumo: Este estudo tem por objetivo valorar duas áreas ripárias afetadas por danos ambientais resultantes de construções e atividades agropecuárias, aplicando o Método de Custos Ambientais Totais Esperados – CATE I, para danos intermitentes. O método foi empregado com o propósito de identificar valores adequados para a restauração de áreas de preservação, conforme legislação vigente. Inicialmente, foram coletadas informações sobre as variáveis que afetam o custo valor final da recuperação das áreas, incluindo os custos com a demolição das construções e remoção dos resíduos sólidos gerados. Posteriormente foram definidas as taxas de juros, o valor da terra nua aplicado a área em questão, assim como o período necessário para que o plantio executado iniciasse o processo de restituição dos serviços ecossistêmicos para o local degradado. Aplicando-se o CATE I chegou-se a um valor de R\$ 346.937,35 para a área 1 e R\$ 4.213.395,18 para a área 2.

Palavras-chave: Cerrado, custos ambientais, danos, restauração.

Abstract: This study aims to assess two riparian areas affected by environmental damage resulting from construction and agricultural activities, using the Expected Total Environmental Costs method (CATE I) for intermittent damage. The method was employed to determine appropriate values for the restoration of preservation areas in accordance with current legislation. Initially, information was gathered on the variables influencing the final cost of area recovery, including expenses for the demolition of structures and removal of generated solid waste. Subsequently, interest rates were defined, as well as the value of bare land applied to the respective area, along with the required timeframe for the planted vegetation to initiate the process of restoring ecosystem services to the degraded site. Applying the CATE I method resulted in a value of R\$ 346,937.35 for Area 1 and R\$ 4,213,395.18 for Area 2.

Keywords: Cerrado, environmental costs, damage, restoration.

1. INTRODUÇÃO

A conversão de dano ambiental em montante financeiro é um desafio enfrentado pelas ciências econômicas e ambientais em todo o mundo, particularmente após o acidente com o petroleiro Exxon Valdez, no Alasca em 1989 (Magliano, 2019).

A conservação dos ecossistemas e da biodiversidade e a manutenção de suas funções ecológicas são fundamentais para garantir não apenas o suporte ao bem-estar humano e às atividades humana e econômica, como também a resiliência à vida na Terra (IBGE,2022). Entretanto, conforme os autores, o sistema econômico, além de depender das funções ecológicas fornecidas pelos ecossistemas, vem provocando forte pressão e impacto sobre eles, gerando crescentes riscos ao desenvolvimento econômico e humano.

Os métodos de valoração econômica de recursos ambientais apresentam virtudes e limitações na cobertura dos valores ambientais supra apresentados (Motta, 1997). De acordo com o autor cabe ao avaliador, portanto, compreender os aspectos teóricos e operacionais destes métodos para adotar aquele que melhor se ajuste ao objeto da valoração no caso concreto, levando-se em conta as hipóteses assumidas, a disponibilidade de informações e o conhecimento de dados acerca da dinâmica ecológica do objeto valorado.

Uma razão para valorar os recursos naturais está fundada no fato da legislação ambiental básica estar centrada no princípio da responsabilidade que impõe a reparação do equivalente após a ocorrência do dano (Tessler, 2004). Segundo a autora a avaliação de um dano ambiental não prescinde do postulado da razoabilidade, colocando-se o intérprete em conexão com as coordenadas de tempo e espaço, e com os pés na realidade do nosso cotidiano.

Segundo Ribas (1996) dentro do processo de valoração econômica do meio ambiente, a escolha do horizonte temporal é relevante, uma vez que os usos atuais do ambiente, ao modificarem as condições de vida, proporcionam a alteração do padrão de interação entre os sistemas natural e social constituindo uma sequência de efeitos ao longo do tempo.

No que diz respeito à restauração de áreas ripárias previamente degradadas, a importância desse esforço se evidencia, uma vez que a manutenção destas áreas está intrinsecamente ligada à preservação de um recurso estratégico: a água, isso por si só já é motivo suficiente para justificar sua recuperação (Santos *et al.*, 2001).

Sabe-se que o meio ambiente, principalmente as áreas localizadas as margens dos cursos hídricos vêm sofrendo os efeitos das ações antrópicas ao longo do tempo em decorrência da expansão das atividades agropecuárias e consideradas de lazer. Essas ações em sua maioria sem

nenhum planejamento, causam danos que precisam ser restaurados para garantir a resiliência destes ecossistemas.

As matas ciliares são fundamentais para o equilíbrio ambiental, sendo que em escala local e regional, protegem a água e o solo, reduzindo o assoreamento dos rios e o aporte de poluentes, criam corredores favorecendo o fluxo gênico entre remanescentes florestais, fornecem alimentação e abrigo para a fauna e funcionam como barreiras naturais contra a disseminação de pragas e doenças nas lavouras. Em escala global, as florestas em crescimento fixam carbono e contribuem para a redução dos gases de efeito estufa (Chabaribery *et al.*, 2008).

Segundo o SER (2023) o objetivo da restauração ecológica é devolver um ecossistema degradado à **sua** trajetória histórica, e não à sua condição histórica, considerando que o ecossistema pode não recuperar necessariamente o seu estado anterior, uma vez que as realidades ecológicas contemporâneas, incluindo as alterações climáticas globais, podem fazer com que ele se desenvolva ao longo de uma trajetória alterada, tal como estas mesmas realidades podem ter mudado a trajetória de ecossistemas próximos não perturbados. Conforme os autores a história desempenha um papel importante na restauração, mas as condições contemporâneas também devem ser levadas em consideração.

A valoração econômica ambiental pode ser extremamente útil para o planejamento ambiental que tenham a finalidade de evitar a exploração excessiva dos recursos naturais, renováveis ou não, ajudando na determinação de taxas e tarifas ambientais e na avaliação de custos e benefícios de projetos envolvendo a área ambiental bem como fornecer subsídios ao poder público nas ações de reparações por danos ambientais (Maldonado, Eduardo e Ribeiro, 2017).

Apesar da importância reconhecida de se ter um valor numérico associado aos recursos naturais, identificar, qualificar e quantificar os danos ambientais decorrentes de uma ação que interfere no equilíbrio natural envolve muitos aspectos sobre os quais ainda não há um consenso (Falco, 2017)

Esta pesquisa tem por objetivo valorar danos ambientais em duas áreas ripárias localizadas na bacia do Rio Araguaia através do Método de Custos Ambientais Totais Esperados – CATE I.

2. AVALIANDO ÁREAS RIPÁRIAS DEGRADADAS: O MÉTODO DE CUSTOS AMBIENTAIS TOTAIS ESPERADOS – CATE EM AÇÃO

Os Custos Ambientais Totais Esperados – CATE poderia ser, inicialmente, entendido como sendo a renda perpétua que a sociedade estaria disposta a receber, em decorrência da indenização (pecuniária ou não) de determinado tipo de degradação ambiental (Ribas, 1996).

O CATE é um dos métodos pioneiros de avaliação monetária de danos ambientais no Brasil e possui um caráter inovador, que é o uso de critérios temporais para avaliação de danos classificados como intermitentes – CATE I, aqueles ocasionados por um único impacto causador de degradação ambiental, e contínuos, que ocorrem durante um horizonte temporal contínuo – CATE II (Steigleder *et al.*, 2021). O cálculo, segundo os autores, considera as motivações econômicas para a degradação ambiental, os trabalhos de recuperação do meio ambiente (custos diretos), um valor inferido aos serviços ecossistêmicos sem preços de mercado (custos indiretos) e se o impacto causado implicou ou implicará degradação ambiental intermitente ou contínua, além disso, o método aplica uma taxa de juros adequada para o caso de degradações ambientais, onde estas podem ser também inferidas de acordo com taxas de descontos “sociais” ou dos custos de oportunidades de empreendimento.

Na aplicação do CATE entende-se que danos ambientais intermitentes são danos provocados uma única vez, não contínuos e sem riscos ambientais contínuos, como por exemplo a supressão de vegetação (Faria, 2018). A autora esclarece que ao contrário dessa vertente, o dano ambiental contínuo é recorrente e com riscos ambientais vinculados de maneira contínua, como por exemplo, a destinação inadequada de resíduos sólidos em determinada área, sendo que ambas as vertentes são expressas por equações matemáticas pertinentes a cada peculiaridade de recorrência do dano ou não.

O desflorestamento, ainda que realizado em diversas etapas pode ser considerado como dano ambiental intermitente, ou seja, aquele originário de uma ação degradadora, não repetitiva, única e não periódica (Ministério Público do Estado de Mato Grosso, 2018).

Os custos envolvidos na demolição e remoção dos entulhos, bem como o valor comercial da madeira não devem ser inseridos na equação do CATE, pois seriam capitalizados a um tempo “n” da floresta suprimida a uma taxa de desconto “i”, mas, sim, somados ao valor da degradação no horizonte temporal, já que são operações realizadas uma única vez e sua contabilização sob regime de juros compostos apresentaria resultados mais elevados, dentro da equação matemática proposta (Silva, 2020).

O Valor comercial da área – V_c , no CATE, deve apenas ser utilizado no cálculo quando o infrator obteve alguma vantagem econômica em função do dano ambiental (Monteiro, 2021).

O Fator de Conversão – F_c aplicado no caso de Área de Preservação Permanente – APP varia entre 8 onde houve uso de fogo, sem retirada do horizonte A do solo e/ou edificação e 9 com retirada de horizonte A do solo e/ou edificação (Carpanezi e Vieira, 2020).

