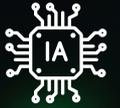


ISSN 2675-4762

Ibama



ADA

SAPEVO-M

SIMAF



Trajetórias, perspectivas e desafios da gestão ambiental pública

Gestão da Informação Ambiental

Revista nº 4

2024

Expediente

Pareceristas dos artigos deste número:

1. Adriana P. D. de Araújo
2. Fernanda Balestro
3. Francisco Joelinton dos Santos
4. Igor Duarte Rosa Lima
5. Janaina Nascimento Silva
6. João Batista Dummond Câmara
7. Lenin Bicudo Barbara
8. Leonardo Carvalho Lima
9. Paula Moraes Pereira
10. Romulo Soares P. Neto
11. Rosana Gomes da Rosa
12. Vicente Mota Lima

As opiniões expressas nos artigos desta série 4 são de inteira responsabilidade dos autores e não refletem, necessariamente, o posicionamento do Ibama. As referências são de responsabilidade dos autores.

Catálogo na Fonte

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

Trajatórias, perspectivas e desafios da gestão ambiental pública/Coordenação de Gestão da Informação Ambiental – nº4 (2024) – Brasília, DF: IBAMA, 2024

Anual Série:

Gestão da Informação Ambiental
ISSN: 2675-4762

1. Gestão ambiental – Periódicos I. IBAMA. Coordenação de Gestão da Informação Ambiental.
CDU (2.ed.) 502.14

Impresso no Brasil
Printed in Brazil

Presidente da República

Luis Inácio Lula da Silva

Ministério do Meio Ambiente

Marina Silva

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

Rodrigo Antônio de Agostinho Mendonça

Centro Nacional de Monitoramento e Informações Ambientais

Nara Vidal Pantoja

Coordenação de Gestão da Informação Ambiental

Kelly Maria Resende Borges

EDIÇÃO

Centro Nacional de Monitoramento e Informações Ambientais

Coordenação de Gestão da Informação Ambiental

Comitê Editorial do Ibama

SCEN, Trecho 2, Edifício-Sede do Ibama, Bloco C
CEP:70818-900. Brasília-DF
Telefone: (61) 3316-1206
e-mail: cogia@sede@ibama.gov.br
<http://www.ibama.gov.br>

Comitê Editorial

Auristela Marina Cardoso Genaro Webster
Líceros Alves de Andrade dos Reis
Isaque Medeiros Siqueira
João Batista Drummond Câmara
Edelin Kennia Ribas
Nara Vidal Pantoja
Andiara Maria Braga Maranhão
Tiago Penna da Costa
Euclides Ferreira De Albuquerque

Secretária do Comitê

Maria José De Franca Silvío

Revisão

Auristela Marina C.G. Webster

Capa

Rodrigo Antunes dos Santos - Ascom/Ibama Sede

APRESENTAÇÃO

A quarta edição da nossa Série Gestão da Informação Ambiental, focada no tema "Trajetórias, perspectivas e desafios da gestão ambiental" mergulha nas complexidades e oportunidades que permeiam o campo da gestão ambiental, trazendo à tona uma variedade de perspectivas e abordagens.

Os artigos selecionados nesta edição oferecem *insights* e análises sobre as questões prementes que envolvem a preservação e a sustentabilidade do nosso ambiente. Desde o papel da tecnologia, como a Inteligência Artificial, na otimização da gestão de dados ambientais, até as implicações das políticas e instrumentos de certificação na promoção de práticas mais sustentáveis. Cada contribuição lança luz sobre aspectos cruciais da gestão ambiental contemporânea.

Explora também a interseção entre ciência e gestão, destacando pesquisas que enriquecem nossa compreensão sobre a ecologia de espécies ameaçadas, bem como a avaliação de riscos associados a atividades agrícolas e uso de agrotóxicos.

Além disso, não foi deixada de lado a importância da fiscalização e da aplicação de medidas dissuasórias na proteção da biodiversidade e na conservação de recursos naturais preciosos, como demonstrado pelos estudos sobre a fiscalização na proteção dos quelônios-da-amazônia e no manejo do pirarucu.

Por fim, refletiu-se sobre o papel da educação ambiental e da valorização dos danos ambientais como instrumentos essenciais na promoção de comportamentos e políticas mais alinhados com a sustentabilidade.

Nesta edição, buscou-se não apenas informar, mas também inspirar ação. Esperamos que os artigos aqui apresentados estimulem discussões construtivas e inspirem iniciativas que contribuam para um futuro mais equilibrado e harmonioso entre a humanidade e o meio ambiente.

É importante ressaltar, para aqueles que ainda não leram, que os números anteriores da revista se encontram disponíveis no site do Ibama. Cada edição oferece uma visão única e valiosa sobre diversos aspectos da gestão ambiental e irão enriquecer ainda mais sua experiência e inspirar reflexões sobre os desafios e oportunidades sobre as questões ambientais.

Agradecemos a todos os autores, revisores e colaboradores que contribuíram para tornar possível esta edição.

Esperamos que todos desfrutem da leitura tanto quanto nós apreciamos trazê-la até vocês. Que se sintam inspirados a contribuir com seus conhecimentos para o próximo número da revista.

Aproveitem a leitura e até a próxima edição!

RODRIGO AGOSTINHO
Presidente do Ibama

SUMÁRIO

07

A experiência do Ibama na gestão compartilhada do manejo do pirarucu no estado do Amazonas

Cristina Isis Buck Silva
Sara Quizia Correia Mota

17

A importância da fiscalização na proteção da tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa*) no médio Rio Tapajós

Roberto Victor Lacava
Raphael Alves Fonseca

27

A produção científica sobre políticas públicas de resíduos sólidos e educação ambiental: uma análise bibliométrica

Vicente Mota De Souza Lima

45

A valoração como instrumento de cobrança da reparação de danos ambientais na Amazônia: a experiência do estado de Roraima e as propostas de fortalecimento da cobrança das medidas reparatórias

Jacqueline Lima da Guia
Josane Franco de Oliveira
Maria Rutinéia Nobre Dias
Joelma Almeida da Silva
Carlos Eduardo de Sousa Macedo
Ari Alfredo Weiduschat

63

Ato Declaratório Ambiental: do instrumento de redução tributária do ITR ao modelo de certificação ambiental de imóveis rurais

Rafael Freire de Macedo
João Pessoa Riograndense
Francisco Portela

79

Contribuição da ciência no avanço da avaliação de risco ambiental de agrotóxicos no Brasil

Vicente Arcela
André Sartori
Clara de Sena Costa
Marcelo Augusto Pereira Coelho Dias

95

Ecologia reprodutiva de *Podocnemis expansa* (Testudines, Podocnemididae) no Médio Tapajós, Brasil

Raphael Alves Fonseca
Sérgio de Melo
Roberto Víctor Lacava e Silva
Priscila Saikoski Miorando

111

O efeito dissuasório da multa ambiental e sua função balizadora na aplicação da conversão de multas ambientais

Alessandro Piazza Pinheiro

126

Inteligência artificial no auxílio ao gerenciamento de dados de relatórios de auditoria ambiental

Luiz Augusto de Oliveira Costa

139

Manejo de controle da espécie exótica *Sus scrofa* Linnaeus 1758 através do Sistema Integrado de Manejo de Fauna – Simaf, no estado do Pará

Matheus Santos dos Anjos
Robson Cruz Santos
Luiz Nélio Saldanha Palheta
Luiz Paulo Printes Albareli
Marcio Borba da Silva

156

Metodologias multicritério de apoio à decisão: uma aplicação do método SAPEVO-M na hierarquização do impacto à biodiversidade marinha, pelas diversas frotas pesqueiras com atuação na costa do Rio Grande do Sul

Luís Eduardo Torma Burgueño
Fernando Antônio Ribeiro Falcão

170

Produção madeireira nas concessões florestais federais da Amazônia

Gustavo Bediaga de Oliveira
Robson Cruz Santos
José Humberto Chaves

184

Reposição florestal com essências nativas: uma alternativa à sustentabilidade na Amazônia

Hugo Leonardo Mota Ferreira



A experiência do Ibama na gestão compartilhada do manejo do pirarucu no estado do Amazonas

Cristina Isis Buck Silva (SILVA, C.I.B)¹

Sara Quizia Correia Mota (MOTA, S.Q.C)²

Resumo

O manejo do pirarucu (*Arapaima gigas*) é um modelo de gestão compartilhada da pesca iniciado em 1999 no Amazonas, no qual as comunidades e o governo trabalham conjuntamente buscando a recuperação e manutenção dos estoques pesqueiros locais. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (Ibama), como órgão executor da política ambiental, participa do processo de construção do manejo desde o seu início. Este trabalho busca descrever como isso ocorre e quais as consequências dessa participação para a gestão governamental e para a conservação dos recursos naturais da Amazônia.

Palavras-chave: manejo, pirarucu, gestão compartilhada.

Abstract

The management of pirarucu (*Arapaima gigas*) is a model of shared fisheries management that began in 1999 in the Amazonas, in which communities and the government work together to recover and maintain local fish stocks. The Brazilian Institute for the Environment and Renewable Natural Resources (BAMA), as the body that enforces environmental policy, has been engaged in the management process since its inception. This paper seeks to describe how this occurs and what the consequences of this participation are for government management and for the conservation of the natural resources of the Amazon region.

Keywords: management, pirarucu, shared management.

Introdução

Gestão ambiental são as ações realizadas por indivíduos ou grupos, com várias motivações para proteger, cuidar ou usar o meio ambiente (Bennet *et al.*, 2018). A gestão compartilhada na pesca surge como tentativa de descentralização de poderes de decisão sobre o recurso pesqueiro, em que o fortalecimento da participação cidadã coloca os pescadores como sujeitos das ações gerenciais que envolvem a atividade (Seixas *et al.*, 2011).

¹ Bióloga, mestre em Ecologia, doutoranda em Ambiente e Sociedade- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis- Superintendência do Amazonas.

² Bióloga Especialista em Gestão de Recursos Pesqueiros - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - Diretoria de Biodiversidade e Florestas.

Com a criação do Ibama em 1989 e diante dos inúmeros conflitos de pesca existentes na Amazônia, percebeu-se a importância da gestão compartilhada da pesca para a manutenção dos estoques pesqueiros e para a resolução dos conflitos. Esse processo da gestão compartilhada teve início em 1990 com a implementação do projeto Iara (Administração dos Recursos Pesqueiros do Médio Amazonas: Estado do Pará e Amazonas). Esse projeto buscou desenvolver estratégias para gestão ambiental que garantisse a sustentabilidade da pesca por meio de práticas de cogestão pesqueira, políticas e arranjos institucionais baseados em acordos comunitários de pesca (Ruffino, 2001; Mcgrath et al., 2015). Ao final do Projeto Iara, em 1998, articulou-se a continuação das ações iniciadas e sua ampliação para uma área maior incluindo o estado do Amazonas, por meio do Projeto Pró-Várzea.

O projeto Pró-Várzea foi criado em 2002 com o objetivo de estabelecer bases técnicas, científicas e políticas para a conservação e o manejo sustentável dos recursos naturais, principalmente recursos pesqueiros da várzea na região central da Bacia Amazônica (Ibama, 2002; Mcgrath et al., 2015; Vidal, 2010). A construção colaborativa entre gestores ambientais federais e comunitários no Amazonas continuou mesmo após o término dos grandes projetos de gestão compartilhada na região. Essa aproximação foi fundamental para o desenvolvimento do manejo do pirarucu no estado (Mcgrath et al., 2015).

O manejo do pirarucu é um modelo de gestão compartilhada iniciado em 1999 no estado do Amazonas, no qual as comunidades e o governo trabalham em conjunto buscando a recuperação e manutenção dos estoques pesqueiros locais. Consiste em um conjunto de regras e procedimentos tanto comunitários quanto governamentais, com o objetivo de proteger e zonear os espaços de pesca, a fim de que os estoques pesqueiros nesses locais aumentem, e os usuários possam retirar uma parcela da população de peixes (*Arapaima gigas*) através de cotas anuais de captura emitidas pelo Ibama. No entanto, o manejo também é o conjunto de todos os atores envolvidos nas várias etapas e processos que precisam ser cumpridos e aperfeiçoados para a sua realização. Esses atores são instituições governamentais e não governamentais, associações, universidades, institutos de pesquisa, cooperativas e o mercado que absorve o peixe capturado.

No Amazonas, o manejo pode ser realizado exclusivamente em Unidades de Conservação (Federais, Estaduais e Municipais), Terras Indígenas e Áreas de Acordo de Pesca (Brasil, 2005). A participação comunitária no manejo está vinculada à mobilização e organização social, incluindo o zoneamento do território pesqueiro, a proteção da área, o levantamento dos estoques de peixe, a pesca e o monitoramento do peixe capturado. Isso abrange também a comercialização e avaliação comunitária de todas as etapas do manejo (Gonçalves, 2018; Amazonas, 2015).

A participação governamental no manejo envolve diversas esferas, incluindo prefeituras, o governo do estado e órgãos federais. As prefeituras participam porque administram os municípios onde o manejo ocorre. Sua participação pode se dar por meio de apoio em feiras locais ou na logística de transporte do pescado.

O governo do estado participa do manejo por meio de várias secretarias. A Secretaria de Meio Ambiente (Sema) é responsável por autorizar a realização do manejo nas Unidades de Conservação Estaduais e Áreas de Acordo de Pesca. O Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) autoriza o manejo em Unidades de Conservação Federais, além de auxiliar na organização da cadeia de comercialização do pescado. A Fundação Nacional dos Povos Indígenas (Funai) autoriza e apoia o manejo nas Terras Indígenas.

Para a realização do manejo, é necessária uma dupla autorização. A primeira delas é a autorização para a realização da pesca nas áreas designadas, emitida pelos órgãos gestores dos espaços protegidos, como o ICMBio, a Sema e a Funai. A segunda é a autorização da captura do peixe, emitida pelo Ibama. Este artigo descreverá a participação do Ibama no processo, com o

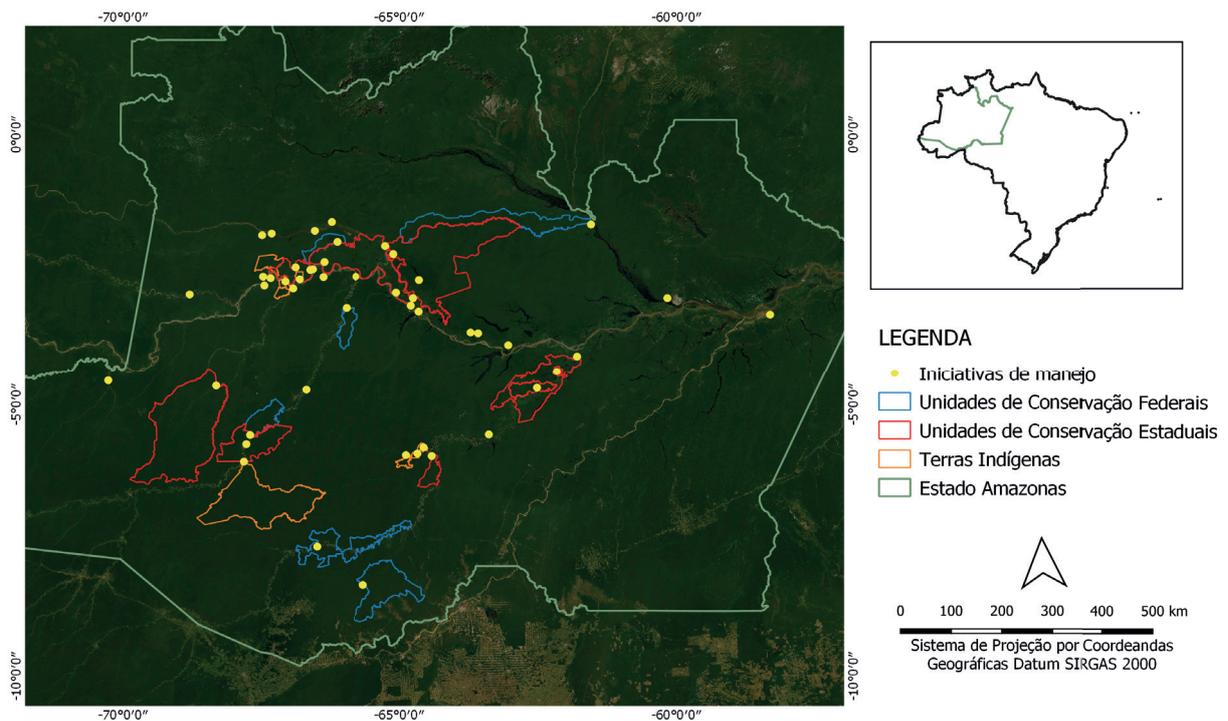
objetivo de esclarecer as atividades de sua competência e descrever como conduz as análises e etapas sob sua responsabilidade.

Metodologia

Este trabalho analisa o manejo do pirarucu realizado no estado do Amazonas, o qual, em 2021, envolveu mais de 49 iniciativas de pesca sustentável inseridas em Unidades de Conservação, Terras Indígenas e Áreas de Acordo de pescas distribuídas pelo Amazonas. Para isso, foram analisados 28 processos digitalizados no Sistema Eletrônico de Informações (SEI), totalizando 26.015 páginas, relacionados ao manejo de 49 áreas.

Este trabalho faz parte da tese de doutorado de uma das autoras, refletindo também o conhecimento adquirido pelas autoras nas análises das etapas e processos que envolvem o manejo do pirarucu sob competência do Ibama. As atividades desempenhadas pelo Ibama através do Núcleo de Biodiversidade e Florestas do Amazonas – Nubio/AM e da Coordenação de Comércio Exterior (Comex).

Figura 1 – Mapa de distribuição das iniciativas de manejo no estado do Amazonas.



Fonte: Silva, 2021.

Resultados e Discussão

Em 2021, o manejo do pirarucu contou com a participação de 315 comunidades³, 3.586 famílias e 5.562 pescadores no Amazonas. Independente da categoria à qual a área manejada pertence

³ Neste trabalho as aldeias indígenas constantes nas Terras Indígenas e mencionadas nas autorizações de captura são consideradas comunidades. Isso se deve à necessidade de maior aprofundamento da participação indígena no manejo, independentemente de sua organização como comunidade indígena ou como aldeias em Terras Indígenas.

(UCs, TIs, APPs) e dos arranjos de gestão vinculados a isso, todas as áreas têm interação com o Ibama para requerer as cotas anuais de captura do peixe. Por isso, o Ibama é o órgão centralizador das informações sobre o manejo e o responsável pelo seu monitoramento e fiscalização.

Isso ocorre porque, apesar do processo de descentralização da pesca no Brasil desde 2009, que repassa as ações de gestão e ordenamento pesqueiro aos estados, e com a promulgação da Lei Complementar nº. 140/2011⁴ que acentuou esse processo, a autorização da pesca do pirarucu permanece no Ibama.

A inclusão do pirarucu no Apêndice II da Convenção sobre Comércio Internacional das Espécies da Flora e Fauna Selvagens em Perigo de Extinção (Cites), desde 1975 (Mello; Mota; Silva, 2019) e o Ibama ser o órgão autorizativo da Cites no Brasil são fatores determinantes. O envolvimento do Ibama na construção do processo desde o início, e o reconhecimento que essa estratégia de gestão trouxe para a conservação da biodiversidade, como evidenciado pelo VI Prêmio Hugo Werneck de Meio ambiente e Sustentabilidade recebido pelo Ibama em 2015 (<https://www.premiohugowerneck.com.br/>), também justificam essa responsabilidade.

Além disso, o acúmulo de conhecimento em gestão de base comunitária gerada ao longo dos anos, por meio da participação do Ibama nas etapas de monitoramento e fiscalização do processo, facilita as avaliações e contribuições para a melhoria das atividades de manejo em todas as áreas onde ocorre.

Monitoramento

O monitoramento realizado pelo Ibama ocorre em diferentes etapas e busca realizar uma avaliação abrangente de cada iniciativa de manejo e do processo geral no estado do Amazonas, por meio do levantamento dos tópicos listados no quadro 1. As informações de 1 a 4 constam nos planos de manejo de pesca submetidos pelas áreas interessadas em iniciar o manejo e nos relatórios enviados anualmente ao Ibama para a emissão das cotas posteriores de captura. As informações sobre rastreabilidade (5) constam nas guias e licenças Cites emitidas para o transporte nacional e internacional, respectivamente.

Quadro 1 – Informações geradas pelo manejo do pirarucu.

Informações	Definição
1. Sobre a contagem (número de indivíduos)	Definição da abundância populacional existente em cada ambiente aquático e no conjunto de ambientes que compõem uma área manejada.
2. Sobre a pesca (captura)	Inclui área, local, data e hora de captura, apetrecho utilizado, participantes envolvidos, quantidade autorizada e quantidade pescada.
3. Sobre o peixe (indivíduo)	Peso e comprimento corporal, sexo e, em algumas áreas, estágio de maturação das gônadas. Cada indivíduo capturado recebe um número de identificação (lacre).
4. Sobre o manejo (processo)	Quantidade total capturada, frota pesqueira, número de manejadores envolvidos em todas as etapas do processo. Aspectos relacionados à comercialização e divisão de benefícios entre os participantes. Também inclui uma avaliação comunitária das dificuldades e benefícios da pesca e comercialização do pescado.
5. Sobre a rastreabilidade	Guias de transporte e comercialização nacionais, que visam resguardar a origem do pescado. Licença CITES para exportação (principalmente couro).

Fonte: Silva, 2022.

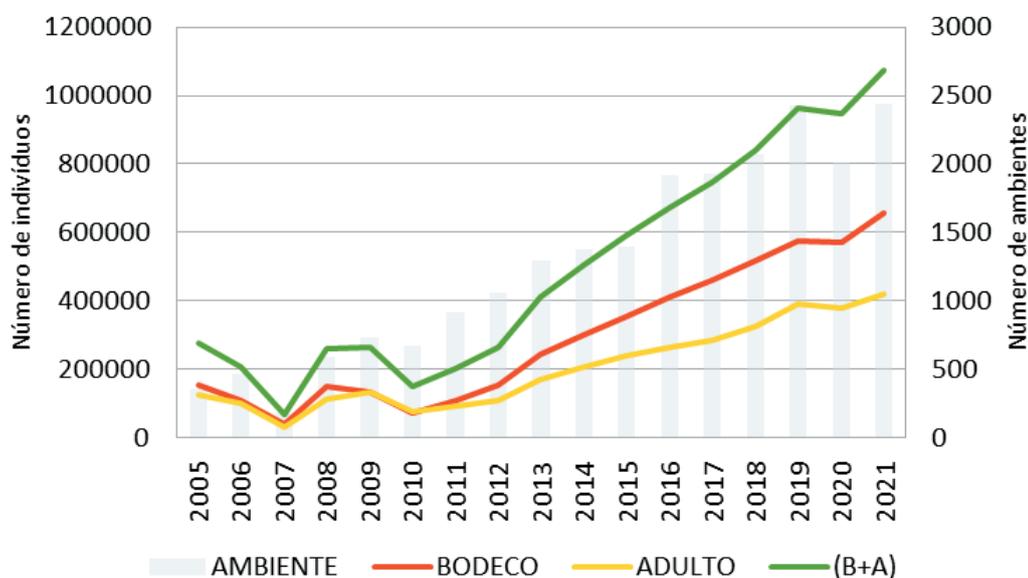
⁴ A Lei complementar 140/2011 regulamentou a cooperação entre União, Estados e Municípios, delegando aos estados a competência para formular suas próprias políticas ambientais estaduais.

Um dos objetivos centrais do manejo é auxiliar a recuperação dos estoques pesqueiros nos ambientes aquáticos onde o peixe estava escasso. Para alcançar esse propósito, as ações de vigilância comunitária nos ambientes aquáticos tornam-se extremamente necessárias. A vigilância busca inibir as invasões aos espaços de pesca, controlando o acesso de pessoas externas às áreas e ao manejo. Junto com a vigilância, a definição de regras comunitárias de acesso para os participantes do manejo desses ambientes promove a proteção desses espaços, garantindo a reprodução dos pirarucus existentes nesses locais.