Utilizando a taxa de juros de 10% a.a. (valores históricos da taxa Selic, média dos últimos 2 anos), os Custos Ambientais Totais Esperados (CATE) do desflorestamento irregular de 1 hectare de floresta, localizada em Área de Preservação Permanente – APP ou Reserva Legal – RL, nas áreas de domínio dos biomas Amazônia, Cerrado e em áreas de transição entre esses biomas no Estado de Mato Grosso, em estágio avançado ou em transição do estágio avançado para floresta primária (clímax), é estimado em R\$ 47.372,27/ha (Ministério Público do Estado de Mato Grosso, 2018).

Monteiro (2021) realizando uma valoração econômica dos danos ambientais em Área de Preservação Permanente – APP de curso d'água alterada encontrou o valor 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.

Aplicando o CATE com objetivo de recuperar uma Área de Preservação Permanente – APP localizada no Rio Tijuco, para 1 ha, obteve-se um valor de R\$ 63.926,59 (Faria, 2018).

Com objetivo de recuperar uma área degradada com 750 m² identificou-se um valor de R\$ 375.201,95 utilizando o Método de Custos Ambientais Totais Esperados – CATE para dano intermitente (Cordioli, 2013).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

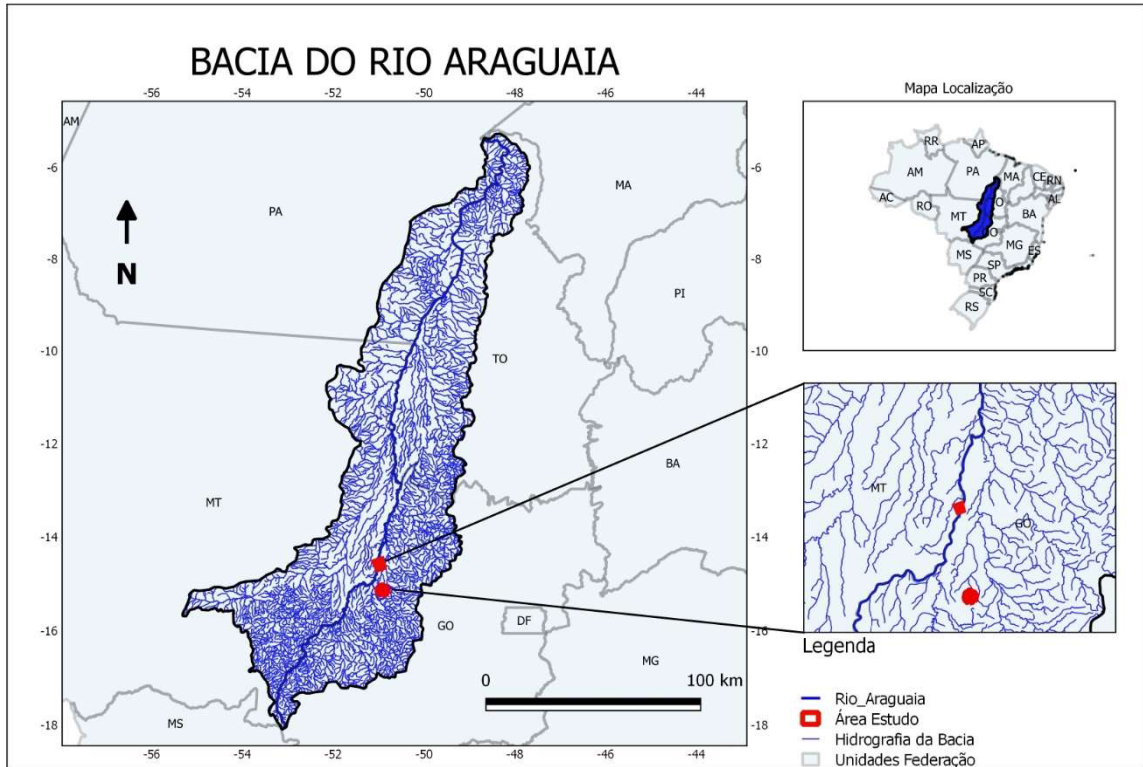
3.1 Área de estudo

O município de Aruanã localiza-se na latitude 14°55'13" S e a longitude 51°04'59" W, possuindo 3.050 hectares e se situa na parte média do Rio Araguaia a aproximadamente 310 km da capital Goiânia. Atualmente, sua principal atividade econômica é a agropecuária, mas há um intenso fluxo turístico durante o período de estiagem que atrai renda à região, destacando a contribuição das características ecológicas desse ecossistema à economia local (Angelo, 2010).

Selecionou-se, para este estudo, duas áreas ripárias degradadas, conforme indicadas na Figura 1, distribuídas na bacia hidrográfica do Rio Araguaia, no Estado de Goiás, no município

de Aruanã.

Figura 1 – Localização das duas áreas de estudo na bacia do Rio Araguaia



Fonte: A autora (2023)

As áreas, objeto desta pesquisa, apresentam danos ambientais causados por impedimento de regeneração natural efetuado devido à presença de edificações irregulares e pelo desenvolvimento de atividades agropecuárias.

A Figura 2 corresponde a área 1 com dano local de 0,3313 ha, causado por impedir a regeneração natural através de construções, visando atividade de lazer, às margens do Rio Araguaia. Houve impermeabilização do solo devido às 3 (três) edificações presentes na área.

Figura 2 – Área 1 com danos ambientais às margens do Rio Araguaia.



Fonte: Google Earth (2023)

Na Figura 3 verifica-se a localização da área 2 que possui 7,2062 ha e apresenta danos causados por atividade pecuária, sendo uma área de vereda e nascentes de afluentes do Córrego Pindaíba ou Pindaibal, tributário do Rio Araguaia.

Figura 3 – Área 2 com danos causados por atividade pecuária, próxima a uma vereda.



Fonte: Bing (sem data definida).

3.2 Método de valoração ambiental aplicado

Para o cálculo da valoração do dano ambiental foi aplicado o Método de Custos Ambientais Totais Esperados – CATE I (dano intermitente), visando assim ter um referencial para orientar futuros trabalhos no IBAMA/GO, uma vez que é um método utilizado na literatura brasileira e aplicado em perícias ambientais. Uma vez aplicado, este método poderá ser útil como instrumento de gestão e recuperação em áreas ripárias do Cerrado no Estado de Goiás.

O modelo Custos Ambientais Totais Esperados – CATE, apesar da apresentação matemática objetiva, necessita de inferências para a determinação de suas variáveis (Ribas, 1996).

A valoração econômica dos danos ambientais depende da obtenção do máximo de informações possíveis sobre a gravidade dos danos causados, o que envolve conhecer o estado

do meio ambiente antes da degradação e quais os serviços ecossistêmicos que o recurso ambiental lesado proporcionava, com vistas à identificação do valor de uso direto e do valor de uso indireto (Brasil, 2021).

3.3 Variáveis utilizadas

Foram utilizados processos administrativos existentes no Núcleo de Biodiversidade e Florestas – NUBIO/GO, do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA/GO, oriundos de autuações por infrações causadas em áreas ripárias (mata galeria, ciliar e veredas). A seleção das áreas se deu por meio de levantamento de informações constantes nos autos, bem como o uso de imagens de geoprocessamento e fotografias geradas em vistorias, na qual foram definidos aqueles com maior número de informações sobre as referidas áreas, tais como: tamanho, se houve supressão total ou parcial da vegetação, impermeabilização do solo, presença de edificações, processos erosivos etc.

A relação das espécies nativas sugeridas para o plantio na região foi obtida a partir de um levantamento no site WebAmbiente, após informações sobre a localização das áreas que deverão ser recuperadas (WebAmbiente, 2022). A preferência das referidas espécies foi para aquelas que se adaptam a locais úmidos e encharcados, tendo em vista que há inundação sazonal às margens dos cursos hídricos, principalmente nas áreas de veredas.

No caso de impedimento de regeneração natural e supressão vegetal foram identificados os custos envolvidos na restauração da vegetação, para as seguintes variáveis: valor do projeto, das mudas, do cercamento da área (quando necessário), da adubação, da mão-de-obra, do monitoramento, conforme Quadro 1. Quando há construções no local a ser recuperado, também é necessário levantar dados quanto aos custos da demolição, retirada e destinação dos resíduos gerados.

Quadro 1 – Variáveis com seus respectivos custos médios e atividades de um Projeto de Recuperação de Área Degradada – PRAD.

Atividades	Medidas	Custo (R\$)
Projeto (elaboração)	Unidade (un)	5.000,00
Projeto (execução)	Unidade (un)	8.000,00
Retirada entulhos	Metro cúbico (caçamba com 6 m ³)	400,00
Mudas nativas arbóreas	Unidade (un)	5,80

Tutores	Unidade (un)	1,40
Mudas de grama amendoim (60 mudas/m ²)	Unidade (un)	0,25
Arame (1000 m)	Metro (m)	715,00
Grampos	Quilo (Kg)	19,80
Mourão/estaca (8 a 10 cm de diâmetro)	Unidade (un)	24,00
Esticador (12 a 14 cm de diâmetro)	Unidade (un)	68,50
Mão de obra	Diária (h/d)	120,00
Controle e manejo de pragas (isca formicida – 500 grs)	Gramas (grs)	7,00
Calcário (saco com 25 kg)	Quilogramas (kg)	15,00
NPK 4-14-8 (saco com 50 kg)	Quilogramas (kg)	140,00
Supervisão técnica e elaboração de relatórios de monitoramento	Unidade (un)	1.000,00

Fonte: Elaborada pela autora após pesquisas em madeireiras, viveiros, lojas de produtos agropecuários e empresas de retiradas de entulhos de Goiânia/GO e Aruanã/GO.

Os custos ambientais presentes para a recuperação de áreas ripárias, através do plantio de mudas, foram obtidos por meio da equação 1:

$$CT_R = A \times (C_U \times P_{U \times A}) + I_T + C_{\text{área}} \quad (1)$$

Sendo que:

CT_R – Custo total da recuperação;

A – Área total a ser revegetada, em hectares;

C_U – Custo unitário por espécie plantada;

$P_{U \times A}$ – Proporção de espécies plantadas por hectare;

I_T – Insumos totais utilizados; e

$C_{\text{área}}$ – cercamento da área.

Para fins de manutenção da área após a implantação do projeto será considerado um período de 3 (três) anos, conforme estabelece a Instrução Normativa Ibama nº 04/11.

O cercamento da área pode ser dispensado no caso dos locais onde não há animais domésticos como bovinos, caprinos e equinos, ou seja, nas áreas onde é desenvolvida apenas agricultura, desde que respeitadas as áreas de preservação.

A supressão vegetal é intermitente, ou seja, é um dano ambiental originário de uma ação

degradadora não repetitiva, única, não periódica (ao contrário do lançamento de efluentes), por isso, para a situação em pauta, será aplicado o CATE I. A equação 2 utilizada para o cálculo de danos ambientais intermitentes é mostrada a seguir:

$$CATE I = \frac{(V_c + C_d \cdot F_{i/d}) \cdot (1+j)^n}{(1+j)^n - 1} \quad (2)$$

Onde:

V_c = Valor comercial da área, benefício direto a ser auferido por motivo econômico, em unidade monetária por unidade de área;

C_d = Custos ambientais (valor presente) para fins de reparação dos danos ambientais diretos, para efeito da consideração dos valores ambientais diretos, em unidade monetária por unidade de área;

$F_{i/d}$ = Fator de conversão de custos ambientais diretos em indiretos, para efeito da consideração dos valores ambientais indiretos, numa escala de 1 à 9, conforme Quadro 2;

j = Taxa de juros;

n = Período de rotação, horizonte de ocorrência dos efeitos ambientais no tempo.

Quadro 2 – Significado dos fatores de conversão (F_c) de custos ambientais diretos e indiretos

Fator ($F_{i/d}$)	Condição
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 muito forte de i sobre d
9	Predominância absoluta de i sobre d
2, 4, 6, 8	Valores intermediários

Fonte: Ribas (1996)

Para esta pesquisa será considerado o valor de “n” como 10 (dez) anos, pois entende-se que a partir desse período a vegetação plantada começa a disponibilizar os serviços ecossistêmicos interrompidos com a intervenção (supressão e/ou impedimento de regeneração natural) na área.

A taxa de juros (j) a ser utilizada neste contexto é de 6% a.a., visto que conforme a literatura recomenda-se o uso de taxas de juros socialmente justas em situações relacionadas a danos ambientais no âmbito público. Enfatiza-se ainda que as atividades econômicas voltadas

para a preservação florestal e ambiental não permitem a consideração de taxas de desconto excessivamente elevadas.

Como se trata de Área de Preservação Permanente serão utilizados os valores 8 e 9 para o Fi/d (Fator de conversão de custos ambientais diretos em indiretos, para efeito da consideração dos valores ambientais indiretos), onde 8 será para área onde houve supressão ou impedimento da regeneração natural sem retirada do horizonte A do solo e sem edificação e 9 para área onde houve supressão ou impedimento da regeneração natural com retirada do horizonte A do solo e presença de edificação.

Como auxílio para os cálculos de recuperação, valoração e comparação de valores será utilizada a que estabelece a Portaria Ibama nº 118/2022 (Brasil, 2022) que traz estimativas de custos de implantação e manutenção de Projeto de Recuperação Ambiental nos biomas brasileiros, no âmbito da análise de processos afetos à Coordenação de Recuperação Ambiental – COREC e da propositura de Ações Cíveis Públicas – ACPs, levantamentos em madeiras e viveiros além de pesquisas em ferramentas de busca na internet. Utilizar-se-á ainda de geoprocessamento usando o programa QGIS e realizados cálculos matemáticos.

Após levantadas todas as informações necessárias, serão realizados os cálculos de valoração, devidamente planilhados e interpretados. Esta interpretação visa verificar os valores que poderão ser aplicados na recuperação de Áreas de Preservação Permanentes – APPs hídricas do bioma Cerrado, além de nortear futuros cálculos de valoração para a instituição, assim como estabelecer parâmetros que possam ser observados quando efetuados valoração de danos ambientais em Goiás.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Custos de implantação de um Projeto de Recuperação de Área Degradada – PRAD

Inicialmente vale ressaltar que para fins desta pesquisa será utilizado o termo dano ao invés de impacto, pois ambos têm sentidos diferentes, além de considerar que o impacto pode ser negativo ou positivo.

A percepção de impacto está intimamente atrelada à possibilidade de uso de recursos naturais ou intervenções humanas que causam efeitos sobre o meio ambiente, passíveis de avaliação e autorização prévia pelo Estado, e cujo exercício é condicionado por medidas de prevenção, mitigação ou compensação ambiental, no âmbito dos procedimentos de

licenciamento ambiental. Por esta razão, conforme os autores, embora possam resultar em efeitos equivalentes ao dano decorrente de condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente, não são tidos, a princípio, por ilícitos, sendo este o entendimento consolidado na literatura e nas normas infraconstitucionais, em especial na Resolução Conama nº 001/86 (Salvador *et al.*, 2021).

O dano é representado por alterações negativas e desequilíbrios nos ecossistemas e prejuízos aos serviços ecossistêmicos e ambientais correlatos, onde os efeitos destes danos são de natureza direta (dano ambiental direto), que podem ser tipificados como a supressão de vegetação nativa, a extração de produtos e subprodutos florestais ou o corte de árvores sem autorização ou em desacordo com ela (Salvador *et al.*, 2021). De acordo com os autores, soma-se à ação direta de dano ambiental à vegetação as atividades irregulares correlatas ao desmatamento (para os casos de recepção, aquisição, intermediação, transporte, beneficiamento, armazenamento, comercialização, consumo de produtos florestais de origem nativa sem a licença obrigatória ou em desacordo com ela), ou seja, o dano ambiental indireto.

No Quadro 3 constam informações sobre os custos médios para cercamento, implantação e manutenção de um Projeto de Recuperação de Área Degradada – PRAD em uma área de 1 ha.

Quadro 3 – Custos médios de um Projeto de Recuperação de Área Degradada – PRAD, visando recuperar 1 ha (10.000 m²)

Insumos	Quantidade	Valor (R\$)
Elaboração e execução		
Projeto (elaboração)	1 un	5.000,00
Projeto (execução)	1 un	8.000,00
Total		13.000,00
Cercamento		
Mourão/estaca (a cada 3 m)	134 un	3.216,00
Arame	1.600 m	1.144,00
Esticador (a cada 100 m)	4	274,00
Grampos	4 kg	79,20
Mão de obra (2 pessoas)	16 h/d	1.920,00
Total		6.633,20
Implantação		
Mudas nativas	1.667 un	9.668,60

Abertura de covas (0,40 m x 0,40 m x 0,40m)	20 h/d	2.400,00
Plantio de mudas	10 h/d	1.200,00
Tutores	1667	2.333,80
Aceiros	3 h/d	360,00
Calcário	100 grs/cova	100,02
NPK 4-14-8	200 grs/cova	933,52
Isca granulada	10 grs/m ²	14,00
Total		17.009,94
Manutenção (3 anos)		
Adubação de cobertura	100 grs	R\$ 466,76
Replântio (10%)	167 un	R\$ 968,60
Aceiros	3 h/d	R\$ 360,00
Coroamento	3 h/d	R\$ 360,00
Outros tratamentos culturais	3 h/d	R\$ 360,00
Total		R\$ 2.515,36
Total para 3 anos de manutenção		R\$ 7.546,08
Supervisão/Relatório semestral de monitoramento	6 un	R\$ 6.000,00

Fonte: A Autora (2023).

4.2 Custos com demolição e retirada de entulhos

Quando se identificadas construções irregulares ocupando uma área ripária, é fundamental compreender que, para efetuar uma recuperação completa do local, é indispensável a demolição das edificações em questão, a menos que a legislação vigente autorize a permanência destas construções.

A massa estimada para as edificações, executadas predominantemente por processos convencionais corresponde a cerca 1.200 kg/m², a perda média de materiais nos processos construtivos, em relação à massa de materiais levados ao canteiro de obra é em média de 25% e o percentual da perda de materiais, removido como entulho, durante o transcorrer da obra é de 50%. A utilização dessas estimativas de referência define uma “taxa de geração de resíduos de construção” na ordem de 150 quilos por metro quadrado construído (Pinto, 1999). No Brasil, conforme o autor, foi estimado um índice de produção de RCD de 0,9 tonelada por metro quadrado construído, enquanto o manual de orientação relativo ao manejo de gestão de resíduos da construção civil recomenda índice 5 de massa específica de 1,2 t/m³.

Como base para o cômputo da valoração utiliza-se a área ocupada pela edificação, que deve ser mensurada em metros quadrados. Utiliza-se como referência para a avaliação desses custos os valores e índices estimados que considera como Resíduos de Construção e Demolição – RCD tanto os resíduos de novas construções e reformas, como os de demolições dos mais diferentes tipos de obra, assim, estima-se um índice de produção de RCD de 0,9 tonelada por metro quadrado construído (Ministério Público do Estado de Mato Grosso, 2018).

Considerando que na área 1, situada às margens do Rio Araguaia, há a presença de 3 (três) edificações, a distribuição das áreas das construções segue as diretrizes estabelecidas na Tabela 1.