A logística necessária para a vigilância comunitária pode receber apoio dos órgãos gestores das áreas, de associações comunitárias e organizações não governamentais. O Ibama não participa diretamente da vigilância comunitária e não influencia na construção das regras comunitárias de acesso, respeitando a organização de trabalho estabelecida pelos comunitários (Silva, 2020). No entanto, o Ibama exige que as legislações sobre tamanho mínimo e época de captura sejam obedecidas pelo grupo de manejadores dedicados à pesca manejada.

Quando a recuperação do estoque ocorre após três a cinco anos de dedicação à proteção dos espaços de pesca, há um aumento na abundância de indivíduos nesses ambientes. Esse aumento populacional é evidenciado pelos dados das contagens anuais (Castello, 2004) apresentados ao Ibama e aos órgãos gestores das áreas manejadas.

Gráfico 1 – Número de indivíduos contados ao longo dos anos em todas as áreas manejadas do Amazonas. Bodecos referem-se a indivíduos juvenis > 150 cm e adultos são indivíduos < 150 cm que podem ser capturados pela pesca.



Fonte: Silva, 2022.

O Ibama participa ativamente, desde o princípio, das mobilizações para o início do manejo em muitas dessas áreas, enquanto em outras recebe os dados das contagens, juntamente com outras informações sobre as áreas, como público-alvo, zoneamento e regras comunitárias de acesso. Esses dados são fornecidos nos planos de manejo submetidos à instituição (Amazonas, 2015).

As análises para a emissão da primeira cota de captura de uma área baseiam-se em informações constantes nos planos de manejo sustentável do pirarucu, que são enviados ao Ibama pelos

manejadores e suas assistências técnicas. Essas informações abrangem a organização social dos grupos interessados em participar da pesca, a caracterização socioeconômica desses grupos, o zoneamento dos ambientes aquáticos inseridos nas áreas de pesca e detalhes sobre o escoamento pretendido da produção e treinamento realizado pelos participantes para a contagem de pirarucus (Amazonas, 2015).

Após a emissão da primeira cota de captura, as cotas subsequentes dependem das informações repassadas nos relatórios anuais de pesca, que incluem dados sobre a pescaria, os pescadores, a comercialização, as reuniões de avaliação da pesca e as contagens realizadas. As autorizações de captura emitidas pelo Ibama representam o reconhecimento, por parte do governo, do trabalho de proteção dos ambientes aquáticos e o reconhecimento dos resultados da organização social e gerencial para o processo.

Essas autorizações são emitidas para cada uma das iniciativas de manejo e permitem a captura de até 30 % dos indivíduos adultos contados anualmente nos ambientes de pesca. Essa cota restritiva garante a conservação do recurso, pois assegura que a maioria do estoque não será pescada (70%). Os peixes não retirados podem contribuir para a manutenção e/ou aumento da população por meio da reprodução e crescimento dos indivíduos.

As análises de cada iniciativa de manejo levam em consideração três situações específicas principais (Silva, 2020): a recuperação e manutenção dos estoques pesqueiros do pirarucu, a existência de governança nas áreas manejadas, e a presença de conflitos externos e internos que impactam negativamente na organização social e no engajamento dos manejadores no processo.

A recuperação dos estoques não é um processo isolado e independente da governança existente nas áreas. A governança ambiental é um processo mais amplo que a gestão, abrangendo o conjunto de processos regulatórios, mecanismos e organizações estatais e não estatais por meio dos quais os atores políticos influenciam as ações ambientais e seus resultados (Lemos; Agrawal, 2006; Moura, 2016).

A governança das áreas manejadas e, conseqüentemente, do manejo ocorre quando as categorias a que essas áreas manejadas pertencem contam com a participação dos órgãos gestores (ICMBio, Funai e Sema), além das instituições parceiras como organizações não governamentais, institutos de pesquisa e a sociedade civil organizada na administração e gestão. O conjunto desses atores favorece a busca pela resolução das demandas e ameaças que impactam essas regiões. O Ibama também desempenha um papel importante na formação dessa governança, pois, por meio do manejo, a instituição está próxima das áreas e de suas demandas.

Os conflitos ambientais externos às áreas refletem a fragilidade da governança, como, por exemplo, a ameaça do garimpo, a pesca ilegal e o desmatamento. Para o manejo, é importante que estes conflitos sejam passíveis de gestão e/ou resolução (Vargas, 2007), seja durante o ciclo anual do manejo ou em uma escala intermediária. Essas atividades não apenas exercem pressão sobre os estoques protegidos, através da retirada ilegal de peixes, mas também têm o potencial de desestimular a participação comunitária no processo, ao se tornarem mais atrativas financeiramente para alguns manejadores em comparação à participação na pesca sustentável.

O Ibama toma conhecimento desses conflitos por meio dos próprios manejadores e/ou suas representações organizadas, e participa de ações de fiscalização que visam sanar ou diminuir o impacto gerado por essas atividades ilegais.

Os conflitos não resolvidos na presença dos órgãos gestores das áreas e do Ibama tendem a atingir altos níveis de tensão, exigindo, em muitos casos, a intervenção policial. Essas situações

envolvem diferentes níveis de violência, desde a violência verbal até ameaças à integridade física dos manejadores. Nesses momentos, o conflito torna-se complexo e, frequentemente, não é passível de resolução imediata, e deve ser gerido para evitar o aumento de sua proporção, o que poderia inviabilizar o manejo ou causar danos à integridade física dos envolvidos.

Conflitos internos podem surgir entre os comunitários, entre os manejadores e as comunidades vizinhas e/ou moradores dos municípios-sede do manejo, que invadem os espaços de pesca. Esses conflitos, geralmente, são resolvidos pelos próprios comunitários organizados por meio de reuniões comunitárias ou visitas às áreas e pessoas que realizam as invasões. O Ibama toma conhecimento desses conflitos quando, por algum motivo, mesmo com a intervenção dos órgãos gestores das áreas, a resolução não foi possível. Isso indica que os ambientes de pesca estão vulneráveis às invasões, o que pode refletir na diminuição dos indivíduos contados nos ambientes aquáticos.

Nesses casos, o Ibama faz recomendações aos órgãos gestores, participa de algumas ações e reuniões visando a resolução dos conflitos, e pode até cancelar as cotas de captura caso o estoque pesqueiro não se recupere ao longo do tempo.

Cada conjunto de informações e situações vivenciadas pelo manejo e pelos manejadores na proteção aos espaços de pesca e nas atividades de pesca, transporte e comercialização gera análises da instituição. Gera também tomadas de decisão e direcionamentos que auxiliam na gestão e melhoria dos processos de monitoramento e fiscalização adotados pelo Ibama. A etapa da rastreabilidade da cadeia de comercialização do peixe envolve compradores de pescado e de seus subprodutos em escala nacional e internacional. Em 2021 foram emitidas cerca de 3.000 guias de transporte e comercialização para o Brasil e 160 licenças Cites de transporte internacional para EUA, México, Canadá, Porto Rico e Reino Unido.

Discussão

A atuação do Ibama como órgão governamental responsável pelo monitoramento e fiscalização do manejo do pirarucu está vinculada à sua trajetória de proximidade com a gestão compartilhada da pesca que se iniciou na década de 90. Atualmente o manejo do pirarucu no Amazonas se mantém como um modelo de gestão compartilhada que gera resultados positivos para a conservação da Amazônia, para os usuários do recurso e para a gestão governamental.

O manejo gera bons resultados para a gestão governamental porque aproxima o Ibama dos usuários dos recursos naturais que são diretamente impactados pelo manejo e seus benefícios. Mas o manejo não existe como uma atividade isolada de gestão das ameaças e fragilidades de governança que afetam as áreas que participam dessa pesca. Isso determina que a instituição seja um ator importante para promover essa governança pois o manejo atua como uma importante ferramenta de promoção da gestão territorial e da organização do grupo social envolvido.

O manejo gera grande quantidade de informações sobre um importante recurso natural da região amazônica, e possibilita seu monitoramento desde o lago em que foi pescado até a etapa da cadeia de comercialização anterior à chegada ao consumidor final. Esse acompanhamento favorece a credibilidade do processo, do trabalho dos manejadores e do Ibama. Para aprimorar ainda mais o processo, é fundamental desenvolver novas tecnologias e procedimentos dentro da instituição que auxiliem na rastreabilidade e no monitoramento.

Conclusão

O manejo do pirarucu representa um processo de gestão ambiental em constante construção, mudança e evolução. Isso se aplica tanto aos manejadores envolvidos diretamente nas várias etapas das atividades quanto ao Ibama, responsável por monitorar e fiscalizar a atividade. O Ibama reconhece que a importância do manejo vai além da conservação do peixe, estendendo-se a todo o ecossistema em que ele ocorre.

O manejo não ocorre isolado de fatores internos e externos que impactam e influenciam as áreas. Nesse contexto, o Ibama deve posicionar-se como agente atuante, apoiando o manejo por meio de estímulo à governança das áreas envolvidas. Isso, por consequência, contribui para a promoção da governança e conservação da várzea Amazônica.

Referências

- BENNETT, N.J. et al. Environmental stewardship: a conceptual review and analytical framework. **Environmental management**, v. 61, n. 4, p. 597-614, 2018.
- BRASIL. Instrução normativa IBAMA nº 1, de 1º de junho de 2005.
- CASTELLO, L. A method to count pirarucu *Arapaima gigas*: Fishers, assessment and management. **North American Journal of Fisheries Management**, v.24, p. 379-389, 2004.
- GONÇALVES, A. C. **Os conhecimentos tradicionais nas práticas de manejo de pirarucu (*Arapaima gigas*) no médio Solimões**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Ciências Humanas, Universidade do Estado do Amazonas. Tefé, 2018.
- GOVERNO DO ESTADO DO AMAZONAS. Decreto nº 36.083, de 23 de julho de 2015.
- IBAMA. **Projeto Manejo dos Recursos Naturais da Várzea** – Provárzea: Conceito e Estratégia. Manaus: Ibama/Provárzea, 2002.
- LEMOS, M. C.; AGRAWAL, A. Environmental governance. Annu. Rev. **Environ. Resourv**, v. 31, p. 297-325, 2006.
- MC GRATH et al. M. Market formalization, governance, and the integration of community fisheries in the Brazilian Amazon. **Society & Natural Resources**, 28(5), 513-529. 2015.
- MELLO, C.M.C.; MOTA, S.Q.C.; SILVA, C.I.B. Harvest and trade of pirarucu in the Brazilian Amazon. Edited by Rosie Cooney, IUCN CEESP/SSC **Sustainable Use and Livelihoods Specialist Group**, 2019. Disponível em: <https://cites.org/eng/prog/livelihoods>. Acesso em 28 de outubro de 2021.
- MOURA, A. M. M. **Trajatória da Política Ambiental**. In: MOURA, A. M.M. (org.). Governança ambiental no Brasil: instituições, atores e políticas públicas. Brasília: IPEA, p. 13-44, 2016.
- RUFFINO, M. L. **Strategies for managing biodiversity in Amazonian fisheries**. 2001. Disponível em: <https://www.cbd.int/doc/nbsap/fisheries/Ruffino.pdf> (Acesso em 01/10/2023).
- SEIXAS, C. S et al. Gestão compartilhada do uso de recursos pesqueiros no Brasil: elementos para um programa nacional. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo: v.14, p. 23-44, 2011.
- SILVA, C.I B. Gestão compartilhada do manejo do pirarucu no estado do Amazonas: uma perspectiva institucional. In: Anais do X Encontro Nacional da Anppas. Campinas, 2021. Disponível em: https://www.even3.com.br/anais/x_enanppas2021/393734 (Acesso em 05/10/2023).

VARGAS, G. M. Conflitos Sociais e SócioAmbientais: proposta de um marco teórico e metodológico. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia 19 (2): 191-203, dez 2007. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadenatureza/article/view/9284/5712> (Acesso em 02/10/2023)

VIDAL, M. D. Manejo participativo da pesca na Amazônia: a experiência do ProVárzea. **Ciência e Natureza**, Santa Maria: p. 97-120, 2010.



Tabuleiro do Monte Cristo - Paulo Lopes - 2022

Paulo Lopes



A importância da fiscalização na proteção da tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa*) no médio Rio Tapajós

Roberto Victor Lacava¹,
Raphael Alves Fonseca²

Resumo

O Programa Quelônios da Amazônia, um projeto governamental criado para a conservação dos quelônios amazônicos, vem apresentando bons resultados em algumas áreas de reprodução da tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa*). O sucesso do programa é atribuído principalmente às ações de manejo conservacionista, mas este trabalho apresenta o esforço de fiscalização empregado para coibir a captura ilegal dos quelônios. O Tabuleiro do Monte Cristo, sítio reprodutivo da tartaruga-da-amazônia, localizado no médio Rio Tapajós, é monitorado e fiscalizado desde 1979. Entre 2019 e 2022, o Ibama dedicou, em média, um esforço de fiscalização de 354 horas de ronda embarcada por temporada e 102 horas de sobrevoo com aeronaves remotamente pilotadas (RPAs) em 2022. Durante esse período, foram retirados 193 espinhéis, principal artefato de pesca usado para captura de quelônios na região, e resgatadas 254 tartarugas-da-amazônia, a maioria sendo fêmeas imaturas (52%), as quais foram posteriormente soltas no rio. Foram emitidos 46 autos de infração nesse período, totalizando aproximadamente um milhão de reais em multas. O esforço fiscalizatório no Tabuleiro do Monte Cristo representou 75% do tempo e 70% dos recursos financeiros empregados pelo Programa Quelônios da Amazônia, evidenciando a importância dessa ação para o programa. Nas duas últimas temporadas reprodutivas, o Ibama utilizou RPAs modernas, equipadas com sensores térmicos, que auxiliaram as equipes de fiscalização e demonstraram ser um equipamento importante para aumentar a eficiência da fiscalização. Estudos recentes indicam uma recuperação na população de tartaruga-da-amazônia nessa área reprodutiva.

Palavra-chave: tartaruga-da-amazônia, *Podocnemis expansa*, Operação Tabuleiros, fiscalização de caça.

Abstract

The Amazonian Chelonian Program, a government project created for the conservation of Amazonian turtles, has been showing good results in some of the breeding areas of the Amazonian turtle (*Podocnemis expansa*). The program's success is mainly attributed to conservation management

¹ Biólogo, Mestre em Ecologia. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. Gerência Executiva em Santarém. Av. Tapajós, 2267, CEP 68010-000, Santarém/PA. roberto-victor.silva@ibama.gov.br.

² Tecnólogo em Meio Ambiente. Doutor em Ciências Ambientais. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. Gerência Executiva em Santarém. Av. Tapajós, 2267, CEP 68010-000, Santarém/PA. raphael.fonseca@ibama.gov.br.

actions, but this work presents the enforcement efforts used to curb the illegal capture of chelonians. Tabuleiro do Monte Cristo, a reproductive site of the Amazonian turtle, located on the middle Tapajós River, has been monitored and inspected since 1979. Between 2019 and 2022, IBAMA dedicated an average inspection effort of 354 hours of on-board patrols per season and 102 hours of overflights with remotely piloted aircraft (RPAs) in 2022. During this period, 193 spinels, the main fishing gear used to catch chelonians in the region, were removed, and 254 Amazonian turtles were rescued, with 52% being immature females, all of which were later released into the river. During this period, a total of 46 infraction notices were issued, resulting in fines amounting to approximately one million reais. The inspection effort at Tabuleiro do Monte Cristo accounted for 75% of the time and 70% of the financial resources used by the Amazon Chelonian Program, highlighting the importance of this effort for the program. In the last two reproductive seasons, IBAMA used modern RPAs, equipped with thermal sensors, which helped the inspection teams and proved to be an important piece of equipment for increasing the efficiency of inspections. Recent studies indicate a recovery in the Amazonian turtle population in this reproductive area.

Key words: Amazon turtle, *Podocnemis expansa*, Operation Tabuleiros, hunting enforcement.

Introdução

A exploração dos quelônios amazônicos como recurso data do período colonial e foi documentada por alguns naturalistas (Balestra, 2016), sendo os mais notáveis Henry Walter Bates (Bates, 1892) e Alexander von Humboldt (Wulf, 2019). A tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa*), devido a alguns aspectos da sua ecologia que serão discutidos a seguir, foi a espécie mais explorada. A gordura extraída de sua carne, assim como a “manteiga” obtida da maceração dos ovos, foram extraídas em volume tão grande que chegavam a ser usadas na iluminação pública de grandes cidades como Manaus e Belém (Balestra, 2016). A Coroa Portuguesa interveio no processo, nomeando “juizes” como representantes das autoridades coloniais para vigiar as praias de nidificação da espécie.

A tartaruga-da-amazônia foi indicada para compor a lista de fauna ameaçadas de extinção, entretanto não chegou de fato a constar nela (Balestra, 2016). Em 1979, o Programa Quelônios da Amazônia (PQA), foi criado sob a coordenação do Instituto Brasileiro do Desenvolvimento Florestal (IBDF) e, posteriormente, passou a ser coordenado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (Ibama) e elevado à categoria de programa em 2011. O PQA tem como objetivo proteger as espécies de quelônios que ocorrem na Amazônia, com foco principal em três espécies: tartaruga-da-amazônia, o tracajá (*Podocnemis unifilis*) e o pitú/iaçá (*P. sextuberculata*).

As fêmeas da tartaruga-da-amazônia realizam grandes migrações anuais entre as áreas de alimentação e reprodução (Carneiro; Pezutti, 2015). Elas se aglomeram em algumas praias dos principais afluentes do Rio Amazonas para nidificar. Embora haja registros de nidificação da espécie em vários pontos dos rios, os dados do PQA mostram que mais de 95% dos ninhos estão em 11 áreas de reprodução, popularmente conhecidas como “tabuleiros”. Ao chegarem nesses tabuleiros, as fêmeas permanecem aglomeradas próximas à praia de desova por aproximadamente cinco meses. Nesse interim, são observadas copulando, assoalhando (subir na praia durante o dia para tomar sol), nidificando e posteriormente começam a realizar a migração de volta às áreas de alimentação. A nidificação das fêmeas tende a ocorrer historicamente nas mesmas praias ano após ano.

A previsibilidade da área de nidificação, a aglomeração em grandes quantidades e a vulnerabilidade da espécie ao subir nas praias de rio para construir seus ninhos, um processo que

dura aproximadamente 2 horas, são os fatores chaves para tornar a espécie alvo de uma sobre-exploração histórica.

O PQA emprega diversas ações, tais como a transferência e resgate de ninhos, estabelecimento de berçários, fiscalização e educação ambiental. A fiscalização feita no âmbito do programa passou por sistematizações ao longo dos anos e recebeu um nome distinto por ser planejada por outro setor do Ibama, sendo batizada de Operação Tabuleiros e, em alguns estados, de Operação Gaspar. O objetivo desse trabalho é detalhar a atividade de fiscalização realizada no âmbito da Operação Tabuleiros, especificamente no Tabuleiro do Monte Cristo, e os resultados obtidos em 2019, 2020, 2021 e 2022.

Material e Métodos

Área de estudo

O trabalho foi conduzido no Tabuleiro do Monte Cristo (4°4'6,8" S, 55°38'46,3" W), localizado no médio Rio Tapajós, Município de Aveiro, Estado do Pará. Duas praias de nidificação são usadas pela espécie tartaruga-da-amazônia, distantes aproximadamente 120 metros uma da outra, ambas localizadas em uma ilha fluvial, onde o Ibama possui uma base de apoio para abrigar as equipes de fiscalização e monitoramento. O Tabuleiro do Monte Cristo é monitorado pelo PQA desde 1978.

Ações fiscalizatórias

O trabalho de fiscalização é realizado, principalmente, de três formas: rondas embarcadas, proteção das praias e sobrevoos com aeronaves remotamente pilotadas (RPAs). As rondas embarcadas consistem em percursos realizados em embarcações de alumínio de 6 metros equipadas com o motor de popa de 15hp ou 25 hp. Dessas rondas participam, geralmente, um piloto, o qual é um morador da região contratado para a atividade, um ou dois fiscais do Ibama e, quando possível, dois policiais militares. Em situações em que a Polícia Militar não pode prestar apoio à operação, a equipe é completada pela Força Nacional ou apenas por servidores do Ibama. As rondas começam em julho e duram, pelo menos, até o final do período de nidificação, que normalmente ocorre em dezembro.

As equipes são orientadas a realizar entre duas e três rondas em horários diversos e aleatórios, abrangendo os principais pontos conhecidos por serem preferenciais para a captura de quelônios. Ao final de cada ronda, são registrados os horários de início e término, o trecho percorrido e as coordenadas geográficas das ocorrências, se houverem. Durante as rondas, algumas embarcações são abordadas e, caso sejam constatadas atividades ilícitas, são lavrados os autos de infração pertinentes. Esses autos podem estabelecer multas, apreensão dos espécimes, confiscar apetrechos utilizados para a captura de quelônios, embarcações e, em certos casos, podem até destruir o material apreendido.

As equipes também colocam na água um instrumento conhecido como garateia, que consiste em três ganchos de metal fundidos. Sua finalidade é prender espinhéis que estejam armados no rio. O espinhel é um artefato de pesca amplamente utilizado na captura de quelônios e consiste em uma linha central, que pode ter entre 100 e 1.000 metros de comprimento, com várias linhas menores presas a um anzol iscado de peixe salgado, mucajá (*Acrocomia aculeata*) ou guajará (*Chrysophyllum sp*), frutos silvestres encontrados na região que atraem quelônios. Cada espinhel pode capturar dezenas de quelônios.

Nos casos de apreensão de quelônios, os espécimes são resgatados e levados até a base de apoio para a cuidadosa remoção do anzol do seu trato digestório. Além desse procedimento, os espécimes são medidos, pesados, marcados e posteriormente soltos. As medidas coletadas incluem o comprimento retilíneo da carapaça, largura retilínea da carapaça e comprimento retilíneo do plastrão, utilizando um paquímetro de alumínio de um metro. Adicionalmente, é medido o comprimento curvilíneo da carapaça, com o uso de uma fita métrica, e a massa é registrada utilizando uma balança do tipo dinamômetro. A marcação é feita com uma adaptação da técnica de Cagle (1939), e consiste em fazer cortes nos escudos marginais da carapaça. A determinação do sexo é feita com base no formato dos escudos caudais e no tamanho da cauda (Rueda-Almonacid, *et al.*, 2007). Considera-se que as fêmeas são sexualmente maduras se o comprimento retilíneo da carapaça for maior que 55,1 cm e os machos se forem maiores que 31,1 cm (Fonseca, 2022).

A proteção da praia envolve uma equipe de quatro a seis pessoas que pernoitam nas praias de nidificação, podendo ser na praia do André ou do tabuleiro do Monte Cristo. Essa atividade começa quando as primeiras fêmeas iniciam a desova, normalmente em outubro, e termina ao fim da desova, normalmente no final de novembro. As equipes deslocam-se para a praia por volta das 22h e permanecem no local até as 6h do dia seguinte. O principal objetivo dessa atividade é coibir invasões de pessoas não autorizadas, que almejam coletar ovos e fêmeas ilegalmente durante o processo de construção do ninho.

Os sobrevoos com RPAs começaram a ser realizados em 2020 por servidores do Ibama devidamente capacitados. Assim como nas rondas embarcadas, os sobrevoos ocorriam em diversos horários do dia e tinham como objetivo detectar possíveis infrações ambientais sem necessidade de deslocamento de uma equipe, que era acionada somente em casos de constatação de suspeita de irregularidades.

Resultados

Foram realizadas em média 175 rondas embarcadas em cada temporada reprodutiva, com duração média de 2 horas por ronda. Os sobrevoos com RPAs, contabilizados somente em 2022, totalizaram 204, com duração média de 29 minutos (Tabela 1). Devido a problemas logísticos, o ano de 2021 não foi contabilizado no cálculo dessas médias.