Tabela 1 – Dimensões das construções existentes na área 1

Construções	Área (m ²)
Casa principal (13 m x 14 m)	182
Casa lateral (6 m x 10 m)	60
Quiosque	50
Total	292

Para fins de valor da demolição será aplicado o valor constante na Tabela Nacional de Pesquisas de Custos e Índices de Produção na Construção Civil – SINAPI⁵, disponibilizada no site da Caixa Econômica Federal, com valor aplicado para o Estado de Goiás em julho/2023, conforme Quadro 4.

Quadro 4 – Custos de demolição conforme Tabela Nacional de Pesquisas de Custos e Índices de Produção na Construção Civil – SINAPI

Código SINAPI	Atividade	Custo R\$/m ³
97625	Demolição de alvenaria para qualquer tipo de bloco, de forma mecanizada, sem reaproveitamento.	48,06

Desta forma para se chegar ao custo de demolição por m², aplica-se a equação 3:

⁵ O acesso à tabela do SINAPI é realizado através do link: https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_646.

$$CD = (V \times IRCD \times Cdem) \div \mu \quad (3)$$

$$CD = (1m^2 \times 0,9 t/m^2 \times R\$ 48,06/m^3) \div 1,2 t/m^3$$

$$CD = 36,05 \text{ reais/m}^2$$

Onde:

CD = custo de demolição

V = Volume

IRCD = índice de produção de resíduo

Cdem = Custo de demolição/m³

μ = Massa específica

Considerando o volume total de 292,00 m² das 3 (três) edificações (tabela 2) e o custo de demolição de R\$ 36,05/m² obtém-se um valor final de demolição de R\$ 10.526,60.

Os valores de demolição variam de um local para outro dependendo da forma que o cálculo foi utilizado, conforme detalhado no Quadro 5, ressalta-se, entretanto, pode se inferir que o valor de R\$ 36,05/m² corresponde à média da maioria dos trabalhos encontrados.

Quadro 5 – Diferentes preços considerados como custos de demolição em outros trabalhos.

Referência	Valores (R\$)
Silva (2020)	31,00
Ministério Público do Estado de Minas Gerais (2020)	36,56
Ministério Público do Estado de Mato Grosso (2018)	37,80
Ministério Público do Estado da Bahia (2021)	118,84
Ministério Público do Estado de Mato Grosso do Sul (2018)	138,26

Fonte: Elaborada pela autora com base em Silva (2020), MP/MG (2020), MP/MT (2018), MP/BA (2021) e MP/MS (2018).

As caçambas de entulho podem variar quanto ao volume recolhido, sendo que as mais usuais possuem 6 m³, pois proporcionam melhores condições de transporte dos resíduos com relação ao quantitativo. Em consultas realizadas em 3 (três) empresas obteve-se o valor médio de R\$ 400,00 por caçamba.

O índice de produção RCD utilizado para a área foi de 0,9 t/m² construído, sendo que

se justifica pelo fato de que a construção está localizada em zona rural, não considerando, portanto, as perdas que ocorrem no transcorrer da obra com remoção de parte dos entulhos e resíduos em zona urbana. Desta forma o volume de entulhos e resíduos de construção gerados é calculado de acordo com a equação 4:

$$\begin{aligned} \text{RCD} &= \text{IRCD} \times V_{\text{TC}} \\ \text{RCD} &= 0,9 \text{ t/m}^2 \times 292 \text{ m}^2 \\ \text{RCD} &= 262,8 \text{ ton} \end{aligned} \tag{4}$$

Sendo:

RCD = Resíduos de construção demolida

IRCD = índice de produção de resíduo

V_{TC} = Valor total de área construída

O peso específico da alvenaria de tijolo furado corresponde a 1,224, portanto, para converter tonelada em m^3 é necessário multiplicar por 0,817, conforme Anexo I, assim chega-se a um volume de $214,7 \text{ m}^3$ ($0,817 \times 262,8$).

Considerando que cada caçamba possui a capacidade de 6 m^3 , conclui-se que para a retirada dos entulhos serão necessárias aproximadamente 36 caçambas. Desta forma o valor final para a retirada dos resíduos é de R\$ 14.400,00.

Há agravantes no caso de resíduos de construção e demolição, tais como: o profundo desconhecimento dos volumes gerados, dos impactos que eles causam, dos custos sociais envolvidos e, inclusive, das possibilidades de seu reaproveitamento fazem com que os gestores dos resíduos se apercebam da gravidade da situação unicamente nos momentos em que, acuados, veem a ineficácia de suas ações corretivas (Pinto, 1999).

4.3 Aplicando o Método de Custos Ambientais Totais Esperados – CATE I na área 1 onde ocorreu danos por edificações (ranchos) às margens do Rio Araguaia, com uso irregular de Área de Preservação Permanente – APP.

A área 1, onde existem danos causados por impermeabilização do solo, através de construções, a delimitação da área autuada, com indicações dos seus vértices, bem como as respectivas coordenadas geográficas constam na Tabela 2.

Tabela 2 – Delimitação da área 1 que deverá ser recuperada

Ponto	Latitude S	Longitude W
1	14°34'23.63"	50°59'35.97"

2	14°34'25.99"	50°59'37.02"
3	14°34'26.20"	50°59'35.69"
4	14°34'24.37"	50°59'34.44"

Fonte: A autora (2023)

A valoração econômica dos danos ambientais depende da obtenção do máximo de informações possíveis sobre a gravidade dos danos causados, o que envolve conhecer o estado do meio ambiente antes da degradação e quais os serviços ecossistêmicos que o recurso ambiental lesado proporcionava, com vistas à identificação do valor de uso direto e do valor de uso indireto (Steigleder *et al.*, 2021).

Na área de estudo verifica-se que o Rio Araguaia possui uma largura média de 270 m, portanto, a Área de Preservação Permanente – APP a ser mantida é de 200 m, de acordo com a legislação aplicável (Brasil, 2012).

Para a área em questão sugere-se o plantio das seguintes espécies nativas: *Acrocomia aculeata* (bocaiuva, macaúba), *Anadenanthera colubrina* (angico branco), *Anadenanthera peregrina* (angico vermelho), *Apeiba tiborbou* (pente de macaco), *Apuleia leiocarpa* (garapa), *Byrsonima intermedia* (murici), *Cabrlea canjerana*, *Calophyllum brasiliense* (guanandi), *Campomanesia xanthocarpa* (gabioba), *Cecropia pachystachya* (embaúba), *Croton urucurana* (sangra d'água), *Enterolobium contortisiliquum* (orelha de macaco), *Genipa americana* (jenipapo), *Handroanthus serratifolius* (ipê amarelo), *Inga cylindrica*, *Physocalymma scaberrimum* (aricá), *Tapirira guianensis* (peito de pombo), *Xylopia emarginata* (pindaíba), entre outras.

Com vistas a recuperação da área em pauta, que possui um total de 0,3313 ha (3,313 m²), utilizando um espaçamento 3 m x 2 m, ou seja, 6 m² por planta, serão necessárias 552 mudas. Considerando a dimensão do local a ser recuperado especificado acima e os custos de recuperação estabelecidos no Quadro 2, pode-se concluir que o custo de recuperação para a implantação é de R\$ 7.291,90 e R\$ 2.500,02 para manutenção por 3 anos, respectivamente. A supervisão e os relatórios devem ser apresentados semestralmente, desta forma em 3 anos chega-se a um valor de R\$ 6.000,00.

Um aspecto crucial a se considerar ao buscar a recuperação ou restauração uma área ripária degradada é que o objetivo final não é obter uma vegetação idêntica àquela que foi destruída, uma vez que isso seria ecologicamente impossível. Desta forma, o esforço é direcionado para restabelecer a área a um estado de ecossistema o mais próximo possível do original.

Verifica-se que a área total do imóvel é inferior ao mínimo previsto em legislação. A Fração Mínima de Parcelamento – FMP no município de Aruanã é de 3 ha, destacando que conforme a Instrução Especial nº 5/22, fração mínima de parcelamento corresponde a menor área, em hectares, em que um imóvel rural pode ser desmembrado ou dividido para a constituição de novo imóvel rural (INCRA, 2022).

O uso de alternativas menos agressivas para a cobertura do solo, como o amendoim do Cerrado (*Arachys pintoi*), leguminosa nativa, forrageira e rasteira, reduzem o custo de manutenção de plantios de recuperação, sendo recomendada para inibir o crescimento de plantas daninhas, pois faz a adubação verde, adicionando nitrogênio atmosférico no solo por meio da associação com bactérias; outra vantagem é que proporciona ao solo e as outras plantas é a descompactação devido às suas raízes, permitindo uma maior infiltração de água (Fagg, 2013). Conforme a autora o seu enraizamento robusto e profundo também ajuda a amenizar as enchentes, sendo uma ótima opção para conter a erosão e a lixiviação de nutrientes do solo.

O plantio da espécie amendoim do Cerrado não é necessário em toda a área que será revegetada, mas apenas em locais estratégicos, como onde há maior compactação do solo ou no entorno das mudas, considerando que esta espécie não vai competir com a muda por nutrientes. No ambiente da pesquisa o plantio será realizado, preferencialmente, nos locais onde há construções, tendo em vista a compactação existente, com área total de 292 m².

Considerando o plantio estabelecido de 60 mudas/m² de grama amendoim, verifica-se que para a área em discussão serão necessárias 18.104 mudas, chegando-se a um valor final de R\$ 4.526,00.