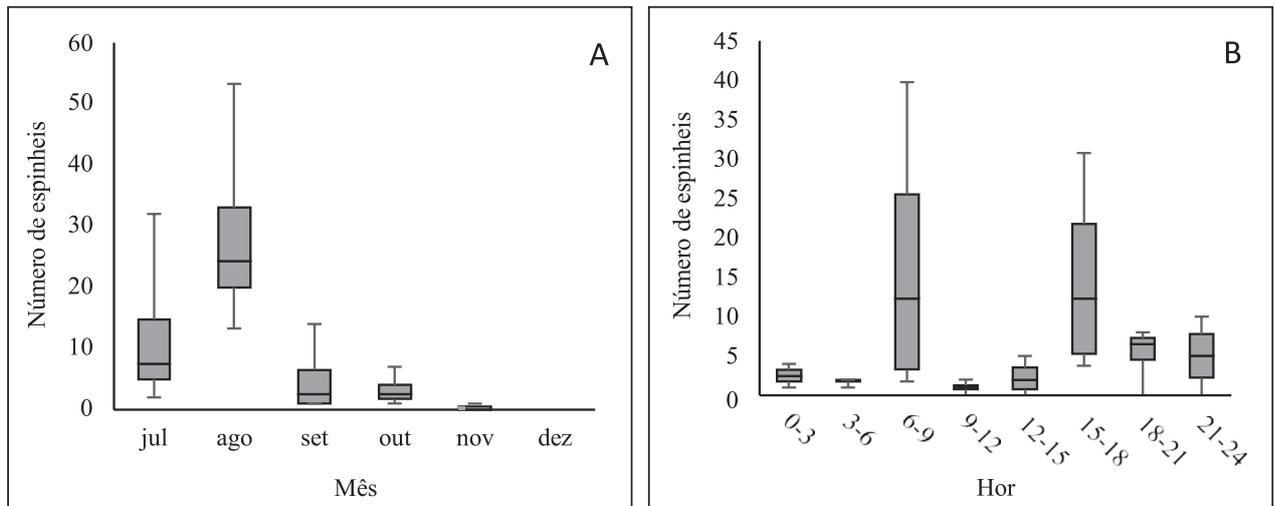
Tabela 1 – Dados das rondas embarcadas e dos sobrevoos com RPAs entre as temporadas de 2019 a 2022.

Ano	2022	2021	2020	2019
Número de rondas embarcadas	209		179	137
Duração total das rondas embarcadas (hora)	513,1		326,0	223,0
Duração média das rondas (hora)	2,5		1,8	1,7
Sobrevoos com RPAs	204			
Duração total dos sobrevoos com RPAs (hora)	101,8			
Duração média dos sobrevoos com RPAs (minuto)	29			

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Os dados sobre a retirada de espinhéis durante as rondas embarcadas indicam que foram retirados um total de 193 espinhéis. Em média, um espinhel era localizado a cada 8 horas de ronda. O mês de agosto apresentou o maior número de espinhéis retirados do rio (Figura 1A). As rondas realizadas entre 6h e 9h e entre 15h e 18h foram os períodos em que mais espinhéis foram recolhidos (Figura 1B).

Figura 1 – Distribuição dos espinheis retirados do rio durante as rondas embarcadas ao longo dos meses (A) e por hora de início e fim (B).



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023

O Boiadouro do Camaleão, um dos locais do Rio Tapajós onde os quelônios tendem a se aglomerar e que se localiza em frente à Comunidade de Barreira, foi de onde mais espinhéis foram retirados (Figura 2).

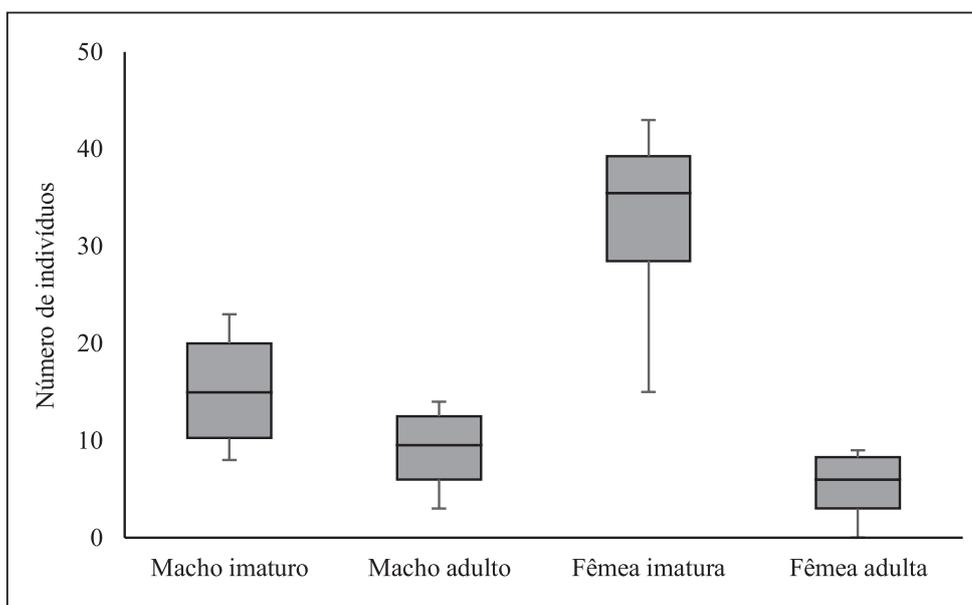
Figura 2 – Mapa de calor da distribuição dos espinheis apreendidos durante as rondas embarcadas entre 2019 e 2022.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Nas quatro temporadas, foram resgatadas 298 tartarugas-da-amazônia capturadas em espinhéis, sendo que 86% dos espécimes foram resgatados com vida e soltos no Rio Tapajós. A maioria dos espécimes resgatados eram fêmeas jovens (52%) (Figura 3).

Figura 3 – Distribuição dos indivíduos de tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa*) em relação ao sexo e maturidade sexual.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Foram lavrados 46 autos de infração nas quatro temporadas, cujo valor total é de R\$ 957.900,00. Destes autos de infração, 70% foram relativos à captura ou transporte ilegal de quelônios.

Tabela 2 – Dados relativos aos autos de infração lavrados pelo Ibama, na área do tabuleiro do Monte Cristo.

Ano	2022	2021	2020	2019	Total
Número de autos	16	12	14	4	46
Valor total dos autos (R\$)	444.900,00	188.000,00	239.500,00	85.500,00	957.900,00
Número de autos relacionados a captura e transporte de quelônios	9	12	8	3	32

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Discussão

A Operação Tabuleiros vem se mostrando efetiva na proteção da população de tartaruga-da-amazônia no Médio Tapajós, onde se localiza o Tabuleiro do Monte Cristo, visto que o número de fêmeas acessando a área para nidificação aumentou de 287 em 1979 para aproximadamente 15 mil em 2022. Publicações recentes apontam que a tendência é positiva e significativa (Eisemberg, *et al.*, 2019; Forero-Medina, *et al.*, 2019).

O PQA é coordenado pelo Ibama e engloba as atividades de conservação (monitoramento, transferência de ninhos, educação ambiental) e de fiscalização. Porém, internamente, os recursos e a coordenação são separados, sendo a primeira realizada pela Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Floresta e a segunda pela Diretoria de Proteção Ambiental.

Historicamente, atribui-se o sucesso na recuperação das populações de tartaruga-da-amazônia, na maioria das áreas, às ações de conservação, como transferência de ninhos e berçários.

No entanto, no caso do Tabuleiro do Monte Cristo, as ações de fiscalização de fauna, especificamente de quelônios, representa em média 75% do esforço de campo e 70% dos recursos financeiros utilizados, conforme detalhado nos relatórios anuais. Mesmo em outras áreas do PQA, onde o trabalho de fiscalização não é desenvolvido, a presença da equipe do Ibama nas praias, realizando as atividades de conservação, afasta pessoas interessadas em capturar a tartaruga-da-amazônia e seus ovos.

O espinhel é o principal artefato de caça usado no Tabuleiro do Monte Cristo, e uma das dificuldades encontrada pelas equipes é localizar o responsável por colocar os espinhéis no rio. As embarcações usadas na fiscalização produzem ruídos que comprometem o elemento surpresa e favorecem a fuga dos potenciais infratores. Além disso, é frequente os caçadores soltarem os quelônios no rio ao avistarem a equipe de fiscalização se aproximando, impossibilitando a lavratura do auto de infração por falta de materialidade do crime, mesmo quando possuem o espinhel a bordo de suas embarcações.

A legislação ambiental não caracteriza como crime o ato tendente à caça, assim como existe para pesca, ou seja, portar apetrechos de pesca em uma área onde é proibida a pesca, é considerado crime. No entanto, portar um equipamento de caça não é considerado crime, segundo a legislação ambiental.

A Lei nº 9.605 de 1998 (Brasil, 1998), define como ato de caça a perseguição de animal silvestre. Com base nesse respaldo legal, foi elaborada a Nota Técnica nº 8/2019/SEAM–Santarém–PA GEREX–Santarém–PA/SUPES-PA, que caracteriza o espinhel iscado com mucajá (*Acrocomia aculeata*) ou guajará (*Chrysophyllum sp*) como um artefato exclusivo para a captura de quelônios. Assim, caso uma pessoa esteja portando um espinhel ou qualquer outro artefato próprio para captura de quelônios, será enquadrada como perseguidora de fauna silvestre e autuada de acordo com esse enquadramento.

Esse entendimento foi aprovado pela Diretoria de Proteção Ambiental, e foi solicitado que todas as unidades do Ibama o adotassem, como procedimento, a partir de maio de 2020. O impacto dessa medida nos resultados da fiscalização foi significativo, aumentando o percentual de espinhéis apreendidos, que geraram autuação de 3% em 2019 para 10% em 2022. Adicionalmente, o valor total das autuações geradas nas Operações Tabuleiros executadas no Tabuleiro do Monte Cristo foi, em média, 240% maior.

O mês de agosto foi período do ano com maior número de apreensões de espinhéis, coincidindo com o início migratório da tartaruga-da-amazônia. O que se observa é que, ao realizar um trabalho inicial consistente, se propaga a notícia de que o Ibama está atuando na região, o que tende a dissuadir outras pessoas de capturar quelônios. O trabalho consistente envolve não apenas autuar, mas também proceder à apreensão dos bens utilizados na caça. De forma contrária, quando uma pessoa é encontrada praticando a captura de quelônios e não é autuada ou não tem os bens utilizados na infração apreendidos, a notícia da impunidade ecoa na região e incentiva outras pessoas a capturarem os quelônios.

As RPAs foram utilizadas somente no período da desova, por aproximadamente um mês, nas duas últimas temporadas. A modernização dos instrumentos de fiscalização trouxe um impacto positivo na proteção dos quelônios. A câmera das RPAs utilizadas possibilitava um longo alcance e possuía um sensor de calor que permitia identificar pessoas pescando no rio ou tentando capturar as tartarugas-da-amazônia, durante o processo de nidificação. Na temporada de 2021, houve somente uma invasão ao tabuleiro e, na temporada de 2022, houve uma tentativa que foi neutralizada após a detecção pelas RPAs, sendo este ano o único sem registro de coleta ilegal de fêmeas nas praias de desova.

O período da nidificação da tartaruga-da-amazônia é, de fato, o período mais sensível para reprodução da espécie. As fêmeas são sensíveis a perturbações e não sobem às praias quando percebem a presença humana. Isso ocorre porque elas têm a mobilidade reduzida quando estão em terra, o que as torna um alvo fácil. Quando as perturbações são frequentes, acaba ocorrendo um atraso na nidificação. Considerando que as fêmeas possuem um sincronismo com o pulso de inundação do rio, quanto maior o atraso na nidificação, maior será a probabilidade de o ninho ser alagado pela subida do nível do rio.

Conclusão

Observamos que a atividade de fiscalização no tabuleiro do Monte Cristo está se modernizando, com o uso de novas ferramentas, e tornando-se mais eficiente. Especificamente, nas duas últimas temporadas, os distúrbios na nidificação foram reduzidos a praticamente zero, não gerando atrasos nesse processo fundamental para a espécie. A tendência de aumento no número de filhotes eclodidos ao longo das quatro décadas (Eisemberg, *et al.* 2019; Forero-Medina, *et al.*, 2019) demonstra que, além do trabalho de conservação, a fiscalização vem sendo bem-sucedida e é essencial para a conservação e preservação deste componente da biodiversidade amazônica.

A maioria das pessoas autuadas por caça de quelônios, na área do Tabuleiro do Monte Cristo, são ribeirinhos que comercializam os animais para atravessadores que os transportam para centros urbanos (Pezutti, *et al.*, 2010). Seria interessante que a equipe responsável pelo planejamento da operação, em conjunto com o setor de inteligência da fiscalização, buscasse meios para identificar e assim proceder à autuação dos atravessadores. Dessa forma, poderiam ser desmantelados grupos organizados que se assemelham a quadrilhas de crime organizado.

Referências

- BALESTRA, Rafael Antônio Machado (org.). **Manejo conservacionista e monitoramento populacional de quelônios amazônicos**. Brasília: Ibama, 2016. 136p.
- BATES, Henry Walter. **The Naturalist on the River Amazon**. London: Murray, 1892. 395p.
- BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial União**, Brasília, DF, 13 fev. 1998. Acesso em: 29 mai. 2023.
- CAGLE, Fred. R. A system of marking turtles for future identification. **Copeia**, v. 1939, n. 3, p. 170-173, 1939.
- ARNEIRO, Cristiane Carneiro; PEZZUTI, Juarez Carlos Brito. *Podocnemis expansa* (Giant amazon river turtle). Post-reproductive migration. **Herpetological Review**, v. 46, n. 2, p. 244- 245, 2015.
- EISEMBERG, Carla Camilo, *et al.* Don't put all your eggs in one basket—Lessons learned from the largest-scale and longest-term wildlife conservation program in the Amazon Basin. **Biological Conservation**, v. 238, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320719300308?via%3Dihub>>. Acesso em: 29 mai. 2023.
- FONSECA, Raphael Alves. **Ecologia e conservação de *Podocnemis expansa* (Testudines, Podocnemididae) no Médio Tapajós, Brasil**. 2022. 151 f. Tese (Doutorado em Ecologia). Instituto de Biodiversidade e Florestas. Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2022.

FORERO-MEDINA, German, *et al.* On the future of the Giant South American river turtle *Podocnemis expansa*. **Oryx**, v. 55, p. 73-80, 2019.

PEZZUTI, Juares Carlos Brito, *et al.* Uses and taboos of turtles and tortoises along rio Negro, Amazon Basin. **Journal of Ethnobiology**, v. 30, n. 1, p. 153–68, 2010.

RUEDA-ALMONACID, José Vincente, *et al.* **Las tortugas y los cocodrilianos de los países andinos de trópico**. Bogotá: Conservación Internacional, 2007. 538p.

WULF, Andrea. **A invenção da natureza: a vida e as descobertas de Alexander von Humboldt**. 2 ed. São Paulo: Planeta do Brasil, 2019. 592p.



A produção científica sobre políticas públicas de resíduos sólidos e educação ambiental: uma análise bibliométrica

Vicente Mota De Souza Lima¹

Resumo

O presente artigo tem como objetivo analisar a relação entre as Políticas Públicas de Educação Ambiental e de Resíduos Sólidos por meio de pesquisa bibliométrica, buscando discutir como a produção científica relacionada aos temas está distribuída no mundo. Verifica-se um crescimento recente na produção científica sobre Políticas Públicas de Resíduos Sólidos, e Educação Ambiental. Foram realizadas buscas por *hot topics*, além de examinar comparativamente fontes interligadas por autoria, cocitação, periódicos e produção anual. As informações foram coletadas e agrupadas por meio de consultas às bases de dados científicos da *Web of Science* e *Scopus*. As bases de dados forneceram informações por meio da string: “*environmental education*” OR (“*environmental education*” AND “*solid* waste**”) OR (“*public* policy**” AND “*environmental education*”) OR “*public* policy* environmental*”. O resultado das buscas das pesquisas nas bases de dados revelou falta de padronização, distribuição igualitária e equitativa em termos de produção científica. Entretanto, o levantamento demonstrou um número significativo de teóricos interessados no assunto, resultando em um volume considerável de publicações, citações e cocitações relacionadas às Políticas Públicas de Resíduos Sólidos e Educação Ambiental. A evolução das pesquisas ao longo do tempo reflete a importância dos estudos, e a preocupação com as questões ambientais. A palavra-chave “sustentabilidade” destaca a importância da temática “educação ambiental” para a sobrevivência da espécie humana no planeta.

Palavras-chave: Bibliometria, Educação Ambiental, Políticas Públicas, Resíduos Sólidos, Sustentabilidade.

Abstract

This article aimed to analyze the relationship between Public Policies on Environmental Education and Solid Waste, through bibliometric research, in order to discuss how the scientific production related to the themes is distributed in the world. In this context, it was verified that the scientific production on Public Policies on Solid Waste, and Environmental Education has grown recently. Searches were carried out by hot topics, in addition to comparatively examining sources linked by authorship, co-citation, journals and annual production. Information was collected and grouped through queries to scientific databases on the Web of Science and Scopus. The databases provided

¹ Advogado e Bel Sec. Executivo. Mestre em Recursos Naturais pela UFMS. Servidor Público Federal do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. Superintendência do Mato Grosso do Sul – MS

information through the string: “environmental education” OR (“environmental education” AND “solid* waste*”) OR (“public* policy*” AND “environmental education”) OR “public* policy* environmental ”. The result of the research searches in the databases, provided the perception of lack of standardization, egalitarian distribution, and equitable in terms of scientific production. However, the survey showed that there is a significant number of theorists interested in the subject, and consequently, a considerable volume of publications, citations and co-citations involving Public Policies on Solid Waste and Environmental Education. The evolution of research over time explains the degree of importance of the studies and the concern with environmental issues. The keywords among which “sustainability” stands out, points to the importance of the theme “environmental education” for the survival of the human species on the planet.

Keywords: Bibliometrics, Environmental Education, Public Policies, Solid Waste, Sustainability.

Introdução

O mundo atual enfrenta uma crise ética, humanística, e política sem precedentes, que afeta os valores e impacta negativamente a teia social, econômica e cultural. Esse colapso é resultado da dominação do homem sobre a natureza e os modos de produção, fomentando consumo desenfreado que afeta significativamente as economias mundiais. Isso gera conflitos étnicos, guerras, pobreza e amplo desemprego (Dias, 2013; Guiraldelli, 2014; Matos, S. M. S. e Santos, A. C., 2018; Macedo, 2020).

Dessa forma, a crise ambiental hodiernamente tornou-se um ponto de discussão desde a década de 1960, quando cientistas e setores da sociedade de alguns países do mundo mobilizaram-se, promovendo as primeiras discussões no Clube de Roma. Este era composto por vários cientistas, pedagogos, economistas, industriais e funcionários públicos, com o objetivo de debater a crise, que pairava à época, bem como o futuro da humanidade (Kruger, E. L., 2001, p. 39; Matos e Santos, 2018; Passos e Spanholi, 2018).

Nesse cenário, destaca-se também que a crise acima mencionada ocorre em virtude dos danos crescentes provocados pelo modo de produção capitalista, baseado no uso desmedido dos recursos naturais, em descompasso com a capacidade de regeneração do ambiente natural. Isso resulta em eventos climáticos extremos, como aponta o novo relatório do IPCC WG1-AR6, que indica a possibilidade de o mundo pode evitar alguns dos impactos devastadores das mudanças climáticas (Dias, 2013; Wedy, 2021).

Uma ideia que se destacou diante da crescente reflexão sobre a problemática ambiental foi a da Preservação. De acordo com esse princípio, o ser humano deveria ser removido do ambiente natural, e a natureza seria admirada apenas como um símbolo, como se fosse um objeto estático. Entretanto, ao longo dos anos, essa perspectiva evoluiu para a ideia de Conservação. Este conceito implica no uso racional e consciente dos recursos naturais, sem negligenciar as comunidades que habitam o entorno de áreas de preservação ambiental, o que indica uma evolução conceitual (Hartung, 2018).

Um exemplo do viés preservacionista é o primeiro parque nacional do mundo, Yellowstone, criado em 1872 pelo Congresso dos Estados Unidos da América (DIEGES, 2001).

Com efeito, surgiram, na década de 60, movimentos sociais e políticos mundiais, que transformaram a humanidade. Entre esses movimentos destacavam-se aqueles que se posicionavam contra a Guerra Fria, a corrida armamentista, o movimento hippie, o feminismo, o movimento negro

pela liberdade, dignidade, igualdade, o pacifismo, a liberação sexual, o uso de drogas e o rock-and-roll (Cassino, 2000).

Destaca-se também como marco importante, o livro *Silent Spring* (Primavera Silenciosa) da bióloga Rachel Carson, que alertava primordialmente sobre os riscos e o agravamento do uso de pesticidas e poluentes químicos e suas consequências (Dias, 2013).

No âmbito global, surgiram os primeiros debates sobre a Educação Ambiental. Os países, por meio de entidades internacionais, entre as quais se destaca a Unesco, órgão da Organização das Nações Unidas – ONU, para educação, ciência e cultura, criada em 1946, mobilizaram governos e entidades da sociedade civil, com o objetivo de buscar mecanismos para minimizar ou frear os impactos sofridos pelo meio ambiente devido às ações humanas. Isso culminou com a Conferência da Biosfera, realizada em Paris, em 1968, com o intuito de promover e implantar boas relações entre as populações, e o meio ambiente em nível mundial (Barbiere; Silva, 2011).

Foi a partir da Conferência da ONU para o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, em 1972, que foi criada a Declaração sobre o Ambiente Humano, contendo 26 princípios para tratar de problemas sociais e ambientais em nível global. Esse evento conferiu sentido ao termo socioambiental e desenvolvimento socioeconômico. Entretanto, apesar desse considerável marco histórico, a carta de Belgrado, documento que versava sobre várias questões ambientais ligadas ao termo Desenvolvimento Sustentável, só foi aprovada em 1975. Foi a partir desse momento que o público-alvo da Educação Ambiental foi definido como “formal” e “não formal”, sendo o primeiro considerado os alunos e professores em todos os níveis, e o “não formal” todos os outros segmentos da sociedade (Dias, 2013; Barbiere; Silva, 2011).

Dois anos depois, em 1977, a Unesco realizou a 1ª Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental, em Tbilisi, Geórgia. Como continuidade das estratégias do encontro anterior, foi desenvolvida a 1ª etapa do Programa Internacional de Educação Ambiental, com o intuito de incluir os objetivos ambientais na agenda escolar dos países membros (Dias, 2013).

Como consequência dos movimentos sociais de lutas e defesa de direitos, das décadas de 1970 e 1980, as Políticas Públicas surgiram, inclusive, para atuar na proteção do meio ambiente. Seu objetivo principal é reduzir ou minimizar a degradação ambiental, prevenir o dano ambiental e restaurar os processos ecológicos essenciais (Taitson Bueno, 2016; Mei, 2018)

No enfrentamento das degradações causadas pelo homem, mais especificamente, pelo descarte inapropriado de resíduos sólidos, com potencial de provocar danos ao meio ambiente, promoveu-se a integração de Políticas Públicas Ambientais, *a priori* no âmbito internacional. Isso foi uma consequência da intervenção dos tratados e acordos internacionais que abordam os Direitos Humanos, considerados fundamentais.

Foi nesse contexto que os resíduos sólidos passaram a ser objeto de preocupação, especialmente durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento – Rio 92, onde o termo Desenvolvimento Sustentável foi disseminado e popularizado (Conferência Das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente E Desenvolvimento, 1992; Barbiere, J. C., Silva, 2011).

Neste mesmo evento, ocorreu a construção da Agenda 21 Global, que é o instrumento de planejamento para o desenvolvimento sustentável. Essa Agenda foi implementada pela Comissão de Desenvolvimento Sustentável – CDS, para acompanhar e avaliar as atividades recomendadas (*Idem*).

Dessa forma, o termo sustentabilidade ganhou visibilidade e importância mundial em 1997, durante a Conferência Internacional sobre Meio Ambiente e Sociedade em Tessalônica, Grécia. Associado ao conceito de Educação e à conscientização pública, tem como principais pilares

as questões ambientais, buscando possibilitar o desenvolvimento e crescimento econômico, a democracia, a segurança alimentar, e os direitos humanos (Barbiere, J. C., Silva, 2011).

Tudo isso implica em menor impacto para o meio ambiente, com o intuito de contribuir para transformar a sociedade, com foco nos princípios de igualdade e justiça e, por último, respeito aos limites da natureza. É importante ter em mente que os recursos naturais não acompanham a velocidade dos desejos e demandas humanas no contexto do capitalismo (*Idem*).

Essa preocupação a nível mundial tinha como objetivo fazer com que os países membros da ONU pudessem implementar em seus territórios as recomendações aprovadas e ratificadas, como ocorreu, inclusive, na III Convenção das Partes para as Mudanças Climáticas, que culminou na assinatura do Protocolo de Kyoto, no Japão, em 1977. Nesse acordo, os países mais industrializados e poluidores, se comprometeram a reduzir as emissões dos gases que provocam o efeito estufa no planeta (Rufino, 2015).

Uma vez que para minimizar os impactos ambientais, aposta-se no processo de consciência e sensibilização ambiental, dez anos após a Conferência do Rio de Janeiro, foi realizada a Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável – CMDS, em 2002, em Johannesburgo, conhecida como Rio + 10. Essa cúpula teve foco em cinco objetivos: água, saneamento, energia, saúde e agricultura, além de biodiversidade e gestão de ecossistemas. Ela contou com 153 recomendações com vistas ao cumprimento da Agenda 21, visando à possível mudança de comportamento por meio da aquisição de conhecimentos, habilidades, e atitudes que promovam um comportamento voltado para a transformação modificadora dessa realidade, tanto em seus aspectos naturais quanto sociais. (Barbiere, J. C., Silva, 2011)

Durante a realização da Cúpula do Milênio, promovida pela ONU em Nova York, em 2000, 189 países firmaram um pacto para combater a fome e a pobreza, dando origem à Declaração do Milênio. Esta declaração, válida até 2015, contém oito objetivos e dezoito metas. O Objetivo de Desenvolvimento do Milênio (ODM) e a Agenda 21 se complementaram nesse contexto: o primeiro dá direção comum aos esforços empreendidos, enquanto o segundo consiste nos referenciais de princípios e valores contidos no conceito de desenvolvimento sustentável (Cerqueira, F. e Facchina, M., 2005).

A Agenda 2030, uma iniciativa da Organização das Nações Unidas (ONU), foi ratificada em 2015 por 193 países. Ela é composta por 17 objetivos, conhecido como ‘Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS’, os quais são compostos por 169 metas que devem ser cumpridas até o ano de 2030. Essa agenda representa um pacto mundial em prol do desenvolvimento sustentável (Campello e Lima, 2020).

Esses objetivos têm como finalidade garantir o desenvolvimento humano, político e social que respeite o meio ambiente. Suas metas abrangem uma diversidade de áreas de atuação, tais como a erradicação da pobreza e da fome; a promoção da saúde e do bem-estar; a melhoria da educação; a busca pela igualdade de gênero; o acesso à água potável e ao saneamento; a promoção de energia limpa; a garantia de trabalho decente; o estímulo ao crescimento econômico sustentável; a redução das desigualdades sociais; o incentivo à sustentabilidade da vida; a responsabilidade climática; a redução das desigualdades; a promoção de instituições eficazes; entre outros (Nocer, R. e Molina, 2019; Zeifert, A. P et al, 2020; Sachs, 2014, p. 20).

Na Agenda 2030, existe o risco de que os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) sejam cumpridos de maneira desigual pelo mundo, devido à falta de propostas globais que apoiem os governos nacionais. Isso ocorre especialmente porque os países que mais precisam se esforçar para cumprir os ODS são classificados como ‘em desenvolvimento’ e ‘pobres’. Além disso, destaca-se o fato de que a maioria desses países apresenta orçamentos que não são exequíveis ou capazes

de impulsionar o desenvolvimento, sobretudo quando se detectam políticas de restrição de gastos, redução de papel do Estado e contenção de investimentos.

O presente trabalho tem como objetivo realizar uma síntese do conhecimento científico sobre a educação ambiental e as políticas públicas de resíduos sólidos. Para investigar as produções científicas relacionadas a esses temas, foram utilizadas as bases de dados bibliográficos ISI Web Of Science – Coleção Principal (Clarivate Analytics), doravante referida como WoS, e SCOPUS (Elsevier). Além dessas bases, também foi utilizada a base de dados Google scholar/acadêmico, que fornece várias outras publicações associadas ao mesmo tipo de *string* de busca.

Esta pesquisa se justifica por sua relevância sociopolítica e ambiental, uma vez que tem como objetivo analisar a produção das Políticas Públicas de Educação Ambiental e de Resíduos Sólidos, por meio de uma análise bibliométrica. Pretende-se discutir e conhecer os principais *hot topics*, as tendências de pesquisas científicas e investigar as produções relacionadas à atuação das políticas públicas de Educação Ambiental e Resíduos Sólidos, nos últimos cinco anos. O desafio é levantar as produções científicas que abordam os impactos ambientais, principalmente aqueles causados pelos resíduos sólidos.

Todo esse cenário mostra os desafios e as fragilidades das políticas públicas voltadas para a temática dos resíduos sólidos, além de expor a inevitabilidade de seu enfrentamento como condição para garantir a qualidade de vida e a sustentabilidade ambiental. Nessa perspectiva, este estudo objetiva analisar a produção científica sobre Educação Ambiental e Políticas Públicas de Resíduos Sólidos por meio de uma análise bibliométrica.

Além do mais, pretende-se fornecer informações sobre as principais fontes de pesquisa e referências usadas recentemente nas bases de dados, servindo como norteador para encontrar material atualizado sobre os temas relacionados às políticas públicas de resíduos sólidos e de educação ambiental em nível nacional e global.

Por fim, este estudo visa demonstrar que a comunidade acadêmica global está em crescente produção científica, buscando divulgar e esclarecer a situação em que se encontra o meio ambiente diante da ação antrópica. Outrossim, preconiza possibilidades de melhoria da qualidade de vida, manutenção do equilíbrio ecológico, preservação dos recursos naturais e exploração econômica sustentável.

Todo esse processo dependerá da aplicabilidade dos conceitos e práticas que envolvem a contextualização da Educação Ambiental voltada para conservação do meio ambiente com qualidade, por meio do tratamento adequado dos Resíduos Sólidos.

Material e Métodos

Bases Conceituais da Bibliometria

A bibliometria pode servir como instrumento de sistematização dos trabalhos de produção e comunicação científica, sendo uma ferramenta que permite a observação da ciência e da tecnologia por meio da análise da produção global da literatura científica em determinada área de conhecimento. Além disso, a bibliometria também é capaz de situar um país em relação ao mundo, uma instituição em relação a um país, e até mesmo os cientistas individuais em relação às suas próprias comunidades (Okubo, p. 06, 1997).

Esse ferramental tem como núcleo o uso de métodos quantitativos na busca por uma avaliação objetiva da produção científica, ou seja, predomina o emprego de métodos quantitativos do que discursivos, o que o diferencia da bibliografia tradicional. Na atualidade, cada vez mais pesquisadores tem se voltado para essa forma de pesquisa.

A vantagem mais evidente da bibliometria é que ela possibilita que estudiosos analisem áreas de pesquisa específicas, examinando citações, co-citações, distribuição geográfica e frequência de palavras, e cheguem a conclusões muito pertinentes. Até o momento, a bibliometria tem sido amplamente empregada na pesquisa de *hotspot*, análise de coautoria, análise de cocitação, e em todos os campos relacionados ao assunto (Liao et al., 2018, p. 02).

No campo da bibliometria, o estudo de citações possibilita determinar e descrever inúmeras padronizações de produção literária. Ao explorar as citações, é possível relacionar autores mais citados, autores mais produtivos, elite de pesquisa, frente de pesquisa, fator de impacto dos autores, procedência geográfica e/ou institucional dos autores mais influentes em um determinado campo de pesquisa. Também é possível analisar o tipo de documento mais utilizado, a idade média da literatura utilizada, a obsolescência da literatura e a procedência geográfica e/ou institucional da bibliografia utilizada. Além disso, é possível identificar os periódicos mais citados e o “core” de periódicos que compõem um determinado campo (Adad, M. F. De M. Araújo, C. A., 2006, p. 19).

O fator de impacto é calculado dividindo o número total de citações recebidas por um autor pelo número de trabalhos que receberam pelo menos uma citação. Esse índice é usado para identificar autores que, mesmo tendo uma produção reduzida, produziram materiais significativos, isto é, trabalhos que receberam muitas citações. Isso difere de autores que podem ter muitas citações porque publicaram muitos trabalhos, mas cada um desses trabalhos isoladamente com pouca relevância no campo científico (Gabriela G. et al., 2019, p.11).

A análise de citações permite identificar outro conceito importante, conhecido como frente de pesquisa, que associa os índices absolutos de citação alcançados, por cada autor, com a data dos trabalhos publicados, por cada autor, em uma área de conhecimento específica. Para calcular a frente de pesquisa, apenas as produções mais recentes de cada autor são calculadas. O período mensurado para determinar se um trabalho é recente varia conforme o objetivo da análise. Na Frente de Pesquisa, observa-se um estrito padrão de relações múltiplas entre os autores. Nesse pequeno grupo de artigos intrincados, a análise de citações permite, também, o reconhecimento do trabalho de algumas centenas de colaboradores que formam os Colégios Invisíveis (Guedes, V. L., 2012. p. 95).

O Acoplamento Bibliográfico (retrospectivo) consiste na união de artigos que citam o(s) mesmo(s) documento(s), enquanto a cocitação (prospectiva) se refere à união de artigos citados pelos mesmos documentos. Essa abordagem permite identificar as correntes teóricas e seus pesquisadores em um determinado momento do desenvolvimento de uma área científica, fornecendo uma valiosa contribuição para a compreensão da estrutura intelectual e das correntes vigentes em um domínio em estudo, especialmente nas etapas iniciais de seu desenvolvimento.

Por outro lado, a análise de cocitação de autores, ao estudar a proximidade de dois pesquisadores pela frequência com que são citados de forma simultânea pela comunidade científica, revela o reconhecimento da estrutura intelectual e social delineada pela comunidade científica, de independentemente da percepção dos próprios cocitados (Grácio, M. C. C., 2016, p.95).

Embora a obsolescência da literatura não seja especificamente abordada neste trabalho, a delimitação dos últimos cinco anos das pesquisas reflete o posicionamento mais recente da ciência. Este método consiste na análise do declínio do uso da literatura ao longo do tempo, e a Vida Média

é estimada a partir da razão de obsolescência e da razão de crescimento de um determinado corpo de literatura (Line; Sandison, 1974, p. 283).

Dessa forma, a mineração de texto é uma funcionalidade por meio da qual se constrói e visualiza redes de concorrência entre termos importantes extraídos da literatura científica, facilitando a análise detalhada das principais características dos resultados de pesquisas relacionadas. Nesse processo, os autores e as relações entre eles são representados por nós (Ye et al., 2012). Essa mineração de textos científicos na busca de publicações correlacionadas a Educação Ambiental, e políticas públicas de resíduos sólidos é o que se buscou nessa pesquisa.

Buscas nas bases de dados

A presente pesquisa foi estruturada mediante busca nas bases de dados bibliográficas da ISI Web Of Science – Coleção Principal (Clarivate Analytics), aqui referida como WoS, e SCOPUS (Elsevier). O acesso às bases foi possibilitado pela Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, por meio do Portal de Periódicos CAPES/MEC. A pesquisa enfocou principalmente os últimos cinco anos de pesquisas publicadas, abrangendo o período entre 2015 e 2020, além dos quatro meses de 2021.

A seleção das bases de dados foi realizada visando o acesso a artigos de periódicos de alta qualidade, considerados fontes confiáveis de conhecimento (Fang, 2017). Nesse sentido, as bases WoS e SCOPUS foram escolhidas porque são reconhecidas como alguns dos mais importantes e respeitados bancos de dados internacionais, que proporcionam acesso a publicações de alto impacto. Apesar de os dados terem sido coletados em ambas as bases, optou-se por utilizar apenas a SCOPUS para realizar as análises mais aprofundadas em termos de bibliometria (Hocevar e Bartol, 2016; Liu, 2018).

O uso das palavras-chave teve como objetivo selecionar publicações que abordam aspectos das Políticas Públicas de Educação Ambiental e de Resíduos Sólidos. Isso tem como finalidade realizar uma síntese do conhecimento científico sobre Educação Ambiental e as Políticas Públicas de resíduos sólidos, para que seja possível a identificação dos principais *hot topics*, e das tendências de pesquisas científicas. Além disso, buscou-se verificar onde se concentram os estudos a nível global e realizar uma análise comparativa das fontes de registros de dados bibliográficos relacionados à *string* da pesquisa, como segue:

1. Localizar os artigos científicos publicados fazendo uso dos termos “*environmental education*” OR (“*environmental education*” AND “*solid* waste**”) OR (“*public* policy**” AND “*environmental education*”) OR “*public* policy* environmental*”;
2. Identificar dentre os artigos os que guardam relação com os termos “Políticas Públicas” AND “Resíduos Sólidos”.
3. Analisar a concentração do apanhado da produção científica, resultado da pesquisa, por autor e país.
4. Elaborar a sistematização dos principais critérios adotados, para fins de filtragem, e dados com vistas à construção do portfólio bibliográfico.

Essas palavras-chave convertidas em inglês, forneceram um panorama das publicações que relacionadas ao objeto de estudo de Educação Ambiental e Políticas Públicas Ambientais, permitindo observar o intervalo de tempo configurado como primeiro registro constante em ambas as bases de dados de pesquisa, WoS e Scopus, abrangendo o período entre 1968 e abril de 2021, em termos de publicações científicas.

Entretanto, para fins de análise do objeto desta pesquisa, foi efetuado recorte do intervalo de 2015 a 2020, para as publicações mais recentes, separando o grupo das publicações *open*

source. Foi efetuado também outro recorte, enfatizando o período de 2017 a 2020, com o fito de evidenciar um possível crescimento em termos de publicações e citações. Destaca-se que os valores referentes aos quatro meses de 2021 são tão pequenos em termos de publicações, que foram desconsiderados para fins de análises gráficas.

Processamento Análise dos Dados

Considerando o processamento dos dados, foram utilizadas as versões gratuitas dos softwares gerenciadores de bibliografias, como o EndNote 5. Os gráficos foram gerados pelos softwares das próprias bases de dados WoS e Scopus, sendo utilizado de forma complementar o software VOSviewer.

No intuito de facilitar a análise bibliométrica, as redes bibliométricas foram exibidas por meio do software VOSviewer, baseando-se nas relações de cocitação e/ou coautoria, o que possibilita a exploração das redes bibliométricas (Van Eck & Waltman, 2020).

As análises e visualizações de aspectos bibliométricos, como *ranking*, frequência e distribuição, tiveram como objetos de estudo documentos, revistas, artigos e autores. Também foram considerados aspectos cienciométricos, como análise de conjunto e de correspondência entre temas, campos de pesquisa e comunicação entre autores (Macias-Chapula, 1998).

As buscas nos bancos de dados resultaram em 9.957 registros, dos quais 7.279 documentos são provenientes da base de dados SCOPUS e 2.678 registros de documentos publicados sem filtros são provenientes da Web of Science.

Observa-se que foram exibidos graficamente os valores totais em termos brutos de dados dos pesquisa, considerando o intervalo temporal do período em que foram publicados nas respectivas bases de dados WoS e Scopus. Tais informações são de grande relevância, pois destacam a base de dados que contém mais publicações.

Em seguida, são exibidos graficamente os recortes intertemporais dos últimos cinco anos das publicações relacionadas à temática objeto deste estudo, baseados nos metadados encontrados por meio do uso da *string*.

As análises foram realizadas de maneira a divulgar o número de publicações científicas produzidas pelos países envolvidos com a temática. Portanto, os parâmetros selecionados foram: a) ano de publicação; b) periódicos, número de publicações, fator de impacto e temática; c) países e número de publicações, e coocorrência de palavras-chave.

As análises são visualizadas em função dos parâmetros de rede de coautoria para autores e países, utilizando como peso o número de documentos e os links entre eles; mapa de coocorrência de palavras-chave; citação, tendo como unidade de análise documentos e peso das citações; e cocitação entre autores, sendo os resultados apresentados separadamente.

As redes de coautoria foram elaboradas selecionando o número mínimo de 5 documentos por autor, e documentos com mais de 25 autores foram desconsiderados. Para a elaboração da rede de palavras-chave dos documentos unificados, foram selecionadas 1.000 palavras-chave para estruturar o mapa, considerando ocorrências mínimas de 5 vezes.

Além dos recursos acima mencionados, a base de dados Google Scholar/Acadêmico foi utilizada de forma complementar para fornecer publicações gratuitas, associadas à mesma *string* de busca. Vale ressaltar que essa base de dados não é objeto de pesquisa neste trabalho, servindo apenas para consultar o leque de publicações relacionadas ao objeto de pesquisa na forma de acesso aberto (*open source*), levando em consideração as referências bibliográficas já contabilizadas.

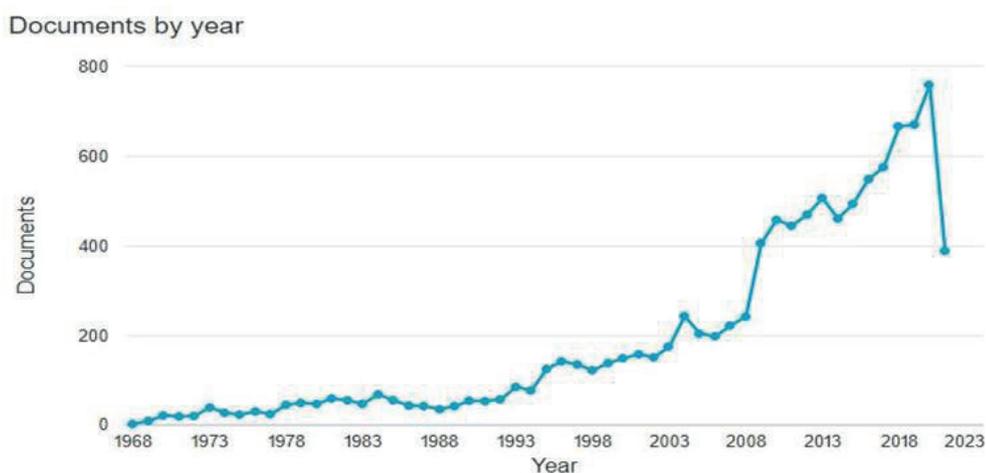
No entanto, na base de dados Scopus constam mais citações para os resultados da busca de artigos do que a quantidade registrada pela WoS, resultando na inverção de papéis. Portanto, *in casu*, foi dada maior ênfase à análise aos dados obtidos na base Scopus.

Resultados e Discussão

Análise Unificada e Comparativa das Bases (WoS e Scopus)

A busca nos bancos de dados resultou em 7.279 documentos provenientes da base de dados SCOPUS e 2.678 da WoS, totalizando 9.957 registros de documentos publicados sem filtros. Entretanto, após o refinamento utilizando os instrumentos disponíveis nas bases de dados, para filtrar os dados brutos duplicados em ambas as bases de dados, foi atingido um total de 8.651 registros disponíveis, incluindo documentos gratuitos e pagos. A base de dados SCOPUS, sem aplicação de filtros, apresentou informações de publicações mais antigas sobre o tema Educação Ambiental, ano de 1968, conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1 – As buscas na base de dados Scopus revelou a evolução e crescimento da pesquisa na temática Políticas Públicas de Educação Ambiental e Resíduos Sólidos, totalizando 7.279 artigos.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

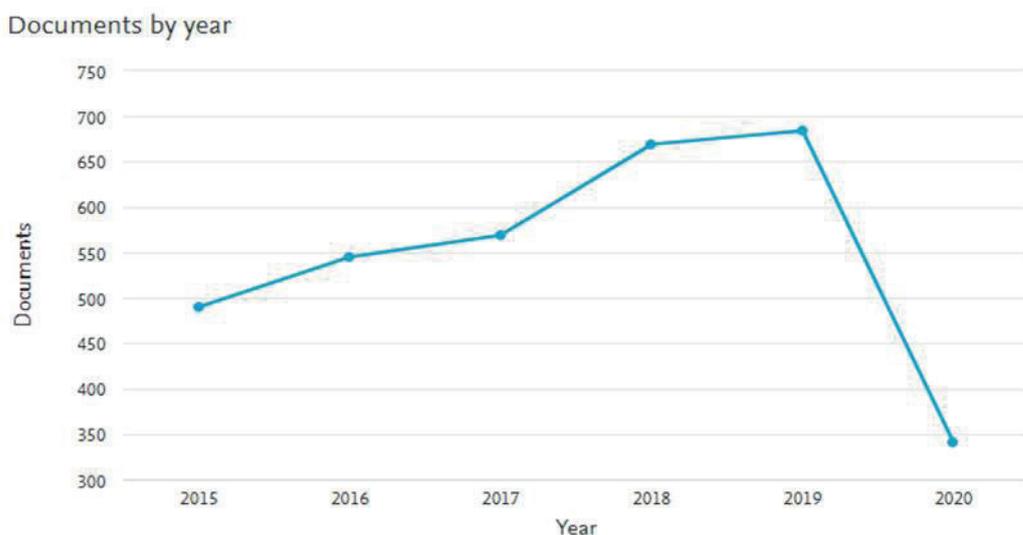
O gráfico acima demonstra que, desde 1968, já existiam publicações relacionadas à temática objeto do estudo. Como pode ser observado, houve uma evolução irrelevante, quase que constante, até 1993. Entretanto, a partir de 1995, ocorreu um expressivo crescimento na produção científica. Além disso, é interessante notar que na história, há um registro indelével na década de 1960, quando surgiram movimentos sociais de ruptura com os padrões até então vigentes. Isso pode ser verificado, por exemplo, nos movimentos hippies, movimentos negros pela liberdade, dignidade e igualdade, pacifismo, liberação sexual, e outros temas relacionados aos Direitos Humanos.

Portanto, a partir desse período, mormente nas décadas de 1970 a 1990, intensificaram-se as preocupações mundiais com as questões ambientais. Isso se refletiu na incidência crescente de publicações decorrentes dos inúmeros congressos internacionais preocupados com a temática em questão (Cassino, 2000, Dias, 2013; Barbiere; Silva, 2011).

Destaca-se, o recorte com aplicação do filtro para pesquisas dos últimos cinco anos, que é um sub recorte do intervalo temporal desde o ano de 1968. Justifica-se o período estimado com base

no cálculo do software do próprio site da Scopus, como o período das publicações mais recentes sobre as temáticas. Assim, com o objetivo de delimitar quais os artigos mais recentes sobre o tema em estudo, a busca retornou o total de 3.298 artigos, para posteriormente serem tratados e selecionados com base na *string* utilizada, considerando os acessos gratuitos e não gratuitos na base de dados da Scopus, para então serem filtrados, desprezando-se os repetidos. (Figura 2).

Figura 2 – Distribuição cronológica dos artigos publicados na base de dados Scopus sobre o tema “Políticas Públicas de Resíduos Sólidos e Educação Ambiental: Uma Análise Bibliométrica”, no período entre 2015 e 2020, resultando em um total de 3.298 artigos.