Para o cálculo pelo método CATE I utiliza-se a equação 2:

$$CATE I = \frac{(V_c + C_d \cdot F_i/d) \cdot (1+j)^n}{(1+j)^n - 1} \quad (2)$$

Convencionou-se, com base na literatura científica, bem como com base nas consultas e estudos realizados e discussões havidas nos encontros técnicos, que, considerado um período de 10 anos de desenvolvimento de projetos de restauração florestal, têm-se uma recomposição da estrutura florestal (no sentido do estabelecimento da cobertura do dossel) e a correspondente acumulação de biomassa/carbono da ordem de 100 t/ha, o que permite níveis consideráveis de restituição de serviços ecossistêmicos como o de sequestro e estoque de carbono, de proteção dos solos contra erosão, proteção dos recursos hídricos (qualidade, infiltração, vazão), com o estabelecimento de condições de regulação típicas de ambientes florestais básicas e essenciais para estabelecimento e maior desenvolvimento de sua flora, fauna e respectivas interações (Ministério Público do Estado de São Paulo, 2014).

No Quadro 6 é apresentado o montante total necessário para a recuperação da área em questão, com apresentação dos custos detalhados para cada atividade específica a ser executada.

Quadro 6 – Valores finais dos custos ambientais presentes para recuperação do local ocupado com construções e área de 0,3313 ha às margens do Rio Araguaia

Atividades	Valores em reais
Cercamento da área (insumos e mão de obra)	2.197,58
Implantação do projeto (insumos e mão de obra)	5.635,40
Plantio de grama amendoim	4.526,00
Manutenção do projeto	2.500,02
Total	14.859,00
Projeto (elaboração e execução)	13.000,00
Custos das demolições	10.526,60
Retirada do RCD	14.400,00
Supervisão e emissão de relatórios semestrais por 3 anos	6.000,00
Total	58.785,60

Fonte: A Autora (2023).

Os valores utilizados para aplicação da equação 4, visando realizar a valoração dos danos ambientais na área de estudo foram definidos conforme Quadro 7, através de dados previamente levantados na literatura e relacionados nos métodos. Considerando que o autuado não obteve lucro econômico devido à infração, o Valor da Terra nua – VTN será zero.

Quadro 7 – Valores utilizados para os cálculos aplicando o Método de Custos Ambientais Totais Esperados – CATE I

Fator	Valor
Vc – Valor comercial da área por ha (VTN)	0
Cd – Custos da recuperação da área 1 (Custos ambientais presentes)	R\$ 14.859,00
Fi/d – Fator de conversão	9 (ocorreu supressão, com retirada do horizonte A do solo e presença de edificação).
j – Taxa de juros (a.a)	6% (0,06)
n – Período em anos	10
Projeto (elaboração e execução)	R\$ 13.000,00
Custos da demolição – CD (Quadro 5)	R\$ 10.526,60

Custos retirada RCD (Quadro 9)	R\$ 14.400,00
Supervisão e emissão de relatórios semestrais por 3 anos	R\$ 6.000,00

Fonte: A autora (2023)

Quando se atribui o valor 8 ou 9 para o fator de conversão (Fi/d) dos custos ambientais diretos e indiretos, normalmente vai levar-se em consideração a significativa predominância dos danos existentes. O dano direto é o desmatamento ou o impedimento de regeneração que ocorre na área, já os danos indiretos considerados são aqueles causados à perda de serviços ecossistêmicos da área ripária, como o assoreamento dos recursos hídricos, a ciclagem de nutrientes, a percolação dos resíduos de agrotóxicos, a alteração da qualidade e quantidade da água, a redução da capacidade de infiltração de água no solo, a diminuição da biodiversidade afetando a polinização, controle de pragas e também o afugentamento da fauna.

Recuperar é a atividade voltada justamente para reabilitação dos bens naturais da área que foi originalmente degradada, a isso dá-se o nome de recuperação *in situ* (no local), sendo a forma ideal e completa de reparação (Ministério Público do Estado de Mato Grosso do Sul, 2018). Os autores esclarecem que a recuperação *in natura*, feita mediante a imposição de obrigações de fazer, buscará a recuperação da capacidade funcional do ambiente degradado, devendo assegurar a possibilidade de autorregulação e autorregeneração do bem afetado, por meio da reconstituição de ecossistemas e habitats comprometidos e que estavam em desequilíbrio ecológico devido ao dano.

A vegetação ripária é fundamental na proteção de recursos hídricos e prestam uma variedade de serviços ambientais como filtração de sedimentos, nutrientes e pesticidas agrícolas, estabilização das margens dos rios, armazenamento de água, recarga de aquíferos e manutenção do equilíbrio térmico dos ecossistemas aquáticos (Aguiar Júnior e Parron, 2015). Ainda de acordo com os autores contribuem para a conservação do solo e da biodiversidade, para o provimento de inimigos naturais para o controle de pragas, para o fornecimento de abrigo e alimentos para animais polinizadores e dispersores de sementes e atuam como corredores para dispersão de espécies em ambientes fragmentados, apresentando função primordial na redução de fontes de poluição difusa de nutrientes, através da filtragem e decomposição, bem como na estabilização de inundações.

Nas Figuras 4, 5, 6 e 7 é possível visualizar as três edificações existentes na área a ser valorada, assim como a área ripária sem presença de uma vegetação nativa adequada, conforme prevê a legislação ambiental.

Figura 4 – Uma das construções existentes (casa principal) na Área de Preservação Permanente – APP do Rio Araguaia.



Figura 5 – Outras duas construções (quiosque e casa do caseiro) inseridas em área ripária.



Figura 6 – Área de Preservação Permanente hídrica com presença parcial de vegetação



Figura 7 – Área ripária desprovida de flora nativa



Fonte: A Autora (2023).

Aplicando o método CATE (equação 2) para a área 1, obtém-se um valor de R\$ 303.010,75. A este valor adiciona-se os custos com a elaboração e execução do projeto de R\$ 13.000,00, com a demolição – CD de R\$ 10.526,60, da retirada dos entulhos – RCD que é R\$ 14.400,00 e da supervisão e emissão de relatórios semestrais de R\$ 6.000,00. Desta forma o valor final é de R\$ 346.937,35, de acordo com o detalhamento no Apêndice I.

4.4 Aplicando o Método de Custo Ambientais Totais Esperados – CATE I na área 2 onde houve danos causados por atividade pecuária às margens de uma vereda

A delimitação da área 2, onde houve danos ambientais causados pela atividade pecuária às margens de uma vereda e que deverá ser recuperada, através do isolamento, pois há bovinos no local, e plantio de espécies nativas é informada com as respectivas coordenadas geográficas, na Tabela 3.

Tabela 3 – Limites da área 2 em coordenadas geográficas, Datum SIRGAS 2000

Pontos	Latitude (S)	Longitude (W)
010	15°7'49.9378"	50°55'17.4293"
011	15°7'50.3149"	50°55'17.1484"
012	15°7'52.0669"	50°55'18.2519"
013	15°7'53.1399"	50°55'21.3267"
014	15°7'53.9827"	50°55'23.5521"
015	15°7'53.8116"	50°55'23.8031"
016	15°7'57.1215"	50°55'24.6731"
017	15°7'56.7923"	50°55'25.3134"
019	15°8'39.4695"	50°55'21.8562"
020	15°8'3.10037"	50°55'9.83522"
021	15°8'22.4331"	50°55'11.3288"

Fonte: A Autora (2023).

A erosão de natureza antrópica libera partículas do solo que vão ter seu destino determinado, principalmente, pelos cursos d'água e por meio destes vão causar impactos e danos em vários compartimentos do ambiente (Marques e Pereira, 2004). 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 *et al.*, 2011).

Para uma área de 7,2062 ha com um espaçamento 3 m x 2 m, ou seja, 6 m² por planta, será preciso adquirir um total de 12.013 mudas de espécies nativas da região para realizar o plantio no local onde ocorreu o dano ambiental.

Nas Figuras 8, 9, 10 e 11 é possível perceber a degradação das áreas ripárias, além da presença de bovinos, assim como danos causados pelo seu pisoteio no local.

Figura 8 – Área de Preservação Permanente – APP ocupada com atividade pecuária



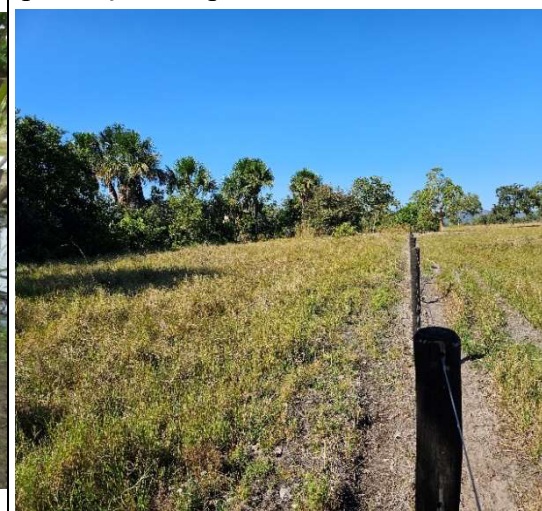
Figura 9 – Uso irregular de área ripária de vereda com pastagem.



Figura 10 – Danos em Área de Preservação Permanente pelo pisoteio dos bovinos



Figura 11 – Visão geral da área com presença de capim exótico



Fonte: A Autora (2023).

No Quadro 8 é apresentado o valor final para promover a recuperação dos danos ambientais referentes à área degradada 2, às margens de uma vereda e nascentes de um tributário do rio Araguaia.

Quadro 8 – Valores finais para recuperação da área ocupada com atividade pecuária em uma vereda

Atividades	Valores em reais
Cercamento da área	47.800,17
Implantação do projeto	122.577,03
Manutenção do projeto	54.378,56

Total	224.755,76
Projeto (elaboração e execução)	13.000,00
Supervisão e emissão de relatórios semestrais por 3 anos	6.000,00
Total	243.755,76

Fonte: A autora (2023)

O custo do Valor da Terra Nua – VTN em Aruanã foi calculado em 6.617,67/ha (Peiró, 2021), no entanto, conforme valores de VTN 2023 verificados junto ao site da Prefeitura de Aruanã/GO, para pastagem plantada o valor por hectare é de R\$ 7.370,26 (Prefeitura Municipal de Aruanã, 2023), de acordo com o Anexo II.