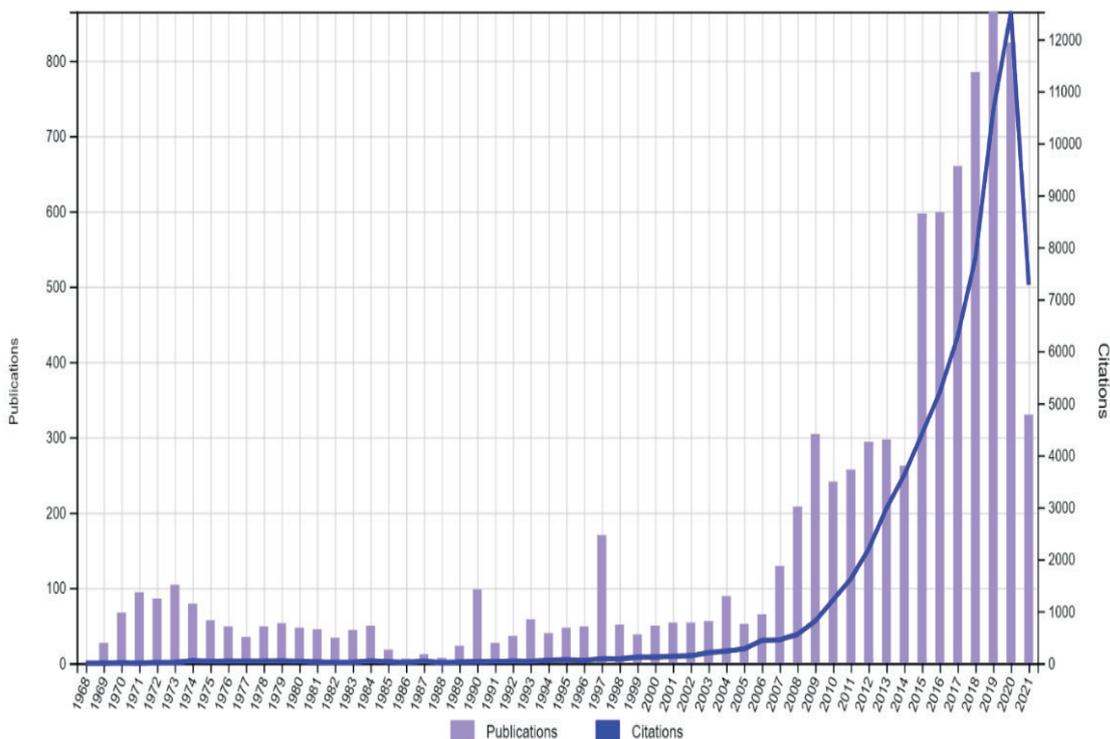
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Observa-se, a partir da Figura 2, pelas informações obtidas na base Scopus, um notável crescimento na produção científica ao longo dos anos até 2019. Porém, houve uma significativa queda na produção científica no intervalo correspondente até o ano de 2020, provavelmente em virtude dos efeitos da crise mundial na saúde em função da Pandemia. Comparando artigos relacionados à COVID-19, com os não relacionados, a partir de uma análise da plataforma *Dimensions*, encontrou-se que o tempo médio entre o recebimento do artigo e sua publicação on-line, para os artigos relacionados à COVID-19 foi de 20 dias, cerca de dez vezes menor que o grupo de comparação (Barakat *et al.*, 2020).

Fazendo-se uma análise comparativa entre os gráficos das Figuras 1 (dados Scopus) e 2 (dados da WoS), verifica-se que o crescimento das publicações sobre o tema em comento ocorreu de forma acentuada até o ano de 2018. E entre os anos de 2018 e 2019, houve uma desaceleração no ritmo das produções científicas em comparação com o intervalo dos anos compreendidos entre 2015 e 2017. Nota-se que a diminuição do ritmo das produções científicas ocorreu antes do aparecimento da COVID 19, conforme a análise da base de dados Scopus. Destaca-se que, embora os gráficos apontem para projeções de pesquisas até o ano de 2021, esses dados são tão poucos que praticamente não impactaram na demonstração dos resultados, sendo, portanto, desconsiderados.

Apesar do crescimento contínuo dos últimos anos, nos dois exemplos, há uma redução abissal nas publicações das produções científicas. Portanto, justifica-se um novo recorte dentro do intervalo temporal, desta feita, no período compreendido entre 2017 e 2020, que é o objeto de delimitação do estudo. Isso se torna um ponto relevante a ser analisado, ou seja, o acesso a essas informações pela sociedade em geral.

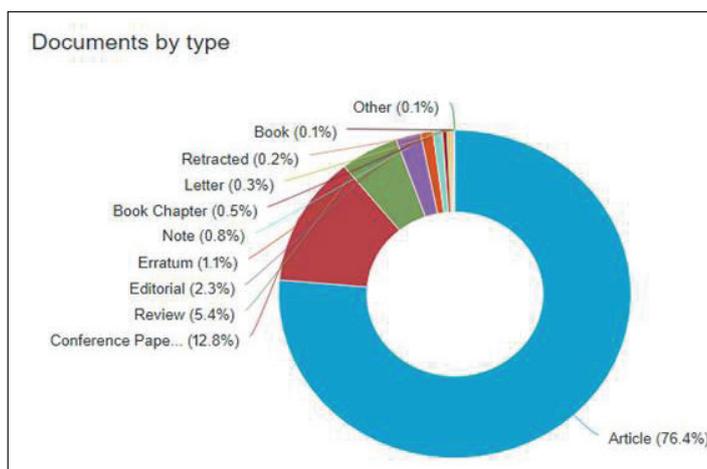
Figura 3 – Obtenção da visualização gráfica da evolução das pesquisas na base de dados da WoS com a string que trata de Políticas Públicas Ambientais, mormente, Educação Ambiental e Resíduos Sólidos.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

De outro modo, ao filtrarmos os dados para publicações mais recentes de acesso aberto (*open source*), publicadas nos últimos cinco anos, encontramos 1.316 publicações. É importante notar que, embora a produção científica seja patrocinada por universidades públicas, o acesso ao conhecimento é cobrado pelas instituições hospedeiras das bases de dados. Dessas publicações, cerca de 76% são compostas por artigos, capítulos de livros, livros, cartas, notas, editoriais, revistas, entre outros, conforme mostrado na Figura 4.

Figura 4 – Publicações de código aberto classificadas em relação ao tipo de documento (Docs. de Conferências, Docs. de Revisão, Docs. de Editorial, Docs. de Errata, Docs. de Nota, Capítulo de Livro, Docs. Cartas, Docs. Retirado, Livros, Outros, e Artigos diversos) nos últimos 5 anos usando uma base de dados Scopus.

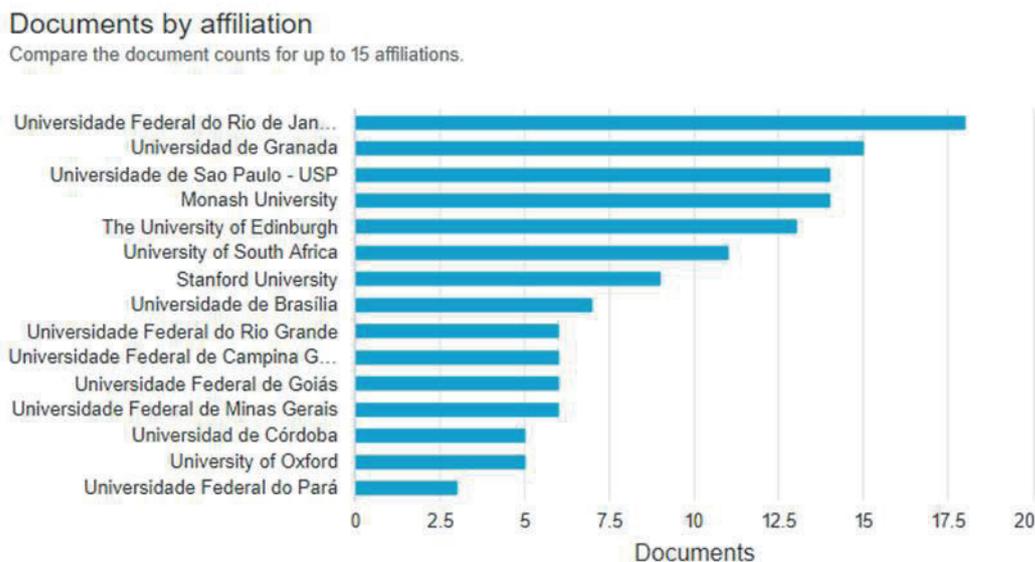


Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Analisando as publicações de acesso aberto dos últimos cinco anos, constata-se que a Universidade federal do Rio de Janeiro (Brasil) foi a que mais apresentou pesquisas publicadas, com cerca de 18 documentos. Em seguida temos a Universidade de Granada (Espanha) com 15

publicações, seguida pela Universidade de São Paulo – USP (Brasil) com 14 publicações. Destaca-se também a Universidade do Sul da África, com 11 publicações, e a Universidade de Brasília – UnB (Brasil) com sete publicações. As universidades federais do Rio Grande, Goiás, Campina Grande, e Minas Gerais (Brasil) tiveram seis publicações cada. Em comparação, a Universidade de Córdoba (Argentina), e Oxford (Reino Unido) tiveram cinco publicações cada. Por fim, a Universidade do Pará (Brasil) com cerca de 2,5 publicações (Figura 5).

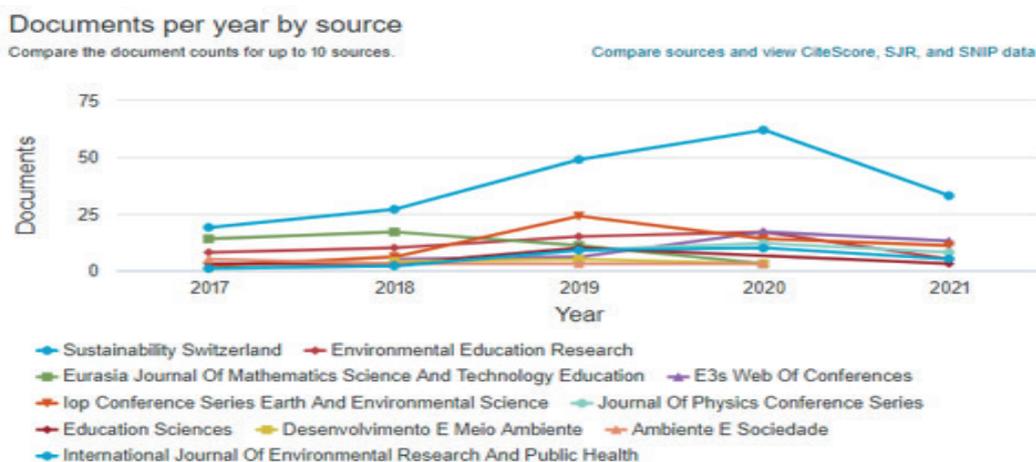
Figura 5 – Demonstrativo das publicações *open source* dos últimos cinco anos, considerando as 15 principais universidades afiliadas em termos de quantidades de publicações, em um total de 1.316 artigos.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Quando analisados os resultados das pesquisas, por fonte de pesquisa e por ano, destaca-se o periódico da Suíça (Sustainability Switzerland) com 190 publicações sobre a temática Políticas Públicas Ambientais de Educação Ambiental e Resíduos Sólidos (Figura 6).

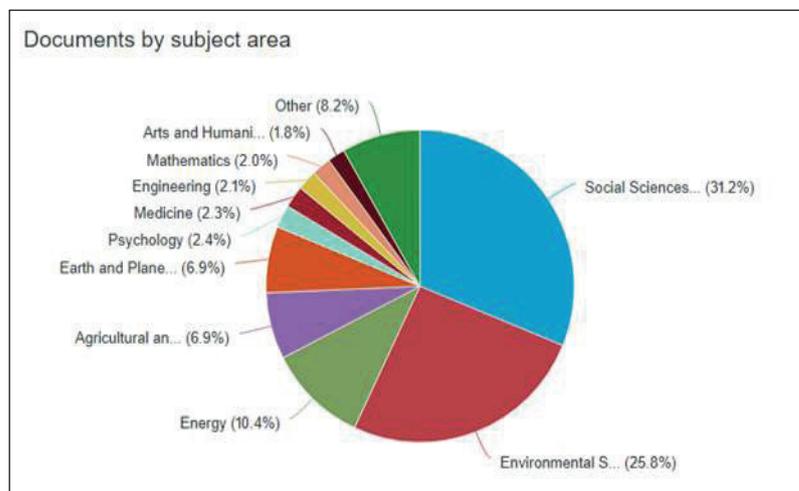
Figura 6 – O Gráfico mostra a distribuição das publicações mais recentes, ou seja, dos últimos cinco anos, levando em conta sua origem e a distribuição por ano.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Ainda utilizando as ferramentas de análise de distribuição das fontes de pesquisa para as publicações mais recentes, dos últimos cinco anos, fornecidas pela Base de dados Scopus, observamos que cerca de 31% das publicações referem-se a Ciências Sociais, enquanto quase 26% estão relacionadas às Ciências Ambientais, totalizando cerca de 57% das publicações, e demonstrando uma alta relevância acadêmica. Entretanto, cerca de 43% das pesquisas estão distribuídas em outras áreas do conhecimento, como Medicina, Psicologia, Matemática e Arte, sendo 8,2% em outras áreas da ciência (Figura 7).

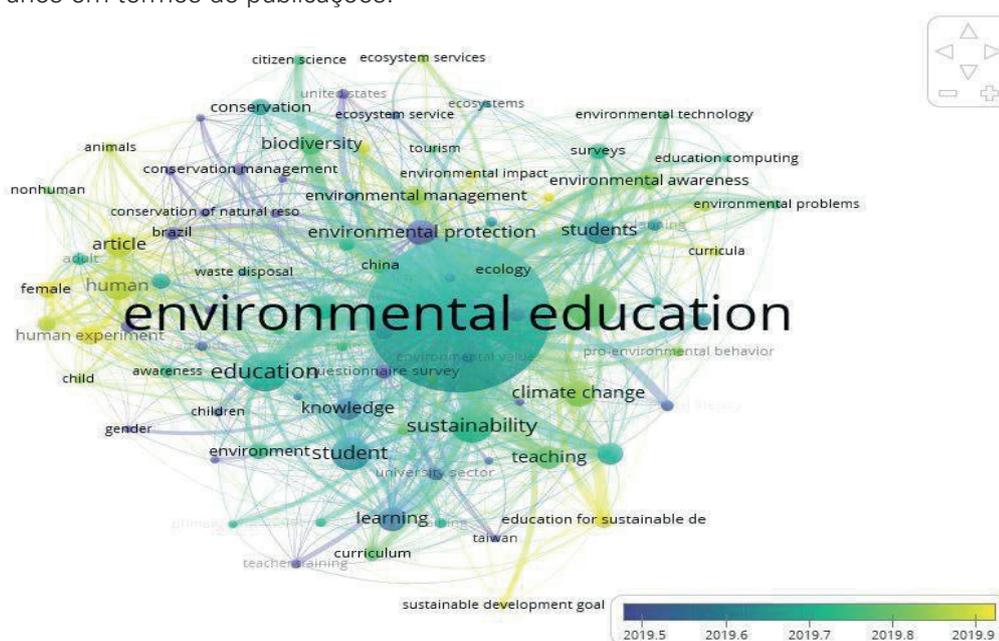
Figura 7 – A apresentação visual na forma de gráfico pizza, evidencia a relação entre as diversas áreas das ciências, apresentando destaque significativo de cerca de 57% para publicações nas áreas de Ciência Sociais e Ambientais.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

No mapa de co-ocorrência de palavras-chave, foram formados 5 *clusters* e, por meio da análise do mapa, é possível perceber a força e presença das principais palavras-chave investigadas. Em seguida, foi disponibilizado na base scopus, a distribuição de coocorrência de palavras-chave dos documentos, que consiste na apresentação das palavras distribuídas conforme sua frequência, no decorrer dos anos, em termos de publicações. (Figura 8).

Figura 8 – Mapa de coocorrência de palavras-chave dos documentos provenientes da Scopus, de acesso aberto (*open source*), se constitui de apresentação de palavras distribuídas conforme a sua frequência no decorrer dos anos em termos de publicações.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

No mapa de co-ocorrência destacam-se termos como “educação Ambiental”, “conservação de recursos naturais”, “recursos naturais”, “proteção do meio ambiente”, “manejo de recursos naturais”, e “biodiversidade”, entre outros.

Entretanto, a esfera na cor verde destaca “Educação Ambiental” como palavra chave que perpassa todos os outros temas, os quais estão intimamente ligados por nós. Tais pontos indicam a co-relação, citações, e ocorrências entre outras pesquisas. Ou seja, o termo educação ambiental está em destaque, pois foi identificado como um dos principais elementos para a formação dos clusters, com filtros que destacam a palavra-chave mais intimamente relacionada, como política pública, em conjunto com os demais termos. Mesmo “sustentabilidade ambiental” e “meio ambiente”, que também têm forte ligação no contexto da pesquisa, são afetados por essa relação.

Portanto, neste artigo conclui-se que a palavra-chave “Educação Ambiental”, como “Política Pública”, é citada com frequência, e está inter-relacionada com outras importantes, como “sustentabilidade” e a política fundamental do “desenvolvimento sustentável”. Isso pode ser facilmente visualizado pelo tamanho das fontes representativas e pelas cores das palavras-chaves, que vão do verde mais escuro para o amarelo mais claro, conforme a intensidade de seu uso.

Embora esteja patente a falta de padronização e distribuição igualitária e equitativa da produção científica em diversos países, verifica-se que o tema de pesquisa em questão é de grande relevância em termos de estudo científico.

A quantidade de publicações, autores e periódicos aumentou, provando que as políticas públicas de resíduos sólidos vinculadas à Educação Ambiental ganharam dinamismo ao longo do período examinado no estudo.

Na mesma proporção, observa-se um aumento de produções científicas escritas em colaboração por pessoas de diferentes partes e culturas do mundo, demonstrando que a publicação em políticas públicas de resíduos sólidos e Educação Ambiental representa uma expressão concreta dos esforços internacionais para tornar essa área de investigação mais conhecida.

Assim, a base de dados WoS informa a evolução das publicações ao longo dos anos e permite, por meio de sua estrutura, fazer análises do que foi publicado por área geográfica mundial, instituições, temas, dentre outros aspectos que permitem vislumbrar a tendência dos estudos em determinados intervalos de tempo.

Por outro lado, a base de dados Scopus permite acesso ao conteúdo dos arquivos, permitindo o transporte para softwares capazes de facilitar a localização dos artigos em PDF, e baixá-los agrupados para fins de seleção e leitura, sem descurar da facilidade de análise semelhante ao que é feito pela base WoS.

Conclusão

Neste artigo, inicialmente, realizou-se uma análise bibliométrica de 9.957 artigos publicados na área de políticas públicas de resíduos sólidos e educação ambiental. Os documentos foram recuperados dos bancos de dados do Scopus e Web of Science, compreendendo o período entre 2015-2020 e até o mês de abril 2021, sendo que este último período, não fora considerado para fins das análises gráficas apresentadas.

No presente trabalho, embora se tenha dado preferência à construção de gráficos em sua maioria para fins de análise e discussão, com prioridade para a base de dados Scopus, não se pode

descurar da grande importância da base de dados WoS. Isso se deve ao fato de que, embora tenha fornecido menos artigos, alguns destes não se encontram na base de dados Scopus.

Os dados apresentados graficamente apontam para um crescimento contínuo, mas, em virtude do evento pandemia de Covid 19, demonstrou-se a tendência de declínio das publicações a partir do ano de 2020. Assim sendo, essa informação corrobora a importância que se tem quando se inter-relaciona os conteúdos das diversas bases de dados, uma vez que é possível que uma determinada base de dados dê preferência à recepção de artigos de pesquisas que não foram publicados na predominante língua inglesa.

Uma vez que alguns artigos são publicados em língua nativa, embora tenham viés local, podem ser de grande relevância, em termo de citação e cocitação, contribuindo enormemente para a o incremento científico. Esta informação é de extrema relevância para a pesquisa.

Com o uso do software Vosview, foi possível realizar uma análise comparativa dos dados em fontes de registros bibliográficos, utilizados para discutir como a produção científica relacionada aos temas está distribuída no mundo, por *hot spots*, além de examinar comparativamente fontes interligadas por autoria, cocitação, periódicos e produção anual.

Como resultado, foi observado que, apesar do grande número de autores que publicaram sobre o tema, é possível verificar que há cooperação para coautoria de muitos artigos científicos, porém, verificou-se que as correlações são relativamente recentes, destacando-se a produção científica dos últimos cinco anos, sendo bem diversificada em vários países do mundo, atingindo pequenos grupos que orbitam os mais destacados.

Desse modo, os países que lideram o ranking de publicações são os Estados Unidos da América, o Brasil e a Austrália. Os dados mostram que há publicações que tratam o tema de maneira interligada quanto ao correto tratamento dos Resíduos Sólidos, destacando-se a importância para preservação da qualidade ambiental. Isso ficou perceptível pela coocorrência das principais palavras-chave, pela indicação de *hot topics* e tendências, além dos temas dos periódicos utilizados para a maioria das publicações.

Os artigos mais citados, e com maior número de *links*, abordam temas de alta relevância global e têm concentrado a atenção dos cientistas, governantes e *stakeholders*. Sendo assim, verifica-se que entre as publicações analisadas ocorre a inter-relação entre os temas políticas públicas de resíduos sólidos e educação ambiental. Esse fato, pode demonstrar a importância da Educação Ambiental como tema transversal e multidisciplinar para mediar a relação social e cultural, no tocante ao tratamento adequado dos resíduos que produzem.

As bases de dados empregadas neste estudo evidenciam a diferença de registros de dados bibliográficos, o que demonstra a relevância da utilização de diversas fontes de dados nas pesquisas que têm como objetivo realizar a síntese sobre a integração de políticas públicas ambientais, especialmente a inter-relação entre Educação Ambiental e Resíduos Sólidos. Isso aponta para a continuidade e aprofundamento dos estudos sobre a temática em comento, inclusive como tendência futura, face à sustentabilidade ambiental.

Este estudo contribuiu para a compreensão das principais tendências nos campos de pesquisa de Educação Ambiental e Política Nacional de Resíduos Sólidos. Entretanto, apesar de evidente progresso nos registros das pesquisas na área ambiental, existem aspectos de outros temas relacionados que podem ser objeto de estudos futuros.

Verificou-se também que cerca de 10% dos metadados retornados pelo uso da *string* são ou estão disponíveis de forma gratuita para uso da sociedade. Conclui-se, portanto, que fazer

pesquisa ainda é muito dispendioso, resultando na restrita disponibilidade das informações para a comunidade acadêmica que as produz.

Ademais, destaca-se que, para fins de produção científica, muitas das publicações constantes nas bases de dados, que são de natureza privada, não são acessíveis aos estudantes que não possuem de recursos financeiros ou incentivos por parte do Estado. Por conseguinte, observa-se que a participação dos órgãos de fomento e incentivo à pesquisa precisa ser ampliada, uma vez que ainda se mostra muito incipiente, indicando a necessidade de investimentos mais substanciais.

Referências

ADAD, M. F. DE M. ARAÚJO, C. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. Em Questão, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 11-32, jan./jun. 2006. Disponível em: <https://brapci.inf.br/index.php/res/download/46788> Acesso em: 22 jun. 2021.

BARAKAT, A. F. et al. Timeline from receipt to online publication of COVID-19 original research articles. MedRxiv, [s. l.], 2020. DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.06.22.20137653>. Disponível em: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.06.22.20137653v1>. Acesso em: 16 set. 2020.

BARBIERE, J. C.; SILVA D. Desenvolvimento sustentável e educação ambiental: uma trajetória comum com muitos desafios. RAM, REV. ADM. MACKENZIE, V. 12, N. 3, Edição Especial • SÃO PAULO, SP • MAIO/JUN. 2011 • ISSN 1678-6971.

CAMPELLO, Livia G. Bósio; LIMA, Rafaela de Deus. A Cooperação Internacional Solidária no contexto do Desenvolvimento Sustentável para a efetivação da Agenda 2030 in: Direitos Humanos e Meio Ambiente: os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável da Agenda 2030 [recurso eletrônico] / coordenação: Livia Gaiher Bósio Campello. 1 ed. - São Paulo: IDHG, 2020.