Os valores a serem empregados na valoração dos danos ambientais causados pela atividade pecuária em uma área ripária, utilizando o CATE I, conforme equação 2, estão apresentados na Quadro 9.

Quadro 9 – Valores utilizados para os cálculos aplicando o Custos Ambientais Totais Esperados – CATE I na área 2

Fator	Valor
Vc – Valor comercial da área por ha (VTN)	R\$ 7.370,26
Cd – Custos da recuperação da área 2 (Custos ambientais presentes)	R\$ 224.755,76
Fi/d – Fator de conversão	8 (houve supressão, sem retirada do horizonte A do solo e sem edificação)
j – Taxa de juros (a.a)	6% (0,06)
n – Período em anos	10
Projeto (elaboração e execução)	R\$ 13.000,00
Supervisão e emissão de relatórios semestrais por 3 anos	R\$ 6.000,00

Fonte: A autora (2023)

Ao aplicar o método CATE I para a área 2, utilizando a equação 2, considerando o desmatamento como dano intermitente, o valor final para a recuperação do local é de R\$ 4.194.395,18, conforme detalhadamente calculado no apêndice. A este valor adiciona-se os custos com a elaboração e execução do projeto de R\$ 13.000,00 e com supervisão e emissão de relatórios semestrais de R\$ 6.000,00, desta forma chega-se a um valor de R\$ 4.213.395,18.

Realizou-se a mensuração econômica dos efeitos internos à área de produção causados pelo processo de erosão do solo, a partir do custo de reposição dos nutrientes perdidos pelo solo

agrícola verificadas nas bacias hidrográficas dos Rios Atibaia e Jaguari, onde o valor monetário correspondente aos custos internos devidos ao processo erosivo na Bacia do Atibaia foi estimado em US\$ 336 mil, sendo que a parcela correspondente a reposição referente ao nitrogênio, repostado pelo fertilizante sulfato de amônio, corresponde a quase 90% dos valores totais das perdas (Marques e Pereira, 2004). Os autores explicam que as estimativas do valor econômico das perdas de solo agrícola, ocorridas na Bacia Hidrográfica do Rio Jaguari, alcançaram valores por volta de US\$ 715 mil por ano

Após cinco anos do plantio de espécies lenhosas em Área de Preservação Permanente – APP hídrica, Córrego Capoeira em Jataí/GO, localizada em meio urbano, as variáveis de crescimento em diâmetro, altura (variando de 3,01 m a 9 m) e área basal, bem como a detecção de árvores produzindo frutos e a presença de animais na área, indicam o processo avançado do estabelecimento das espécies, de diferentes grupos ecológicos e padrões de deciduidade, promovendo a recuperação inicial dos processos ecológicos (Assis *et al.*, 2019).

Uma das consequências da pressão negativa sobre as matas ciliares é a redução do nível freático além da capacidade de recarga do sistema pela utilização de água para irrigação, o que provoca alteração na qualidade da água dos rios (Aguiar Júnior e Parron, 2015). Outra consequência, conforme os autores, é o desmatamento das matas ciliares, com seus inúmeros impactos negativos para o sistema fluvial, como a erosão e a sedimentação dos canais, o aumento da entrada de nutrientes provenientes do escoamento superficial e subsuperficial da água e a elevação da temperatura da água pelo aumento da insolação em decorrência da ausência da cobertura vegetal.

5. CONCLUSÃO

A restauração de áreas protegidas, como as ripárias, representa uma meta de conservação de extrema relevância. Esta meta requer uma atenção especial para garantir a disponibilidade de recursos hídricos em abundância e com qualidade. É preciso assegurar o uso sustentável dos recursos naturais aumentando o envolvimento de mais proprietários de terras em programas de conservação.

A avaliação econômica não pode atuar apenas como um auxílio à tomada de decisão, mas também como meio de conscientizar os formuladores de políticas sobre a importância desse princípio na manutenção de um meio ambiente sustentável. Ao aplicar a economia para identificar valores, eles podem adquirir uma melhor compreensão da importância da

restauração e da preservação ambiental para a vida terrestre, impulsionando assim a reversão do desmatamento.

Um dos desafios mais significativos e contraditórios enfrentados pela humanidade é o reconhecimento tardio do valor real dos habitats naturais para a manutenção da vida. Geralmente essa conscientização ocorre somente após a perda, degradação, drenagem ou aterramento destes habitats, ou ainda quando as espécies, juntamente com sua diversidade e abundância, começam a diminuir, e, por fim, desaparecem.

A valoração ambiental desempenha um papel fundamental, em especial se a sociedade tem a finalidade de interromper a degradação da maioria dos recursos naturais, antes que ela atinja um ponto de irreversibilidade. Este ponto de irreversibilidade, também denominado de ruptura, além de causar a extinção de espécies e áreas fundamentais à vida, traz com ele a possibilidade de extinção da própria espécie humana.

Aplicando do CATE I chegou-se a um valor de R\$ 346.937,35 para a área 1, local onde ocorreu danos ambientais causados pela presença de construções e de R\$ 4.213.395,18 para a área 2, com danos provocados pela atividade pecuária.

6. REFERÊNCIAS

AGUIAR JÚNIOR, Terencio Rebello de; PARRON, Lucília Maria. Indicadores de serviços ambientais hídricos e a contribuição da vegetação ripária para a qualidade de água. In: PARRON, Lucília Maria; GARCIA, Junior Ruiz.; OLIVEIRA, Edilson Batista de; BROWN, George Gardner; e PRADO, Rachel Bardy (eds). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Embrapa: Brasília/DF, 2015, p. 183-190.

ANGELO, Priscila Garcia. **Estimativa do valor econômico-ecológico da planície de inundação do Rio Araguaia e influência do público-alvo na valoração ambiental**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução). UFG: Goiânia, Instituto de Ciências Biológicas, 2010, 77 p.

ASSIS, Raissa Macedo; QUEIROZ, Thales Augusto Ferreira; FREITAS, Karita Kristina Sousa; FERREIRA, Wendy Carniello; e DIAS, Daniela Pereira. Crescimento de árvores plantadas para recomposição de área de preservação permanente hídrica em meio urbano. **Revista Brasileira de Biociências**. Porto Alegre, v. 17, n.1, 2019, p. 1-8.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Diário Oficial da União**. 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651.htm. Acesso em: 11 fev. 2023

BRASIL. **Diretrizes para valoração de dano ambiental**. CNMP, Conselho Nacional do Ministério Público. Brasília – DF. 2021. 509 p.

BRASIL. Portaria nº 118, de 3 de outubro de 2022. **Diário Oficial da União**. 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-118-de-3-de-outubro-de-2022-434890911>. Acesso em: 03 out. 2022.

CARPANEZZI, Fernando Bertol; VIEIRA, Marcelo Lemos. **Valoração ambiental de supressão vegetal: guia prático**. CAO/MPES, Vitória, 2020, 9 p.

CHABARIBERY, Denyse; SILVA, José Roberto da; TAVARES, Luís Fernando de Jesus; LOLI, Maria Venina Barbosa; SILVA, Mário Roberto da; e MONTEIRO, Ana Victória V. M. Recuperação de matas ciliares: sistemas de formação de floresta nativa em propriedades familiares. **Informações econômicas**, São Paulo, v. 38, n. 6, 2008, 14 p.

CORDIOLI, Maria Luiza Apolinário. **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 em Perícias Criminais Ambientais). UFSC: Florianópolis, Centro de Ciências Biológicas, 2013, 154 p.

FAGG, Jeanine Maria Felfili. Recuperação de áreas degradadas no Cerrado, com espécies nativas do Bioma: Quebrando paradigmas. **Revista Opiniões**, 2013. Disponível em: <https://florestal.revistaopinioes.com.br/pt-br/revista/detalhes/13-recuperacao-de-areas-degradadas-no-cerrado-com-/>. Acesso em: 05 jan. 2023.

FALCO, Gláucia de Paula. Porque quantificar o meio ambiente. **Revista Vianna Sapiens**. Juiz de Fora, v. 1, n. 2, 2017. 28 p.

FARIA, Franciyelen Fernandes de Souza. **Estudo de caso: análise dos métodos CATE-DAI e DEPRN em Áreas de Preservação Permanente na bacia do Rio Tijuco/MG**. Trabalho de Conclusão de Curso (MBA em Economia Ambiental), UFPR: Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, Curitiba, 2018, 43 p.

GOOGLE EARTH website. Disponível em: <https://earth.google.com/>. 2023. Acesso em: 20 set. 2023.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Contas de ecossistemas: resultados do Projeto NCAVES no Brasil / IBGE, Coordenação de Geografia e Meio Ambiente, Coordenação de Contas Nacionais. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. 134 p.

INCRA – Instituto Nacional de Reforma Agrária. **Tabela com os municípios com a Fração Mínima de Parcelamento reduzida**. 2022. Disponível em: https://www.gov.br/incra/pt-br/assuntos/noticias/reclassificacao-de-imoveis-rurais-beneficia-produtores-de-todo-o-pais/tabela-fmp_alterado.xls/view. Acesso em: 03 fev. 2023.

MAGLIANO, Mauro Mendonça. Valoração Econômica de Danos Ambientais. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Departamento de Engenharia Florestal, UnB, Brasília, 2019, 183 p.

MALDONADO, Ana Denise Ribeiro Mendonça; EDUARDO, Antonio Sérgio.; RIBEIRO, José Soares. Valoração econômica ambiental como instrumento do planejamento ambiental. *In: I ENCONTRO INTERNACIONAL DE GESTÃO, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO*. Naviraí, 12 a 14 de setembro de 2017, 17 p.