CASSINO, F. Educação Ambiental: princípios, história, formação de professores. 2a. Ed. São Paulo: Editora SENAC. São Paulo, 2000.

CERQUEIRA, Flora & FACCHINA, Marcia. A Agenda 21 e os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio: as oportunidades para o nível local. Caderno de debate Agenda 21 e Sustentabilidade. Caderno de debate nº 07. Ministério do Meio Ambiente. 2005.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CNUMAD). Agenda 21. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 1992.

DIAS, G. Educação ambiental: princípios e práticas. 9. ed. São Paulo: Gaia, 2013.

DIEGUES, A. O mito moderno da natureza intocada. 3. ed. São Paulo: Hucitec, 2001.

FANG, Y., YIN, J., WU, B. Climate change and tourism: a scientometric analysis using CiteSpace. Journal of Sustainable Tourism, 2017.

GABRIELA G. et al. Education for Sustainable Development: Evolution and Perspectives: A Bibliometric Review of Research, 1992–2018. Sustainability 2019, 11, 6136; doi:10.3390/su11216136.

GRÁCIO, M. C. C. Bibliographic coupling and co-citation analysis: theoretical-conceptual review. Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação, v. 21, n. 47, p.82-99, set./dez., 2016. ISSN 1518-2924. DOI:10.5007/1518-2924.2016v21n47p82.

GUEDES, V. L. da S. A bibliometria e a gestão da informação e do conhecimento científico e tecnológico: uma revisão da literatura. Ponto de Acesso, Salvador, V.6, n.2, p. 74-109 ago. 2012.

HARTUNG, Sidney. Raízes da conservação e preservação ambiental. <https://monitormercantil.com.br/author/sidney/> maio, 2018.

- HOCEVAR, M., BARTOL, T. Agriculture vs. Social sciences: subject classification and sociological conceptualization of rural tourism in Scopus and web of science. *Acta agriculturae Slovenica*, 108/1, 33–44, Ljubljana 2016.
- KRUGER, E. L. Uma abordagem sistêmica da atual crise ambiental. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, n. 4, p. 37-43, jul/dez. 2001. Editora da UFPR.
- LIAO, H.C.; Tang, M.; Luo, L.; Li, C.Y.; Chiclana, F.; Zeng, X.J. A Bibliometric Analysis and Visualization of Medical Big Data Research. *Sustainability* 2018, 10, 166.
- LINE, M. B.; SANDISON, A. Progress in documentation: 'obsolescence' and the changes in the use of literature with 'time'. *Journal of Documentation*, v. 30, n. 3, p. 283-350, 1974.
- LIU, H., LIU, Y., WANG, Y., PAN, C. Hot topics and emerging trends in tourism forecasting research: A scientometric review. *Tourism Economics XX(X) – Special Issue: Tourism Forecasting*. 2018.
- MACEDO, J. N. de. Educação Ambiental Como Proposta a Sustentabilidade e a Dinâmica do Capitalismo na Crise do Meio Ambiente. *Revista Ambiente Jurídico*, 2020.
- MACIAS-CHAPULA, C. A. O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional. *Ci. Inf.*, Brasília, v. 27, n. 2, p. 134-140, maio/ago. 1998.
- MATOS, S. M. S.; SANTOS, A. C. Modernidade e crise ambiental: das incertezas dos riscos à responsabilidade ética. *Trans/Form/Ação*, Marília, v. 41, n. 2, p. 197-216, Abr./Jun., 2018.
- MEI, Danielle Scheffelmeier. A Atuação Internacional do Movimento Ambientalista <http://jornalri.com.br/artigos/atuacao-internacional-do-movimento-ambientalista> fev 2018.
- NOCER, R. P ; MOLINA, Filiberto E. R. M. Desafios globais dos direitos de participação ambiental na agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. *Rev. Jur. Der.* vol.8 no.10 La Paz jun. 2019
- OKUBO, Y. Bibliometric indicators and analysis of research systems: methods and examples. Paris: OECD Publishing, 1997. Science, Technology and Industry Working Papers, 1997/01. <Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/bibliometric-indicators-and-analysis-of-research-systems_208277770603 Acesso em 22/06/2021>.
- PASSOS, A.M. F. dos; SPANHOLI M. L. Crise Ambiental e a Importância da Educação Ambiental. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul de Minas Gerais – Poços de Caldas, 15º Congresso do Meio Ambiente, 25 a 28, 2018.
- RUFINO, Bianca, CRISPIM, Cristina. Breve Resgate Histórico da Educação Ambiental no Brasil e no Mundo. VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Porto Alegre/RS – 23 a 26/11/2015. <<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/VII-069.pdf>> Acessado em: 27/10/2021.
- SACHS, Jafferey. *La Era del Desarrollo Sostenible*. Columbia University Press, Nueva York, 2014.
- TAITSON BUENO, Bruno. A influência do movimento ambientalista nas políticas públicas: um estudo comparado entre Brasil e Estados Unidos/ Bruno Taitson Bueno. Tese de Doutorado. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília, Brasília, 2016.
- Van ECK, N. J. WALTMAN, L. VOSviewer Manual. University Leiden. CWTS Meaningful metrics. 2020.
- WEDY, Gabriel. 2021. Mudanças climáticas: o sombrio relatório do IPCC. *Ambiente Jurídico*. Acessado em 27 de outubro de 2021 < <https://www.conjur.com.br/2021-ago-14/ambiente-juridico-mudancas-climaticas-sombrio-relatorio-ipcc>>.
- Ye, Q., Song, H. & Li, T. 2012. Cross-institutional collaboration networks in tourism and hospitality research. *Tourism Management Perspectives*, 2(3): 55-64.
- ZEIFERT, Anna Paula A Justiça Social e a Agenda 2030: políticas de desenvolvimento para a construção de sociedades justas e inclusivas. *Revista Direitos Sociais e Políticas Públicas (U N I F A F I B E)*. Vol. 8, n. 2, 2020.



Carlos Eduardo Macedo / Novembro 2023



A valoração como instrumento de cobrança da reparação de danos ambientais na Amazônia: a experiência do estado de Roraima e as propostas de fortalecimento da cobrança das medidas reparatórias

*Jacqueline Lima da Guia¹,
Josane Franco de Oliveira²,
Maria Rutinéia Nobre Dias³,
Joelma Almeida da Silva⁴,
Carlos Eduardo de Sousa Macedo⁵,
Ari Alfredo Weiduschat⁶*

Resumo

O texto aborda a Lei nº 12.651/2008, que estabelece a responsabilidade comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, em colaboração com a sociedade civil, na criação de políticas públicas para a preservação e restauração da vegetação nativa e de suas funções ecológicas e sociais nas áreas urbanas e rurais. Destaca a importância da definição de áreas prioritárias para a conservação, proteção ambiental e uso sustentável dos recursos naturais, que aliados à recuperação de áreas degradadas, têm função estratégica para a gestão e uso de nossas riquezas, associada ao alcance dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). As florestas e vegetação nativa são consideradas bens de interesse comum, e qualquer ação ou omissão contrária às disposições legais está sujeita a sanções administrativas, civis e penais, sem prejuízo da obrigação de reparar os danos ambientais perpetrados. Além das medidas mitigatórias do licenciamento ambiental federal, da coibição de ilícitos ambientais e demais infrações administrativas ambientais, cabe ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), exigir medidas reparatórias dos danos e, quando infrutíferas, propor Ação Civil Pública (ACP) de reparação de danos, baseada em métodos de valoração ambiental, que objetivam, por meio de valor monetário atribuído ao bem natural, acionar judicialmente a parte a cumprir com tal obrigação legal. O objetivo deste artigo é

¹ Analista Ambiental, Engenheira Florestal, Núcleo de Biodiversidade e Florestas da Superintendência do Ibama em Roraima.

² Analista Ambiental, Engenheira Agrônoma, Núcleo de Biodiversidade e Florestas da Superintendência do Ibama em Roraima.

³ Analista Ambiental, Engenheira Agrônoma, Coordenação de Inteligência do Ibama.

⁴ Técnico Administrativo, Economista, Núcleo de Biodiversidade e Florestas da Superintendência do Ibama em Roraima.

⁵ Técnico Ambiental, Engenheiro Ambiental, Núcleo de Biodiversidade e Florestas da Superintendência do Ibama em Roraima.

⁶ Analista Ambiental, Engenheiro Agrônomo, Núcleo de Biodiversidade e Florestas da Superintendência do Ibama em Roraima.

avaliar os estudos de valoração elaborados pelo Ibama Roraima, avaliando seu alcance na propositura de ACP's, e identificando lacunas e pontos sensíveis para fortalecer as medidas reparatórias.

Palavras-chave: recuperação de áreas degradadas; reparação de danos ambientais; valoração ambiental; ação civil pública; objetivos do desenvolvimento sustentável.

Abstract

The text addresses Law N° 12.651/2008, which establishes the joint responsibility of the Federal Government, the States, the Federal District, and the Municipalities, in collaboration with civil society, in creating public policies for the preservation and restoration of native vegetation and its ecological and social functions in urban and rural areas. It highlights the importance of defining priority areas for conservation, environmental protection, and the sustainable use of natural resources, which, together with the recovery of degraded areas, play a strategic role in the management and use of our wealth, associated with achieving the Sustainable Development Goals (SDGs). Forests and native vegetation are considered assets of common interest, and any action or omission contrary to legal provisions is subject to administrative, civil and criminal sanctions, without prejudice to the obligation to repair the environmental damage perpetrated. In addition to the mitigating measures of federal environmental licensing, the curbing of environmental offenses and other environmental administrative infractions, it is up to the Brazilian Institute for the Environment and Renewable Natural Resources (IBAMA) to demand measures to repair the damage and, when unsuccessful, to file a Public Civil Action (PCA) to repair the damage, based on environmental valuation methods, which aim, through the monetary value attributed to the natural asset, to bring the party to comply with this legal obligation to court. The aim of this article is to assess the valuation studies conducted by Ibama Roraima, assessing their scope in the proposal of PCAs, and identifying gaps and sensitive points to strengthen reparation measures.

Keywords: recovery of degraded areas; repair of environmental damage; environmental valuation; public civil action; sustainable development objectives.

Introdução

O artigo 225 da Constituição Federal de 1988, estabelece que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, cabendo ao Poder Público e à coletividade sua defesa e preservação para as presentes e futuras gerações. Tal princípio constitucional encontra-se refletido no arcabouço legal brasileiro, que impõe através de Leis, Decretos e outros instrumentos normativos o dever de proteger o meio ambiente contra ações em desacordo com a legislação e de obrigar o poluidor/degradador a cumprir com a reparação de danos ambientais.

A promoção da recuperação da vegetação nativa também encontra respaldo na Lei nº 12.651/2008, que reconhece a responsabilidade comum da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, em colaboração com a sociedade civil, na criação de políticas públicas para a preservação e restauração da vegetação nativa e de suas funções ecológicas e sociais nas áreas urbanas e rurais. Portanto, é dever do poder público criar e mobilizar incentivos econômicos para fomentar a preservação e a recuperação da vegetação nativa, bem como promover o desenvolvimento de atividades produtivas sustentáveis.

Dessa forma, a definição de áreas prioritárias para a conservação e proteção ambiental, aliada à promoção do uso sustentável dos recursos naturais e à recuperação de áreas degradadas, desempenha uma função estratégica na gestão e uso de nossas riquezas. Essas ações estão em

consonância com os esforços do Governo brasileiro para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), sobretudo o ODS 15 – Vida Terrestre. Esse ODS objetiva proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, travar e reverter a degradação dos solos e conter a perda da biodiversidade.

As florestas e demais formas de vegetação nativa existentes no território nacional, são bens de interesse comum de todos os brasileiros. Sua utilização/exploração, bem como quaisquer ações ou omissões contrárias às disposições legais, são passíveis, entre outros, de aplicação de sanções administrativas, civis e penais, sem prejuízo da obrigação de reparar os danos ambientais perpetrados. Tal obrigação prevalece inclusive em casos de prescrição da pretensão punitiva, de acordo com o Decreto nº 6.514/2008.

A Lei nº 6.938/1981 estabelece que, independentemente de culpa, o poluidor/degradador é obrigado a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros afetados pela degradação.

Neste contexto, os órgãos ambientais competentes, ao tomarem conhecimento do desmatamento em desacordo com as disposições legais, deverão embargar a obra ou atividade que deu causa à degradação, excetuando-se as áreas de subsistência. Essa medida administrativa visa impedir a continuidade do dano ambiental, propiciar a regeneração do meio ambiente e dar viabilidade à recuperação da área degradada.

Além das medidas mitigatórias do licenciamento ambiental federal, da coibição de desmatamentos ilegais e demais infrações administrativas ambientais, cabe também ao Ibama, exigir a adoção de medidas compensatórias e reparatórias dos danos. Isso ocorre por meio da apresentação de Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRADs) ou Área Alterada. Em casos mais específicos, quando essas medidas são infrutíferas, o Ibama pode propor Ação Civil Pública de reparação de danos ambientais. Essas ações são baseadas em métodos de valoração ambiental, que objetivam, por meio de valor monetário atribuído ao bem natural, acionar judicialmente a parte a cumprir com a obrigação legal de reparar o dano causado.

O levantamento dos estudos de valoração ambiental elaborados pelo Ibama entre os anos de 2016 e 2023, no estado de Roraima, permitirá avaliar o alcance dos mesmos, na proposição de ações civis públicas. Além disso, possibilitará identificar lacunas e pontos sensíveis para o fortalecimento das medidas reparatórias dos danos ambientais.

Conceito de dano ambiental

À luz do Direito Ambiental, há várias definições para o conceito de dano ambiental:

O dano ambiental deve ser compreendido como toda lesão intolerável causada por qualquer ação humana ao meio ambiente, diretamente, como macrobem de interesse da coletividade, em uma concepção totalizante ou aos elementos naturais que compõem o todo, como água, florestas, ar etc. O dano ambiental divide-se em duas espécies: dano patrimonial e dano extrapatrimonial ou moral. O dano patrimonial existe quando os bens lesados são bens materiais, exigindo-se, portanto, a restituição. Quando o prejuízo for não material, porque foram lesados bens imateriais, o dano é extrapatrimonial ou moral (TCU, 2005, p. 80).

De acordo com a Portaria Ibama nº 118/2022, dano ambiental é caracterizado como toda lesão causada ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, decorrente da degradação de atributos

ambientais ocasionada por atividades, ações e omissões não autorizadas ou em desacordo com as autorizações vigentes.

O dano ambiental, não deve ser confundido, no entanto, com o conceito de impacto ambiental, visto que último este se relaciona a uma atividade licenciada, passível, portanto, de medidas mitigatórias condicionantes das licenças ambientais.

Identificada a área degradada, definida como aquela impossibilitada de retornar, por sua trajetória natural, a um ecossistema semelhante a um estado conhecido antes, ou para outro estado definido como o esperado (IN 02/2016), deve o Ibama, exigir como medida prioritária, a adoção de solução técnica adequada à recuperação do dano ambiental, com o objetivo de restituir o ecossistema ou população silvestre degradada a uma condição não degradada, podendo ser esta diferente de sua condição original (IN 02/2016).

Convém destacar que a legislação classifica em dois grandes grupos o dano ambiental: direto (*in situ*) e indireto (*ex situ*). Por dano ambiental indireto, entende-se, de acordo com a IN Ibama 02/2016, aquele decorrente da constatação de transporte, beneficiamento, comércio, consumo e armazenamento de produtos florestais de origem nativa sem a licença obrigatória, ou em desacordo com ela.

No caso de dano indireto, realiza-se a comutação do volume de produto florestal bruto em unidade de área para reparação de dano ambiental, de acordo com o índice de comutação estipulado na IN Ibama 02/2016, considerando o bioma atingido pela infração ambiental. Em se tratando de dano indireto oriundo de autos de infração relacionados, entre outros, ao transporte ilegal, onde não seja possível, por meio de estudos ou análises técnicas, identificar o local de origem da matéria-prima florestal, considera-se, para fins de comutação, o bioma referente ao município onde foi lavrado o auto de infração.

O Ministério Público do Estado do Mato Grosso do Sul (MPMS 2018, p. 10), assevera que o dano ambiental corresponde à *“toda degradação do meio ambiente, incluindo não só o meio natural, mas também os aspectos culturais e artificiais que permitem e condicionam a vida”*. Dessa forma, alterações relacionadas, por exemplo, à depredação de locais/sítios sagrados, também são passíveis de ações reparatórias, uma vez que os danos ambientais podem atingir serviços culturais⁷ das populações tradicionais e não tão somente os serviços de suporte⁸, provisão⁹ e regulação¹⁰ (PARRON et al, 2005, p. 31).

Da mesma forma, a valoração de danos vem sendo aplicada não só para os casos de danos relacionados à flora, mas também em situações de infrações praticadas contra a fauna, por exemplo.

⁷ Serviços culturais são os benefícios não materiais obtidos dos ecossistemas, que contribuem para o bem-estar da sociedade, incluindo o enriquecimento espiritual e cultural, desenvolvimento cognitivo, reflexão sobre os processos naturais, oportunidades de lazer, ecoturismo e recreação.

⁸ Serviços de suporte propiciam as condições necessárias para que os demais serviços possam ser disponibilizados à sociedade. Os benefícios ocorrem, em sua maioria, de maneira indireta, e se manifestam no longo prazo, como a formação e a manutenção da fertilidade do solo, a produção de oxigênio, a ciclagem de nutrientes e a produção primária, que estão na base do crescimento e da produção. Acima de tudo, a diversidade biológica (incluindo genes e espécies), encontrada em ambientes naturais, constitui o suporte a todo o funcionamento dos ecossistemas e permite que estes sejam resilientes às mudanças externas, de evitando alterações significativas em seu estado. Nos demais serviços, os benefícios são diretos e, normalmente, ocorrem em prazos menores. Por exemplo, a sociedade não utiliza diretamente o serviço de formação do solo, embora alterações neste afetem indiretamente o bem-estar, porque alteram o fluxo do serviço de produção.

⁹ Serviços de provisão compreendem os produtos obtidos dos ecossistemas e que são oferecidos diretamente à sociedade, como alimentos e fibras naturais, madeira para combustível, água, material genético, entre outros.

¹⁰ 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 et al, 2005).

Ação civil pública

Conforme a Lei nº 7.347/1985 (Brasil, 1985), têm legitimidade para propor ação de responsabilidade civil e criminal por danos causados ao meio ambiente:

Art. 5º Têm legitimidade para propor a ação principal e a ação cautelar:

I - o Ministério Público; (Redação dada pela Lei nº 11.448, de 2007).

II - a Defensoria Pública; (Redação dada pela Lei nº 11.448, de 2007).

III - a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios; (Incluído pela Lei nº 11.448, de 2007).

IV - a autarquia, empresa pública, fundação ou sociedade de economia mista; (Incluído pela Lei nº 11.448, de 2007).

V - a associação que, concomitantemente: (Incluído pela Lei nº 11.448, de 2007).

a) esteja constituída há pelo menos 1 (um) ano nos termos da lei civil; (Incluído pela Lei nº 11.448, de 2007).

a) inclua, entre suas finalidades institucionais, a proteção ao patrimônio público e social, ao meio ambiente, ao consumidor, à ordem econômica, à livre concorrência, aos direitos de grupos raciais, étnicos ou religiosos ou ao patrimônio artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico. (Redação dada pela Lei nº 13.004, de 2014).

A Ação Civil Pública poderá ter como objeto a condenação para o pagamento em pecúnia pelo dano causado ou o cumprimento da obrigação de fazer ou não fazer. É possível ainda, o ajuizamento de ação cautelar objetivando evitar danos ao patrimônio público e social, ao meio ambiente, ao consumidor, à honra e à dignidade de grupos raciais, étnicos ou religiosos, à ordem urbanística ou aos bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico.

Especificamente no âmbito do Ibama, a propositura de Ações Civis Públicas, atualmente, segue os regramentos contidos na Portaria Conjunta Ibama/Procuradoria Federal Especializada (PFE-Ibama) nº 01/2018. Essa portaria estabelece que cabe à Coordenação Nacional do Contencioso Judicial (Cojud), à Coordenação-Geral de Fiscalização Ambiental (CGFIS) e à Coordenação do Processo Sancionador Ambiental (Copsa) promoverem, em conjunto, o planejamento visando à indicação das infrações a serem objeto de judicialização.

Neste contexto, o Ibama apoia demandas de judicialização das ACPs por meio da elaboração de estudos de valoração econômica de danos ambientais, advindas tanto da PFE- Ibama como do Ministério Público Federal (MPF).

Dessa forma, a valoração econômica de determinado recurso ambiental, vem ganhando destaque na agenda de ações dos Núcleos de Biodiversidade e Florestas (Nubios) das Superintendências, sendo aperfeiçoada por meio da experiência prática de valoração. A realização de cursos sobre a temática, elaboração de Notas Técnicas e de Procedimentos Operacionais Padrão (POPs), por parte da Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Florestas (DBFLO), Coordenação Geral de Biodiversidade e Florestas (CGBio) e Coordenação de Recuperação Ambiental (Corec), tem sido fundamental para a formação de banco de talentos de servidores qualificados e como subsídios ao processo de valoração de danos.

Exemplos desse fortalecimento da recuperação ambiental e da valoração econômica de danos ambientais como temas estratégicos para o Ibama estão cristalizados em diversas iniciativas e documentos, tais como:

- a) Instituição da Instrução Normativa Ibama nº 04, de 13 de abril de 2011 (em revisão), que estabelece procedimentos para elaboração de Projeto de Recuperação de Área Degradada

- Prad ou Área Alterada, para fins de cumprimento da legislação ambiental, bem como dos Termos de Referência constantes dos Anexos I e II desta Instrução Normativa.
- b) Promoção de evento de capacitação entre os anos de 2014/2015 – Especialização em Recuperação de Áreas Degradadas, em convênio com a Universidade Federal de Viçosa (UFV) e na qual participaram 2 (duas) servidoras do Nubio-RR;
 - c) Nota Técnica 02001.000483/2016-33 DBFLO/Ibama. Atualização da Nota Técnica nº 15/09-DBFLO, acerca de custos de implantação e manutenção de Projeto de Recuperação de Área Degradada – Propositura de Ações Públicas (ACPs)/Levantamento de custos de recuperação de área degradada. Ibama/MMA. Brasília – DF, março de 2016;
 - d) Instrução Normativa nº 2, de 09/05/2016 que estabelece procedimentos que visem a conversão de produto florestal processado em produto florestal bruto e a comutação de volume de produto florestal bruto em área para reparação de dano ambiental indireto constatado em autos de infração lavrados pelo Ibama;
 - e) Criação do Comitê Especializado em Ações de Melhoria e Recuperação Ambiental (Ceram), por meio da Portaria Ibama nº 1.978/2017 e suas atualizações, do qual o estado de Roraima conta com 2 (dois) servidores indicados para atuar nas diversas ações de monitoramento, desenvolvimento e avaliação de planos, programas, projetos e ações de melhoria e recuperação ambiental das áreas degradadas, conversão de multa e a valoração econômica de bens e serviços ecossistêmicos e de danos ao meio ambiente;
 - f) Promoção de eventos de capacitação sobre Valoração Econômica de Danos Ambientais, nos quais participaram 3 (três) servidores da Superintendência de Roraima (Supes-RR);
 - g) Instituição, em 2018, do Cadastro Simplificado de Vetores (CASV), banco de dados com objetivo de receber arquivos shapefile referentes às áreas em recuperação ou passíveis de recuperação, existentes nos diferentes Estados da Federação;
 - h) Nota Técnica nº 40/2019/COREC/CGBIO/DBFLO – Nota Técnica COREC/DBFLO, acerca de custos de implantação e manutenção de Projeto de Recuperação Ambiental nos diversos Biomas brasileiros, no âmbito da análise de processos afetos à Corec e da propositura de Ações Cíveis Públicas (ACPs);
 - i) Em abril de 2021, formação do Grupo de Trabalho de Valoração Ambiental (GT Valoração), constituído por servidores do Ibama, com objetivo de: i) Identificar linhas temáticas e estudos de caso de valoração de danos no Ibama; ii) Indicar métodos aceitos e reconhecidos nas esferas de decisão para valorar danos decorrentes de infração administrativa no Ibama; iii) Elaborar formulário de sugestões às unidades descentralizadas sobre os métodos selecionados para manifestação; iv) Elaborar roteiro para aplicação da valoração ambiental na esfera administrativa ou como subsídio às proposições de ações cíveis públicas;
 - j) Publicação do POP nº 1/COREC/CGBio/DBFLO, em 31/03/2021 – Ficha de Campo – Acompanhamento e Avaliação Técnica de Projeto de Recuperação Ambiental de Área Degradada ou Alterada em Ambientes Terrestres, bem como de seu Manual de Recuperação Ambiental – Em dia com a Natureza;
 - k) POP nº 02/COREC/CGBIO/DBLO – roteiro de valoração de danos ambientais à fauna – V.I, instituído pela Portaria Ibama nº 2834, de 03 de novembro de 2021;
 - l) POP para Estimativa dos Custos de Implantação e Manutenção de Projeto de Recuperação Ambiental nos Biomas Brasileiros, para Compor Valor Mínimo da Reparação por Danos Ambientais à Vegetação Nativa, em Processos Administrativos no âmbito do Ibama, instituído pela Portaria Ibama nº 118, de 03 de outubro de 2022;
 - m) *Workshops*, oficinas e reuniões técnicas realizadas pela DBFLO sobre a temática de reparação de danos ambientais;

Valoração do dano ambiental

Segundo o MPMS (2018, p.7), através da valoração ambiental é possível “oferecer um valor de referência para quantificar monetariamente os impactos ambientais causados.” Essa referência é calculada por meio da utilização de diferentes métodos de valoração (diretos ou indiretos), que levam em consideração os seguintes valores:

$$\text{VERA} = \text{VU} + \text{VNU} \quad (1)$$

$$\text{VU} = \text{VUD} + \text{VUI} + \text{VO} \quad (2)$$

$$\text{VNU} = \text{VE} \quad (3)$$

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

VERA – Valor econômico do recurso ambiental

VU – valores de uso = (VUD + VUI + VO)

VNU – valor de não-uso = (VE)

VUD – valor de uso direto

VUI – valor de uso indireto

VO – valor de opção

VE – valor de existência

O Quadro 1, contém as definições destes valores:

Quadro 1– Definições sobre os valores de uso utilizados nos métodos de valoração ambiental.