MARQUES, João Fernando; PEREIRA, Lauro Charlet. **Valoração econômica dos efeitos da erosão: estudo de caso em bacias hidrográficas**. Embrapa Meio Ambiente, Documentos 40, Jaguariúna/SP, 2004, 21 p.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DA BAHIA – MP/BA. **Metodologia de valoração econômica do dano Ambiental, fundamentos legais e técnicos**. Nota Técnica 001/2021. Salvador: CEAMA, 2021, 44 p.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE MATO GROSSO – MP/MT. **Valoração do dano ambiental. Casos aplicados ao Estado de Mato Grosso**. Cuiabá: PJEDAOU, 2018, 109 p.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL– MP/MS. **Valoração de dano ambiental**. Campo Grande: CAOMA, 2018, 74 p.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS – MP/MG. **Valoração econômica de danos ambientais**. Coletânea da Central de Apoio Técnico do Ministério Público de Minas Gerais. Belo Horizonte: CEAF, 2020, 322 p.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – MP/SP. **Relatório final de valoração de dano ambiental**. São Paulo: CAO, 2014, 151 p.

MONTEIRO, Patrícia Cardoso. **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 (Mestrado em Perícias Criminais Ambientais). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021, 105 p.

MOTTA, Ronaldo Seroa da. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais**. IPEA/MMA/PNUD/CNPq Rio de Janeiro, 1997, 254 p.

PEIRÓ, Augusto Mousinho Teixeira. Valor de mercado das terras agrícolas no Estado de Goiás. Dissertação (Mestrado Profissional em Desenvolvimento Regional). UNIALFA: Goiânia, 2021, 118 p.

PINTO, Tarcísio de Paula. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese (Doutorado em Engenharia). USP: São Paulo, 1999, 189 p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARUANÃ. Valor de Terra Nua – VTN. 2023. Disponível em: <https://aruana.go.gov.br/res/midias/outros/638690155ade2eff0d7d2b672b14d765.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2023.

RIBAS, Luiz Cesar. **Metodologia para avaliação de danos ambientais: O caso florestal**. Tese (Doutorado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 1996, 242 p.

SALVADOR, Aline Valéria Archangelo; SERVELLO, Émerson Luiz; ROQUETTE, José Guilherme; RIBAS, Luiz César; SOUZA, Luiz Fernando de; COELHO, Luiz Humberto Edundino Ribeiro; CARVALHO, Margareth Sílvia de Souza; SILVA, Maria Betânia Figueiredo; LACERDA, Raquel Caroline Alves; ARAÚJO, Romana Coêlho de; ARAÚJO Rousyana Gomes de; GULLI, Vicente Fernando del Bianco; FRANCISCO, Wagner de Moura;

e CORREIA JÚNIOR, Yalmo. Valoração de danos ambientais à flora. *In*: BRASIL. **Diretrizes para valoração de danos ambientais**. Conselho Nacional do Ministério Público. Brasília: CNMP, 2021, p. 153-273

SANTOS, Neusa Alice dos; HOFFMANN, Jucilene; ROOSEVELT, Antonio; CHAVES, Flávio Teodoro; FONSECA, Carlos Eduardo Lazarini da. Análise socioeconômica da interação entre a sociedade e a Mata de Galeria: implicações para a formulação de políticas públicas. *In*: RIBEIRO, José Felipe; FONSECA, Carlos Eduardo Lazarini da; SOUSA-SILVA, José Carlos (eds). Cerrado caracterização e recuperação de Matas de Galeria. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e Ministério do Meio Ambiente, 2001, p. 691-731.

SCHÄFFER, Wigold Bertoldo; AQUINO, Luiz Carlos Servulo de; ROSA, Marcos Reis; MEDEIROS, João de Deus. 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. Série Biodiversidade, Brasília: MMA, 41, 2011, 85 p.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION – SER. **What is ecological restoration?** 2023. Disponível em: <https://www.ser-rrc.org/what-is-ecological-restoration/>. Acesso em: 23 jan. 2023.

SILVA, Lauriane Kamila Santos. **Associação de métodos indiretos para a valoração econômica de danos ambientais, decorrentes de desflorestamentos: estudos de caso na Floresta Nacional do Jamanxim – PA**. Dissertação (Mestrado em Perícias Ambientais). UFSC, Florianópolis, 2020, 146 p.

STEIGLEDER, Annelise Monteiro; KISHI, S.; LOUBET, L. F.; ARAJO, R. C. de.; ROQUETTE, J. G. Diretrizes gerais para a valoração econômica de danos ambientais. *In*: BRASIL. **Diretrizes para valoração de danos ambientais**. Conselho Nacional do Ministério Público. Brasília: CNMP, 2021, p. 29-75.

TESSLER, Marga Inge Barth. **O valor do dano ambiental**. Palestra no Curso de Direito Ambiental e do Consumidor. Curso de Especialização em Direito Ambiental Nacional e Internacional, UFRGS/Instituto por um Planeta Verde, 2004. Disponível em: https://www.trf4.jus.br/trf4/upload/arquivos/conc_juizes/dano-ambiental_ufrgs_out_2004.pdf. Acesso em: 12 jan. 2023.

WEBAMBIENTE. **Simulador de recomposição ambiental**. Disponível em: https://www.webambiente.cnptia.embrapa.br/publico/simulador_descricao.xhtml?jsessionid=k3XbRO4_N5AstCxNL5CcN7wkF-o4K4NrL_YAPLcA.virt0041. Acesso em: 18 ago. 2022.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Cerrado, um domínio morfoclimático e fitogeográfico, desempenha um papel fundamental na manutenção do equilíbrio hidrológico no Brasil, uma vez que abastece oito das doze regiões hidrográficas do país. Para combater o desmatamento deste bioma, que aumenta a cada período, é necessário estabelecer medidas proativas. Isso envolve a otimização do uso da terra, a implementação de instrumentos que desestimulem o desmate ilegal e a criação de incentivos econômicos para aqueles que preservam, como o Pagamento por Serviços Ambientais – PSA.

A destruição acelerada do Cerrado ameaça espécies endêmicas, além de comprometer serviços ecossistêmicos essenciais como a regulação do clima e a provisão de água. O nível de desmatamento no bioma é proporcionalmente mais alto, quando comparado a outros biomas, como a Amazônia, por possuir uma legislação mais flexível. É primordial que haja governança, estabelecendo com urgência políticas públicas voltadas para o combate ao desmatamento.

A dinâmica do desmate prejudica a oferta hídrica nas regiões brasileiras, considerando que a Amazônia capta a água do mar (rios voadores⁶) que por sua vez o Cerrado armazena e distribui através de sua complexa vegetação e rede hidrográfica. Para enfrentar a escassez hídrica é preciso preservar e conservar em todas as frentes e não priorizando um bioma em detrimento de outro. Além disso é importante um comprometimento do setor privado para reverter a tendência de desmate, pois diferente da Amazônia, no Cerrado as áreas de vegetação remanescentes se encontram em propriedades particulares.

A importância dos métodos de valoração ambiental não decorre apenas da necessidade de dimensionar os danos ambientais existentes, visando absorvê-los à economia, mas também de evidenciar custos e benefícios que são decorrentes da expansão de atividades antrópicas. Desta forma, a inclusão de valores monetários pode auxiliar a internalizar pelo menos parte do verdadeiro valor econômico e a importância social da manutenção e conservação dos recursos naturais na elaboração das políticas públicas.

Nas políticas de comando e controle, os resultados obtidos com a valoração podem subsidiar a tomada de decisão dos agentes públicos, através da regulamentação de produtos que possam apresentar externalidades negativas superiores aos benefícios proporcionados pelo seu

⁶ Os rios voadores são “cursos de água atmosféricos”, formados por massas de ar carregadas de vapor de água, muitas vezes acompanhados por nuvens, e são propelidos pelos ventos. Essas correntes de ar invisíveis passam em cima das nossas cabeças carregando umidade da Bacia Amazônica para o Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil (Expedição rios voadores, 2013).

consumo. As respostas poderão ainda subsidiar a definição de restrições ao avanço de certas atividades poluidoras, contribuindo para a definição de novas políticas de uso e controle dos recursos naturais.

O foco e objetivo da análise de valoração ambiental não é impedir o uso do capital natural, mas identificar o limite deste uso, fazendo com que não ultrapasse a capacidade de recuperação do planeta, identificando o quantitativo que precisa ser preservado, ressaltando a importância de se manter as áreas ripárias devido a sua importância na manutenção de serviços indispensáveis à vida.

Uma característica comum que é atribuída ao meio ambiente é a de que se trata de um bem público. Um bem público tem como característica própria a não rivalidade, isto é, o custo adicional marginal do consumidor é zero, e não exclusividade, pois o uso por um indivíduo não exclui o uso do outro. Por causa dessas condições, e a ausência de direitos de propriedade e/ou nenhuma intervenção governamental, o uso desse bem pode se dar de maneira descontrolada.

A importância da valoração ambiental está no fato de criar um valor de referência que indique uma sinalização de mercado, possibilitando, assim, o uso sustentável dos recursos naturais. Outro fator relevante da valoração econômica dos ativos ambientais está em possibilitar o direcionamento de verbas para atividades que proporcionam um maior benefício à população, otimizando assim a alocação de recursos públicos.

Entende-se que não há um método que sobrepõe ao outro, sendo que vai depender do objetivo da valoração para a área em questão. Evidentemente que diferentes métodos incluem fatores distintos, como por exemplo, o período que os serviços ecossistêmicos foram degradados. Outro fator é a aplicação de juros para corrigir o lapso temporal ocorrido entre o dano e o início da recuperação da área.