Valor	Definição	Exemplos
Valor de Uso (VU)	É o valor atribuído diretamente ao ambiente pelas pessoas que o utilizam, de fato, ou às vezes apenas desfrutam dos recursos naturais, pagando ou não por isso, degradando-os ou não.	—
Valor de Uso Direto (VUD)	É o valor atribuído ao produto que pode ser consumido diretamente ou aos benefícios que o bem pode proporcionar.	Alimentos e biomassa, produtividade de rebanho.
Valor de Uso Indireto (VUI)	Corresponde aos benefícios que o bem produz ou às funções ecológicas que desempenha.	Controle de enchentes, proteção do solo contra erosão, estabilidade climática decorrente da preservação das florestas.
Valor de Opção (VO)	É um valor indireto, atribuído ao ambiente com base no risco da perda dos benefícios que o ambiente proporciona às pessoas ou mesmo aos seus herdeiros.	Recursos genéticos, para potencial uso no futuro.
Valor de Não-Usos (VNU)	É a parcela mais difícil de se conceituar, representa um valor atribuído simplesmente pelo fato de o meio ambiente possuir certas qualidades, independentemente de elas possuírem valor de uso atual ou futuro – Valor de Existência (VE).	Disposição em pagar pela preservação de animais, independente de possuírem valor ou uso (atual ou futuro).

Fonte: Adaptado de TCU, 2005

Dessa forma, a “valoração do meio ambiente constitui-se em um conjunto de métodos e técnicas que têm por finalidade estimar os valores dos atributos ambientais” (TCU, 2005, p.82).

O MPMS (2018, p. 8), observa:

Os métodos diretos utilizam mercados de bens e serviços substitutos ou complementares ou mercados hipotéticos para medir as variações de bem-estar, enquanto os indiretos valoram os benefícios ambientais usando os custos evitados, as mudanças na qualidade ambiental, entre outros.

Estudos de valoração elaborados

Considerando os diferentes métodos de valoração existentes e a experiência adquirida ao longo dos anos, pelo Nubio-RR, foram levantados os estudos de valoração elaborados entre os anos de 2016 e 2023, com vistas a identificar o tipo de bem lesionado e para o qual se elaborou o estudo de valoração; o bioma ou o regime de uso da área atingida pela ação lesiva; os métodos utilizados e as variáveis aplicadas na valoração do dano ambiental, entre outras informações.

Os estudos de valoração foram obtidos por meio do Sistema Eletrônico de Informações (SEI), utilizado pelo Ibama para o protocolo e análise dos projetos de recuperação de áreas degradadas e estudos de valoração econômica ambiental. A Tabela 1, contém o resumo dos estudos elaborados no período analisado.

Ao final, espera-se traçar um panorama sobre os resultados obtidos pelos esforços de valorar os danos ambientais, identificar fatores limitantes e propor possíveis ações para a melhoria dos processos de cobrança da reparação de danos ambientais.

Tabela 1– Estudos de valoração econômica dos danos ambientais elaborados pelo Nubio-RR no período entre 2016 a 2023.

Classificação do dano			Descrição do dano	Valor atribuído para a reparação do dano (R\$)	Mês/Ano da elaboração	Órgão Demandante
Casos	Direto	Indireto				
1	x		Fazer uso do fogo em 368,7900 ha sem autorização.	3.961.542,10	mai/16	Nubio-RR
2	x		Desmatar 326,4814 ha sem autorização.	3.507.048,16	mar/17	Nubio-RR
3		x	Vender 6.101,38m ³ de madeira serrada, sem comprovação de origem (Comutação de m ³ de madeira (serrada) em 122,0276 ha).	1.310.820,48	fev/18	NUBIO-RR
4		x	Receber 4.486,657m ³ de matéria-prima florestal em toras, em desacordo com a licença (Comutação de m ³ de madeira (toras) em 44,8700 ha).	481.993,54	fev/18	NUBIO-RR

Classificação do dano			Descrição do dano	Valor atribuído para a reparação do dano (R\$)	Mês/Ano da elaboração	Órgão Demandante
5		x	Ter em depósito e vender madeira sem origem (Comutação de m ³ de madeira (tora e serrada) em área 8,9760 ha)	136.167,45	jun/20	MPF-RR
6	x		Coletar 26 ovos de traçajá	1.201,75 a 14.421,00	ago/20	AGU/PFE-Ibama-RR
7	x		Destruir 21,4000 ha na TI dos índios isolados Pirititi	324.641,64 a 838.488,17	ago/20	MPF-RR
8	x		Destruir 15,5827 ha sem autorização	236.392,21	set/20	MPF-RR
9	x		Destruir 126,0000 ha sem autorização	1.911.441,42	dez/20	MPF-RR
10	x		Danificar 256,1200 ha na TI dos índios isolados Pirititi (autor desconhecido)	534.532,68	dez/21	MPF-RR
11	x		Danificar 402,3400 ha na TI dos índios isolados Pirititi	839.699,67	dez/21	MPF-RR
12	x		Danificar 50,8800 ha na TI dos índios isolados Pirititi (autor desconhecido)	106.188,60	dez/21	MPF-RR
13		x	Vender 1.897,6034 m ³ de madeira em toras e outros produtos acabados, sem licença válida – Comutação de m ³ de madeira (toras) em 32,0254 ha na TI dos índios isolados Pirititi	485.830,76 a 1.746.749,93	mar/23	AGU/PFE-Ibama-RR

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Entre os anos de 2016 e 2023, foram elaborados pelo Nubio-RR, 13 (treze) estudos de valoração econômica do dano ambiental. Desse total, 4 (quatro) estudos se deram em atendimento à Portaria Conjunta Ibama/Procuradoria Federal Especializada (PFE-Ibama) nº 2, de 26 de agosto de 2014, a qual foi posteriormente revogada.

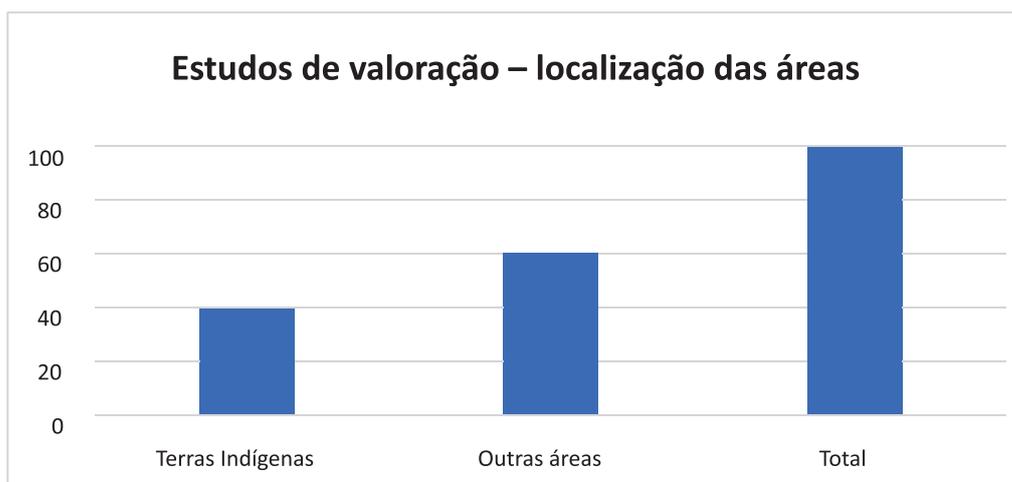
Na ocasião, a Portaria Conjunta nº 2/2014, previa que os Nubio's nos Estados, seriam responsáveis, a partir de critérios de malha, pela triagem dos processos administrativos destinados à judicialização de ACP.

Neste contexto, no caso de valoração, a área era vistoriada e/ou analisada por meio de imagens de satélite, para verificar o estágio de recuperação. O objetivo, neste caso, era evitar a judicialização de ACPs em áreas onde o embargo estivesse sendo cumprido e a recuperação estivesse acontecendo por meio da regeneração natural.

Relativo à judicialização de ACPs nos moldes da Portaria Conjunta 01/2018, atualmente em vigor, que deve ocorrer com base no Planejamento Nacional de ACP's, foram elaborados 2 (dois) estudos de valoração: um referente à coleta de ovos de traçajá (*Podocnemis unifilis*) e o outro pela venda de 1.897,6034 m³ de madeira em toras e outros produtos sem licença e oriundos da Terra Indígena Interditada dos índios isolados Pirititi.

As demandas por valoração econômica de danos oriundas do Ministério Público Federal – MPF, totalizaram 7 (sete) estudos. Destes, 5 (cinco) se relacionaram a danos ambientais na Terra Indígena Interditada dos índios isolados Pirititi. Os estudos de valoração econômica de danos em Terras Indígenas representaram 38,5% das demandas atendidas, conforme demonstra a figura 1.

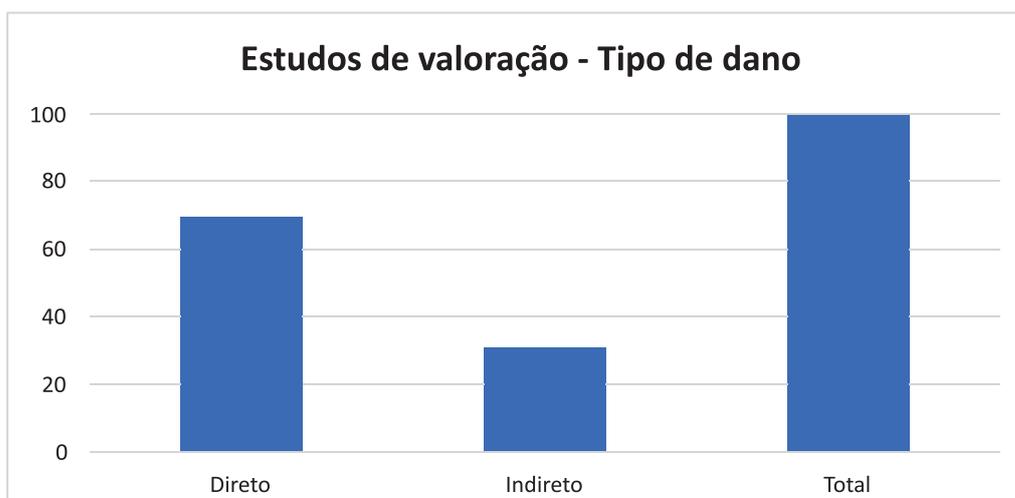
Figura 1 – Localização das áreas degradadas referentes aos estudos de valoração elaborados pelo IBAMA-RR.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

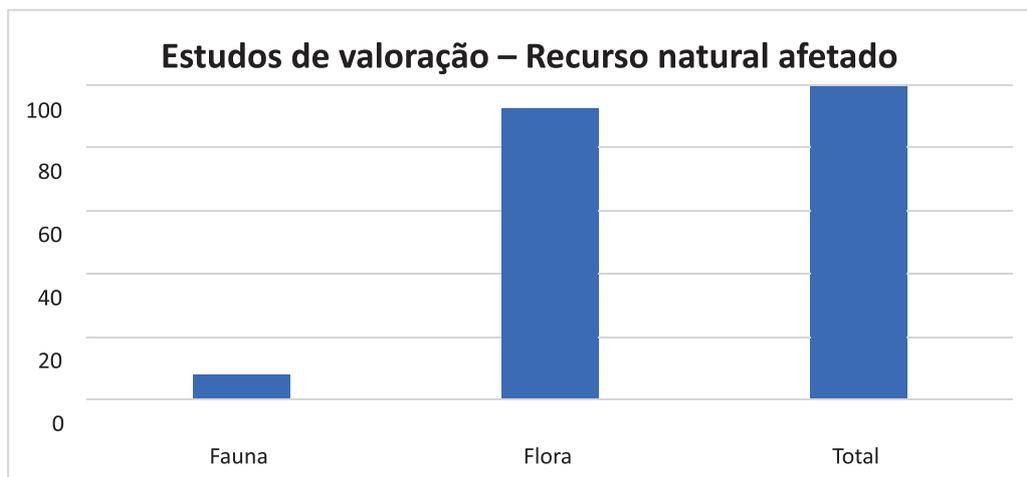
Com relação ao tipo de dano, o maior percentual dos estudos foi realizado para a valoração econômica de danos diretos (69,2%) à flora – Figuras 2 e 3.

Figura 2 – Classificação do tipo de dano ambiental dos estudos de valoração elaborados pelo Ibama – RR.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Figura 3 – Recurso natural afetado pelo dano ambiental nos estudos de valoração elaborados pelo IBAMA-RR



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Todas as valorações relacionadas à flora referiram-se ao Bioma Amazônia, especificamente à tipologia de florestas. Observa-se a necessidade de ampliar a judicialização de ACPs para outras tipologias vegetais existentes no bioma:

a vegetação de Savana, regionalmente conhecida como lavrado, vem sofrendo ao longo dos anos um crescente aumento na conversão de suas áreas, sem se considerar a riqueza e diversidade deste tipo de bioma. Por muito tempo vigorou (e ainda vigora) a justificativa de que as áreas de lavrado no Estado “não possuem vegetação ou árvores;” podendo ser suprimidas sem qualquer tipo de autorização ou cuidado especial. Com essa informação, pretende-se justificar o avanço de fronteiras agrícolas sobre as áreas de Savana. (Guia, 2015, p. 43)

No caso de Roraima, que possui áreas autuadas/degradadas em tipologia vegetal característica de Savana, submetida ao uso crescente, sobretudo com plantios de soja, é importante a verificação de áreas que se enquadrem em critérios de judicialização, a fim de ampliar o alcance das ACPs também nesta tipologia.

Composição dos danos ambientais nos estudos de valoração econômica de danos

Os valores estipulados para a reparação de danos ambientais por meio das ACP's, consideraram diferentes critérios a depender, entre outros: i) do tipo de bem atingido pela ação ilegal; ii) do tamanho da área atingida; iii) do regime de uso da área a ser exigida a reparação; iv) volumetria de produto florestal ilegal; v) do bioma atingido pela degradação; vi) reincidência no cometimento de infrações ambientais; vii) tempo para o retorno à condição ambiental não degradada.

Dessa forma, valores distintos de reparação, podem ser atribuídos para o mesmo tipo de recurso natural afetado pelo dano ambiental.

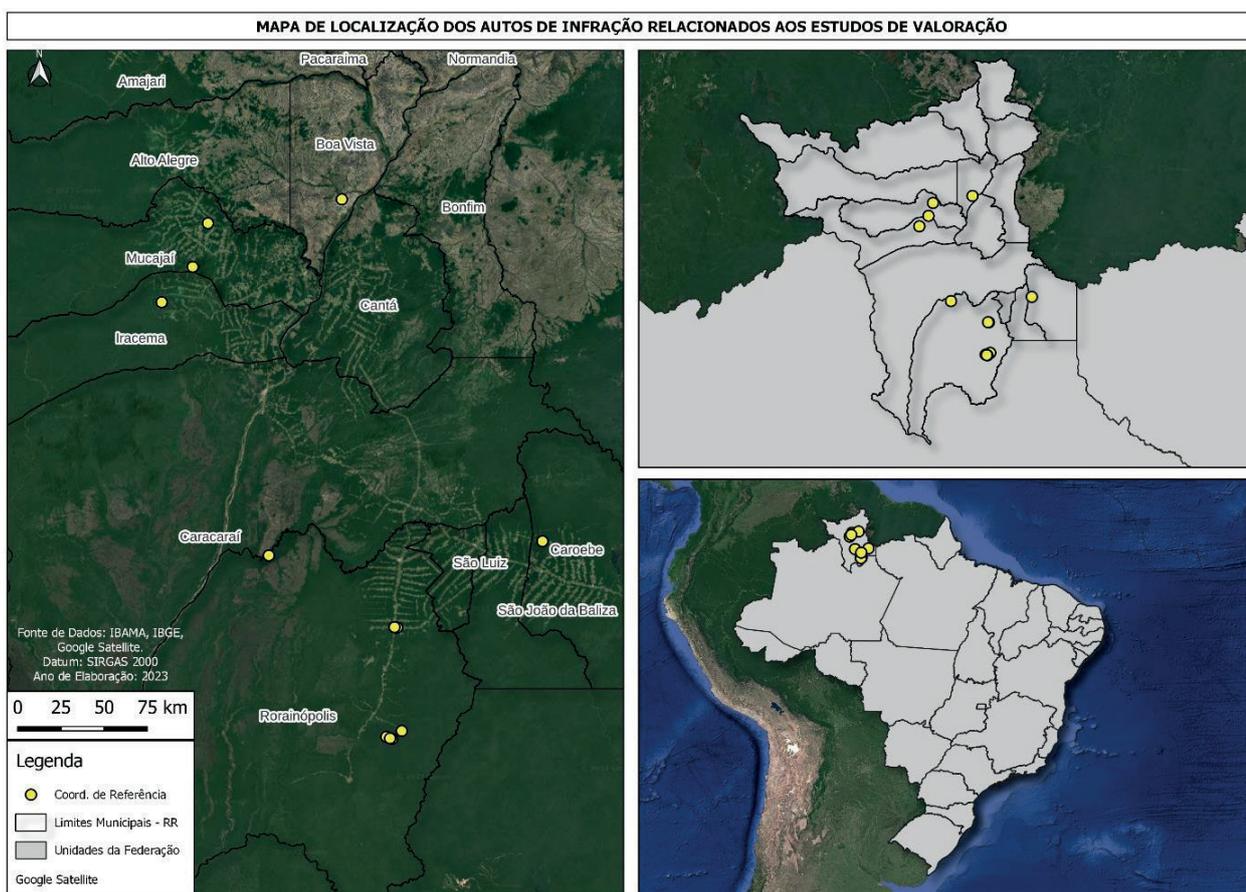
Há casos em que a valoração do dano considerou mais de um auto de infração lavrado para a mesma pessoa física ou jurídica, objetivando a economia de recursos humanos, a maior eficiência do processo de cobrança por meio das Ações Cíveis Públicas e o efeito dissuasório da medida.

Atualmente, na valoração econômica, o Nubio-RR tem optado por atribuir valores monetários para a reparação do dano baseados em intervalos mínimos e máximos, possibilitando que a Advocacia Geral (AGU) e Procuradoria Federal Especializada (PFE-Ibama), definam os valores da judicialização dentro deste intervalo. Considera-se, para efeitos de valoração, que infratores contumazes devem responder de forma mais gravosa por danos provocados com a clara intenção de dolo.

O somatório dos valores a serem exigidos na reparação de danos para os 13 (treze) estudos de valoração totalizaram entre R\$ 13.837.500,46 (treze milhões, oitocentos e trinta e sete mil e quinhentos reais e quarenta e seis centavos), considerando os valores mínimos atribuídos na valoração, e R\$ 15.625.485,41 (quinze milhões, seiscentos e vinte e cinco mil, quatrocentos e oitenta e cinco reais e quarenta e um centavos), no caso de uso dos valores máximos da valoração.

Para os danos à flora, foram valorados um total de 1.775,4931 hectares de áreas a serem alvo da propositura de ACP's e que abrangeram 16 (dezesseis) processos administrativos de autuação/embargo, localizados em 6 (seis) municípios – figura 4.

Figura 4 – Mapa de localização dos autos de infração relacionados aos estudos de valoração econômica elaborados pelo Ibama-RR.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Individualmente, o menor valor atribuído na valoração foi de R\$ 1.201,75 (mil duzentos e um reais e setenta e cinco centavos) e o máximo de 3.961.562,10 (três milhões, novecentos e sessenta e um mil, quinhentos e sessenta e dois mil reais e dez centavos).

Quadro 2 – Variáveis consideradas nos estudos de valoração econômica dos danos ambientais elaborados pelo Ibama-RR.

Dano valorado	Documento base da valoração	Variáveis consideradas na valoração
Fazer uso do fogo sem autorização.	Nota Técnica 02001.000483/2016-33 DBFLO/IBAMA	Custo de recuperação (cercamento, plantio de mudas e monitoramento)
Destruir vegetação nativa sem autorização ou em desacordo com a autorização.	Nota Técnica nº 40/2019/COREC/CGBIO/DBFLO	Custo de recuperação (cercamento, plantio de mudas e monitoramento)
Destruir vegetação nativa sem autorização ou em desacordo com a autorização (TI dos índios isolados Pirititi).	Metodologia do Ministério Público do Estado do Mato Grosso do Sul – MPS, 2018, para o cálculo do VLAD (adaptada)	Valor do lucro auferido após o dano ambiental (VLAD) ⁽¹⁾
Destruir vegetação nativa sem autorização ou em desacordo com a autorização (TI dos índios isolados Pirititi).	Nota Técnica nº 40/2019/COREC/CGBIO/DBFLO Parecer Técnico nº 31/2020- COREC/CGBIO/DBFLO Parecer Técnico nº 42/2020- COREC/CGBIO/DBFLO	Custo de recuperação (cercamento, plantio de mudas e monitoramento) + Custo pelo Dano Ambiental Irreparável (CDAI) ⁽²⁾ + Índice do Dano Intercorrente (IDI). ⁽³⁾
Comutação de produto florestal (toras) em área para recuperação.	Instrução Normativa nº 2, de 09/05/2016; Not. Tec. 02001.000483/2016-33 DBFLO/IBAMA (atualizada pela Nota Técnica nº 40/2019/COREC/CGBIO/DBFLO)	Comutação para área de acordo com o bioma; Custo de recuperação (cercamento, plantio de mudas e monitoramento).
Comutação de produto florestal (madeira serrada) em área para recuperação.	Instrução Normativa nº 112, de 21/08/2006; Instrução Normativa nº 2, de 09/05/2016; Not. Tec. 02001.000483/2016-33 DBFLO/IBAMA (atualizada pela Nota Técnica nº 40/2019/COREC/CGBIO/DBFLO)	Conversão da volumetria serrada para volume em tora; Comutação para área de acordo com o bioma; Custo de recuperação (cercamento, plantio de mudas e monitoramento).
Comutação de produto florestal (toras) em área para recuperação (TI dos índios isolados Pirititi).	Nota Técnica nº 40/2019/COREC/CGBIO/DBFLO Parecer Técnico nº 31/2020- COREC/CGBIO/DBFLO Parecer Técnico nº 42/2020- COREC/CGBIO/DBFLO Portaria SEF nº 630/2019, de 30 de julho de 2019 – Pauta de Preços Mínimos para o Estado de Roraima	Comutação para área de acordo com o bioma; Custo de recuperação (cercamento, plantio de mudas e monitoramento) + Custo pelo Dano Ambiental Irreparável (CDAI) ⁽²⁾ + Índice do Dano Intercorrente (IDI) ⁽³⁾ + Lucro mínimo auferido com a venda do produto florestal.
Coletar 26 ovos de tracajá.	Not. Tec. 02005.000007/2016-82 NUFAUNA/AM/IBAMA (adaptada)	Valor do dano ⁽⁴⁾ ou valor do dano multiplicado por 12 anos (média do tempo em que a espécie atingiria idade reprodutiva).