Com o objetivo de avaliar danos ambientais em duas áreas ripárias do Cerrado, com tipos de degradações distintas, foram aplicados o Método Custo Reposição – MCR e o Método de Custos Ambientais Totais Esperados – CATE I. Verificou-se que utilizando o MCR obteve-se um valor de R\$ 58.785,60 para a área 1 e R\$ 243.755,76 para a área 2. Com o CATE I obteve-se um valor final é de R\$ 346.937,35 para a área 1 e de R\$ 4.213.395,18 para a área 2.

Considerando os dois métodos utilizados são apresentadas no Quadro 1 algumas diferenças e semelhanças entre eles, sendo ambos destinados à valoração econômica de danos ambientais.

Quadro 1 – Diferenças e similaridades entre o Método Custo Reposição – MCR e o Método de Custos Ambientais Totais Esperados – CATE

MCR	CATE
Método Indireto	Método indireto
Função produção	Função produção
Determina valor de uso direto	Determina valor de uso direto e indireto
Não estima o valor de opção e de existência.	Não estima o valor de opção e de existência.
Custos de reposição do recurso ambiental degradado.	Além dos custos ambientais presentes, considera a intensidade e gravidade do dano, além do fator tempo (n) e taxa de juros (j).
Não capta o verdadeiro valor da disposição a pagar ou a receber da população por uma melhoria ambiental.	Não capta o verdadeiro valor da disposição a pagar ou a receber da população por uma melhoria ambiental.
Não engloba elementos relacionados às perdas ou às interrupções de serviços ecossistêmicos.	Engloba perdas ecossistêmicas.
Apresenta incerteza e a dificuldade técnica para repor o recurso ambiental atingido pela degradação.	Apresenta uma consistência maior na estruturação matemática e eficiência quanto ao fator de conversão.
Aplicado, em cálculo dos custos de recuperação da fertilidade em solos degradados e de custos de recuperação de uma área degradada através de reflorestamento.	Aplicado em casos de recuperação de áreas degradadas através de reflorestamento.
Tem um caráter objetivo e relativa facilidade de aplicação.	Necessita de inferências para a determinação de suas variáveis.
Não exige levantamentos de campo complexos.	Não exige levantamentos de campo complexos.

Fonte: Produzido pela autora com base em Castro e Nogueira (2019), Brasil (2021), Cordioli (2013) e Silva (2020)

Analisando os diferentes valores encontrados, assim como suas divergências e convergências, fica a pergunta sobre qual método deve ser utilizado? Entendo que a aplicação de um ou outro método vai depender do objetivo da valoração. Nos processos judiciais onde, na maioria das vezes, visam a recuperação *in situ* do dano causado a área em si, faz-se a aplicação do Método Custo Reposição. Entretanto, nas situações em que se busca internalizar à valoração os serviços ecossistêmicos perdidos, assim como o lapso temporal que estes retornam a área, além de obtenção de lucro com o dano causado, ou ainda quando a recuperação ocorrer *ex situ* pode se aplicar o Método de Custos Ambientais Totais Esperados.

E por fim, um elemento crucial na valoração de danos ambientais é considerar a simplicidade de aplicação do método, ressaltando que este tipo de dano é complexo, multifacetário, atingindo diferentes vertentes no local onde é identificado. Além disso, é essencial não atribuir valores irrealistas, pois isso comprometeria a efetiva responsabilização, onde o maior valor encontrado, nem sempre será apropriado para a situação em questão. É fundamental reconhecer que o meio ambiente não mantém conta em instituições bancárias e que a sociedade, muitas vezes por falta de conhecimento, tende a tolerar danos em certa medida.

Portanto, para uma avaliação mais precisa, é imprescindível qualificar o dano, caracterizando-o antes de quantificá-lo.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Diretrizes para valoração de dano ambiental**. CNMP, Conselho Nacional do Ministério Público. Brasília – DF. 2021. 509 p.

CASTRO, Joana D'arc Bardella.; NOGUEIRA, Jorge Madeira. **Valoração econômica ambiental, métodos de função de produção: teorias e estudos de caso**. Curitiba: ed. CRV, 2019, 196 p.

CORDIOLI, Maria Luiza Apolinário. **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 em Perícias Criminais Ambientais). UFSC: Florianópolis, Centro de Ciências Biológicas, 2013, 154 p.

EXPEDIÇÃO RIOS VOADORES. **Fenômeno dos rios voadores**. 2013. Petrobrás. Disponível em: <https://riosvoadores.com.br/o-projeto/fenomeno-dos-rios-voadores/>. Acesso em: 28 set. 2023.

SILVA, Lauriane Kamila Santos. **Associação de métodos indiretos para a valoração econômica de danos ambientais, decorrentes de desflorestamentos: estudos de caso na Floresta Nacional do Jamanxim – PA**. Dissertação (Mestrado em Perícias Ambientais). UFSC, Florianópolis, 2020, 146 p.

APÊNDICE

1. CÁLCULOS CATE 1

1.1 ÁREA 1

$$\text{CATE área 1} = \frac{(0 + 14.859,00 * 9) \times (1 + 0,06)^{10}}{(1 + 0,06)^{10} - 1}$$

$$\text{CATE área 1} = \frac{(133.731) \times (1,79)}{0,79}$$

$$\text{CATE área 1} = \frac{239.378,49}{0,79}$$

CATE área 1 = R\$ 303.010,75

1.2 ÁREA 2

$$\text{CATE área 2} = \frac{((7,2062 * 7.370,26) + (224.755,76 * 8)) \times (1 + 0,06)^{10}}{(1 + 0,06)^{10} - 1}$$

$$\text{CATE área 2} = \frac{(53.111,57 + 1.798.046,08) \times 1,79}{0,79}$$

$$\text{CATE área 2} = \frac{(1.851.157,65) \times 1,79}{0,79}$$

CATE área 2 = R\$ 4.194.395,18

ANEXO I

Tabela 1 – Informações sobre pesos específicos de materiais de alvenaria e conversões
(<https://orcamentos.eu/pesos-especificos-de-materiais/>)

Alvenaria	Peso específico	Converter m ³ para toneladas	Converter toneladas para m ³
Alvenaria de adobe (tijolo cru, seco ao sol)	1,735	x 1,735	x 0,576
Alvenaria de basalto	2,857	x 2,857	x 0,350
Alvenaria de blocos de betão pesados	1,633	x 1,633	x 0,612
Alvenaria de blocos furados de betão leves	1,327	x 1,327	x 0,754
Alvenaria de calcário duro	2,551	x 2,551	x 0,392
Alvenaria de granito, gneiss, sienite ou pórfiro	2,653	x 2,653	x 0,377
Alvenaria de taipa	1,939	x 1,939	x 0,516
Alvenaria de tijolo furado leve	1,224	x 1,224	x 0,817
Alvenaria de tijolo furado vulgar	1,480	x 1,480	x 0,676
Alvenaria de tijolo maciço leve	1,633	x 1,633	x 0,612
Alvenaria de tijolo maciço pesado	1,837	x 1,837	x 0,544
Alvenaria seca de basalto	2,755	x 2,755	x 0,363
Alvenaria seca de calcário	2,347	x 2,347	x 0,426

Alvenaria seca de granito	2,449	x 2,449	x 0,408
Cantaria ou silharia de basalto	3,061	x 3,061	x 0,327

Fonte: Orçamento e orçamentação na construção civil (2012).

ANEXO II

Valor de Terra Nua – VTN em Aruanã/GO



Ofício nº 37/2023

Aruanã, 19 de abril de 2023.

Assunto: **Informação VTN — Instrução Normativa RFB N° 1877/2019**

Em cumprimento ao disposto na Instrução Normativa RFB n° 1877, de 14 de março de 2019, envio abaixo as informações sobre o Valor da Terra Nua - VTN do município de Aruanã para o ano 2023.

Ano	Lavoura Aptidão boa	Lavoura Aptidão regular	Lavoura Aptidão restrita	Pastagem plantada	Silvicultura ou Pastagem natural	Preservação da Fauna ou Flora
2023	R\$ 28.948,37	R\$ 19.806,47	R\$ 15.235,53	R\$ 7.370,26	R\$ 5.526,24	R\$ 3.682,23

Dados sobre o levantamento:

- Responsável pelo Levantamento: José Ranufo Rodrigues do Macêdo
- CPF do Responsável pelo Levantamento: CPF 519.398.356-15
- Registro Nacional do Profissional: CREA n° 140208956-3

Descrição simplificada da metodologia:

Foram realizadas pesquisas de mercado de valores transacionados de terras com o intuito de determinação do valor de comercialização destes imóveis sem interferência de especulação imobiliária ou interesse político, para fins de cálculo estatístico do Valor da Terra Nua a ser determinado como base para o Imposto Territorial Rural (ITR-2023) e apresentação ao SIPT (Receita Federal), conforme a Instrução Normativa IN-1877. Vale ressaltar que a utilização de diversas fontes de pesquisas na mesma região geoeconômica e a vistoria “in loco” permitiram ampliar o enfoque analítico e refinar a análise do Valor da Terra Nua. Para elaboração deste Laudo de Avaliação foi utilizado o Método Comparativo

direto de Dado de Mercado na determinação do valor da terra nua. Para o tratamento técnico dos dados amostrados, utilizou-se a regressão linear / inferência estatística, conforme recomenda a Norma Técnica da ABNT - NBR 14.653, partes 1 e 3. Para este cálculo inferencial estatístico, foi utilizado o programa de regressão linear múltipla e de redes neurais artificiais — “SisDea Home”.

Período de realização da coleta de dados:

- Início da realização de coleta: 30/ 03 / 2023
- final da realização de coleta: 17 / 04 / 2023

Atenciosamente

HERMANO DE CARVALHO
Prefeito