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

⁽¹⁾ VLAD lucro auferido com o uso ilegal da área, definido neste caso como função do tempo (em anos) em que a mesma foi utilizada indevidamente, o valor da terra nua – VTN para o município e a área danificada.

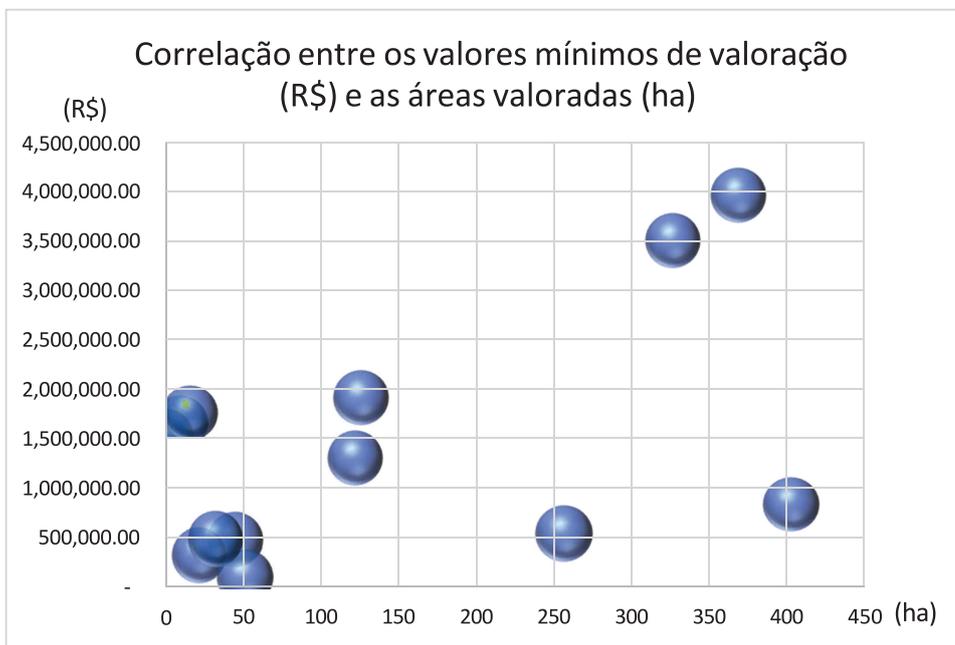
⁽²⁾ CDAI é o custo do carbono emitido com a destruição/exploração da vegetação.

⁽³⁾ IDI quanto a área deixou de fixar carbono, no tempo em que as ações de recuperação não foram adotadas, projetando-a pelo tempo médio de restauração (em média 35 anos).

⁽⁴⁾ Considerando características biológicas da espécie, inclusão na CITES, entre outros parâmetros.

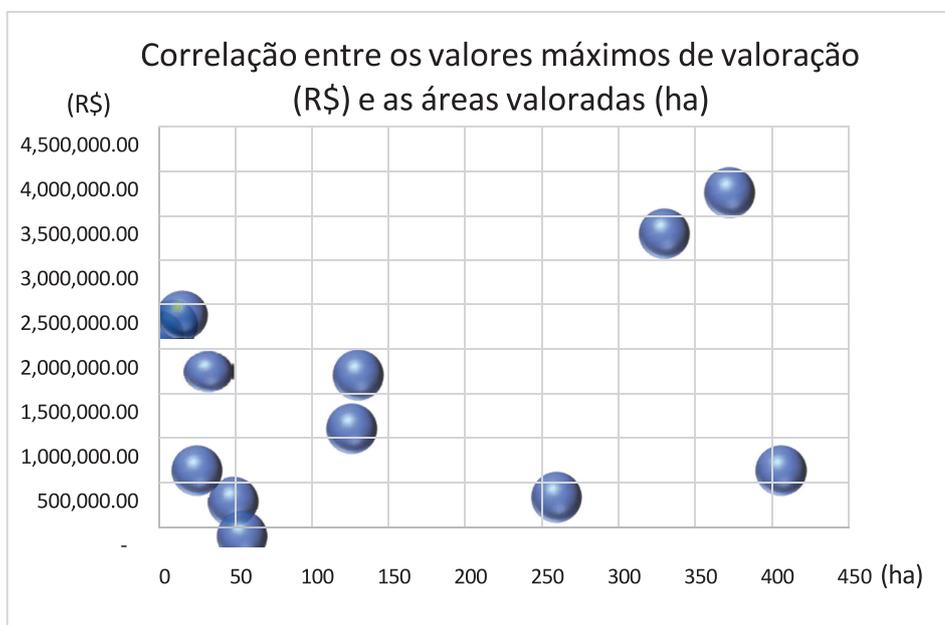
Analisando a correlação entre as áreas correspondentes aos estudos e aos valores mínimos de valoração econômica dos danos ambientais nas figuras 5 e 6, observa-se que os valores atribuídos têm correlação direta com o tamanho da área vinculada à reparação.

Figura 5 – Correlação entre os valores mínimos da valoração econômica em reais e as áreas em hectares.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

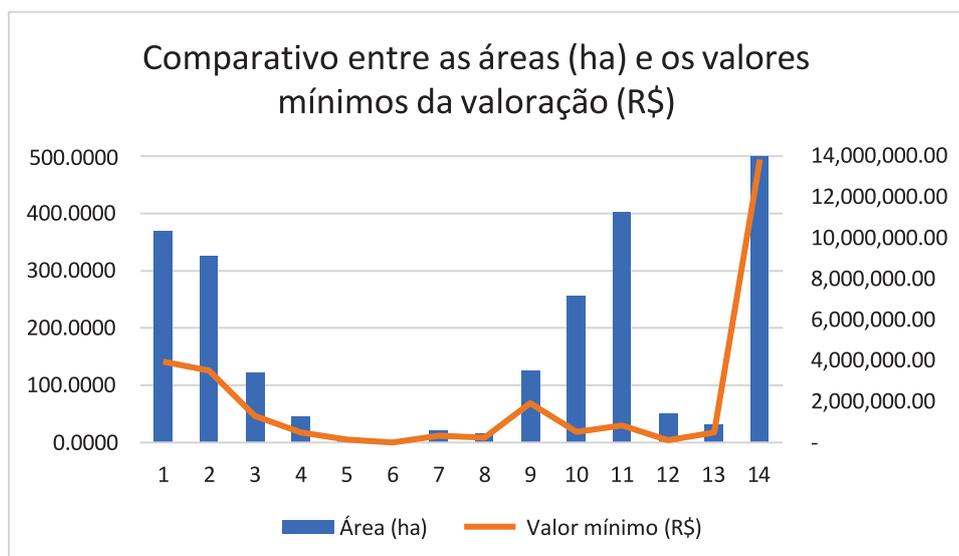
Figura 6 – Correlação entre os valores máximos da valoração econômica em reais e as áreas em hectares.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

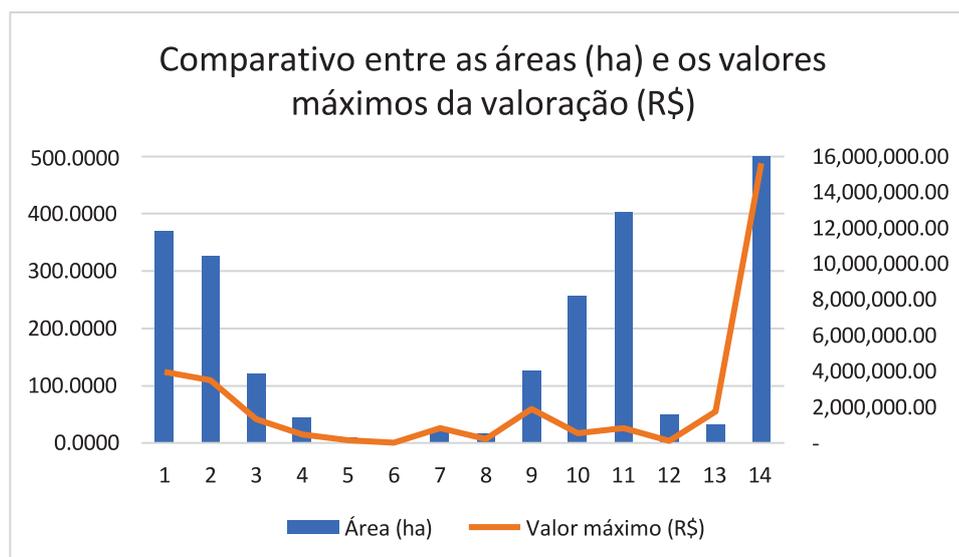
Entretanto, áreas valoradas podem apresentar valores mais ou menos expressivos, dependendo das variáveis consideradas na valoração econômica. Isso é evidente nos casos 1 (368,79ha) e 2 (326,48ha), os quais apresentaram valores atribuídos superiores à área 11 (402,34ha) – conforme ilustrado nas Figuras 7 e 8.

Figura 7 – Comparativo entre as áreas em hectares e os valores mínimos da valoração econômica em reais.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Figura 8 – Comparativo entre as áreas em hectares e os valores máximos da valoração econômica em reais.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Nestas situações, é importante observar que a valoração do dano através do VLAD (lucro auferido com o uso ilegal da área) foi aplicada somente nos casos 10, 11 e 12, nos quais a área do dano perfazia diversos polígonos, embargados em um único termo de embargo, onde ainda havia recobrimento da área por florestas, em sua maioria. O caso 10 envolvia um infrator desconhecido.

Conclusão

Frente aos desafios de promover a reparação de danos por meio da recuperação de áreas degradadas e/ou alteradas, a recuperação ambiental e a valoração representam temas estratégicos para o Ibama, nos diferentes biomas brasileiros. Neste sentido, a valoração econômica de danos

ambientais reflete, o esforço conjunto de servidores do Ibama ao longo dos anos, em suas mais diferentes atuações e compromissos de garantir a proteção dos recursos naturais para toda a Sociedade.

A realização de cursos sobre a temática, a elaboração de Notas Técnicas e de Procedimentos Operacionais Padrão (POPs), pela Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Florestas (DBFLO)/Coordenação Geral de Biodiversidade e Florestas (CGBio)/Coordenação de Recuperação Ambiental (Corec), tem sido fundamental para a formação de banco de talentos de servidores qualificados e como subsídios ao processo de valoração de danos.

Da mesma forma, a valoração de danos indiretos, sobretudo aqueles relacionados às transações ilegais de matéria-prima florestal, deve ser estimulada como mecanismo de contraponto à redução da exploração ilegal nas origens (áreas de desmatamento).

Localmente, há necessidade de ampliação das ações de valoração para outros biomas/ tipologias ameaçadas, garantindo a presença do Ibama nas áreas de Savana, no caso de grandes desmatamentos. Para tanto, é imprescindível a continuidade na elaboração de Procedimentos Operacionais Padrão sobre temas ainda pouco explorados nas valorações ambientais do Ibama.

Ressalta-se a necessidade de maior interação com os Planejamentos Nacionais, uma vez que ainda não há um mecanismo que permita acompanhar os resultados das valorações elaboradas pelos NUBIOs.

Da mesma forma, as demandas de valoração advindas do Ministério Público Federal carecem de mecanismos de *feedback* para avaliar a efetividade das valorações para o sucesso das judicializações.

Referências

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Artigo 225

———. **Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008**. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências.

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

———. **Lei nº 7.347, de 24 de julho de 1985**. Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio-ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico (VETADO) e dá outras providências.

———. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis e PFE/IBAMA – Procuradoria Federal Especializada do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Portaria Conjunta Ibama/Procuradoria Federal Especializada (PFE-Ibama) nº 01, de 19 de setembro de 2018**, que dispõe sobre o planejamento administrativo das ações civis públicas a serem ajuizadas em nome do IBAMA visando à apuração da responsabilidade civil decorrente de infrações ambientais apuradas no âmbito de ações de fiscalização ambiental da autarquia.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Instrução Normativa nº 2, de 09/05/2016**. Estabelece procedimentos que visem a conversão de produto florestal processado

em produto florestal bruto e a comutação de volume de produto florestal bruto em área para reparação de dano ambiental indireto constatado em autos de infração lavrados pelo IBAMA.

———. **Nota Técnica nº 40/2019/COREC/CGBIO/DBFLO**. Nota Técnica COREC/DBFLO, acerca de custos de implantação e manutenção de Projeto de Recuperação Ambiental nos diversos Biomas brasileiros, no âmbito da análise de processos afetos à COREC e da propositura de Ações Cíveis Públicas (ACPs).

———. **Not. Tec. 02001.000483/2016-33 DBFLO/IBAMA**. Atualização da Nota Técnica nº 15/09- DBFLO, acerca de custos de implantação e manutenção de Projetos de Recuperação de Área Degradada - Propositura de Ações Cíveis Públicas (ACPs). Brasília, 2016..

MPMS - Ministério Público do Estado de Mato Grosso do Sul. **Orientações para valoração de dano ambiental em Procedimentos do Ministério Público do Mato Grosso do Sul**. Mato Grosso do Sul, 2018. 1ª versão. Nota Técnica. Disponível em: <<https://www.mpms.mp.br>> Acesso em: 26 de maio de 2023.

ONU – Organização das Nações Unidas. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>> Acesso em: 14 de dezembro de 2023.

PARRON, L.M. et al. **Serviços ambientais: conceitos, classificação, indicadores e aspectos correlatos**. In: PARRON, L.M. et al (Ed. Téc.). Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do bioma mata atlântica. Embrapa. Brasília, 2015. 372 p.

TCU – Tribunal de Contas da União. Valoração econômica do recurso e do dano ambiental aplicada à quantificação de débito imputado pelo Tribunal de Contas da União. **Revista do TCU**. Jul-Set 2005. Disponível em: <<https://www.tcu.gov.br>> Acesso em: 26 de maio de 2023.

GUIA, J.L. Caracterização e recomendações para a recuperação ambiental das áreas impactadas pela rizicultura na terra indígena raposa serra do sol. **Dissertação (Monografia)** - Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Recuperação de Áreas Degradadas. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2015.



Adobe Stock



Ato declaratório ambiental: do instrumento de redução tributária do ITR ao modelo de certificação ambiental de imóveis rurais

*Rafael Freire de Macedo¹
João Pessoa Riograndense²
Francisco Portela³*

Resumo

O Ato Declaratório Ambiental (ADA) é um instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente que tem possibilidade de exclusão da base de cálculo do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR) as denominadas “Áreas de Interesse Ambiental” (AIAmb). Seu modelo regulatório responsivo se caracteriza pela extrafiscalidade e pelo reconhecimento do princípio “conservador-recebedor”. Apesar de serem anualmente declaradas Áreas Totais dos Imóveis (ATI) rurais, que representam cerca de 18% do território nacional, 42% destas são AIAmb. Observa-se ainda um potencial de incremento do instrumento, pois atinge cerca de 28% da área total de imóveis rurais estimada no Brasil. Em um mundo em que as relações de comércio exigem que cadeias produtivas comprovem sua sustentabilidade ambiental, o Projeto ADA-Valor, discutido neste artigo, propõe a remodelagem do instrumento ao criar um sistema de certificação ambiental positiva de imóveis rurais. Isso reconhece a conformidade no cumprimento da legislação de proteção da vegetação nativa, habilitando as áreas para receberem pagamento por serviços ambientais ou financiamento da atividade produtiva por meio de títulos verdes.

Palavras-chave: Ato Declaratório Ambiental (ADA), Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR), Extrafiscalidade, Certificação Ambiental Positiva, ADA-Valor.

Abstract

The Environmental Declaratory Act (ADA) is an instrument of the National Environmental Policy that allows the exclusion from the calculation base of the Rural Property Tax (ITR) the so-called “Areas of

¹ Engenheiro Químico e Tecnólogo em Controle Ambiental. Mestre em Sensoriamento Remoto. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Coordenação de Monitoramento do Uso da Flora da Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Florestas.

² Médico Veterinário. Mestre em Ciências Veterinárias. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. Divisão Técnica da Superintendência do IBAMA Rio Grande do Sul.

³ Geógrafo. Mestre em Geografia. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. Divisão de Licenciamento Ambiental Corretivo da Diretoria de Licenciamento Ambiental.

Environmental Interest” (AIAmb). Its responsive regulatory model is characterized by extrafiscality and recognition of the “conservative-receiver” principle. Although Total Areas of Rural Properties (ATI), which represent around 18% of the national territory, are declared annually, 42% of these are AIAmb. There is still potential for the instrument’s enhancement, as it covers about 28% of the total area of rural properties estimated in Brazil. In a world where trade relations demand that productive chains prove their environmental sustainability, the ADA-Valor Project, discussed in this article, proposes to remodel the instrument by creating a positive environmental certification system for rural properties. This recognizes compliance with legislation for the protection of native vegetation, enabling areas to receive payment for environmental services or financing of productive activities through green bonds.

Key-Words: Environmental Declaratory Act (ADA), Rural Territorial Property Tax (ITR), extrafiscality, positive environmental certification, ADA-Valor.

Introdução

O ambiente rural brasileiro é extremamente diversificado devido à sua característica multisetorial (pluriatividade) e multifuncional (com funções produtiva, ambiental, ecológica e social). Ele constitui um espaço que não está completamente isolado das áreas urbanas, porém possui uma densidade populacional relativamente baixa (Castro, 2019; Kageyama, 2004).

Nos últimos 50 anos, constatou-se, no Brasil, uma transformação significativa de extensas áreas rurais, as quais tornaram-se centros produtores de commodities agrícolas. Essa mudança não foi impulsionada apenas pela crescente demanda mundial por água, alimentos e fibras, decorrente do aumento da população nos países em desenvolvimento, da longevidade, do poder aquisitivo, da urbanização e dos novos padrões de consumo, mas também pela prática da pesquisa aplicada, pelo uso de novas tecnologias e pelas inovações em políticas públicas e de financiamento da produção (Embrapa, 2018).

Tão importante quanto, a preservação ambiental consolidou-se nesse ambiente rural devido a legislações rigorosas relacionadas à preservação/proteção de áreas de interesse ambiental. Isso inclui, sobretudo, a criação, implantação e gestão de unidades de conservação (Lei nº 9.985/2000), demarcação de terras indígenas (Decreto nº 1.775/1996) e a obrigatoriedade de proteção de Áreas de Preservação Permanente (APP) e de Reserva Legal (RL). Esta última está localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, com a função de assegurar o uso econômico do imóvel rural de modo sustentável, assegurando a conservação da biodiversidade e a manutenção dos processos ecológicos (Lei 12.651/2012, que revogou o Código Florestal instituído pela Lei nº 4.771/1965).

Neste contexto complexo de mundo rural, onde é crucial conciliar a produção agrícola com a preservação ambiental, existem duas obrigações fundamentais: o pagamento anual do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR), que *tem como fato gerador a propriedade, o domínio útil ou a posse de imóvel por natureza* (Lei nº 9.393/96), e a obrigatoriedade de proteger áreas com vegetação nativa, sobretudo as APPs e RLs. Entretanto, um paradoxo normativo precisava ser superado, partindo-se da seguinte hipótese: deveria o (ITR) ser integralmente cobrado com base na área do imóvel, mesmo que essa englobe áreas comprovadamente improdutivas ou destinadas obrigatoriamente à preservação/proteção ambiental?

A resolução desse conflito se deu por meio de atualizações na Lei nº 9.393/96, que reconheceu a possibilidade de exclusão da base de cálculo do imposto para as anteriormente denominadas “Áreas de Interesse Ambiental”. Por força da revisão da Lei nº 6.938/1981 (Art. 17-O), tornou-se

obrigatória a apresentação do Ato Declaratório Ambiental (ADA) ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama). Esse processo inclui a discriminação dessas áreas e a convalidação amostral pelo órgão ambiental.

Apesar de ter se consolidado como um instrumento de autodeclaração das áreas de interesse ambiental, com o propósito de reduzir o ITR e, portanto, adotando o modelo responsivo de regulação, o ADA, enquanto instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, possui o potencial de ser remodelado como uma ferramenta de certificação ambiental da propriedade rural. Isso ocorre uma vez que seu mecanismo reconhece o princípio conservador-recebedor como uma ação afirmativa ou positiva do ente estatal em relação à conduta privada. Em um mundo que exige, atualmente, a comprovação de produção sustentável de commodities agrícolas, torna-se essencial o uso de dados provenientes de bases oficiais juntamente com a certificação destas, a fim de garantir a devida aferição de regularidade ambiental das propriedades/unidades produtivas.

No presente artigo, é contextualizado o modelo regulatório de implementação do ITR vinculado ao ADA, conceituando sua aplicação como responsiva. São apresentados dados estatísticos históricos sobre os imóveis rurais que declaram suas áreas de interesse ambiental, demonstrando que ainda há uma oportunidade de incremento dentro do universo de propriedades rurais inventariadas em bases oficiais. O artigo discorre sobre a balança comercial de produtos agrícolas brasileiros e sobre tendências de inclusão de barreiras comerciais por meio de certificações exigíveis no comércio internacional. Por fim, propõe-se um modelo de adequação do instrumento ADA para fins de certificação de regularidade ambiental dos imóveis rurais produtores de commodities agrícolas.

O Ato Declaratório Ambiental (ADA) para fins de redução do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR).

O ITR é atualmente regulamentado pela Lei nº 9.393/96. Apesar das imunidades e isenções previstas em lei, a legislação traz consigo a possibilidade de exclusão de sua base de cálculo as áreas do imóvel rural que outrora foram definidas como “Áreas de Interesse Ambiental” para fins de apuração e pagamento do imposto. Essas áreas incluem:

- a. áreas de preservação permanente (APP) e de reserva legal (RL);
- b. áreas de interesse ecológico para a proteção dos ecossistemas, assim declaradas mediante ato do órgão competente, federal ou estadual, e que ampliem as restrições de uso previstas como APP e RL;
- c. áreas consideradas imprestáveis para qualquer exploração agrícola, pecuária, granjeira, aquícola ou florestal, declaradas de interesse ecológico mediante ato do órgão competente, federal ou estadual;
- d. áreas sob regime de servidão ambiental;
- e. áreas cobertas por florestas nativas, primárias ou secundárias em estágio médio ou avançado de regeneração; e
- f. áreas alagadas para fins de constituição de reservatório de usinas hidrelétricas autorizadas pelo poder público.

A exclusão da base de cálculo dessas áreas se dá pelo reconhecimento de que não haveria de se imputar ao proprietário de imóvel rural o pagamento de imposto sob áreas que, por sua natureza, não são aptas à aproveitamento econômico ou que, por obrigação, se destinam à preservação/proteção ambiental.

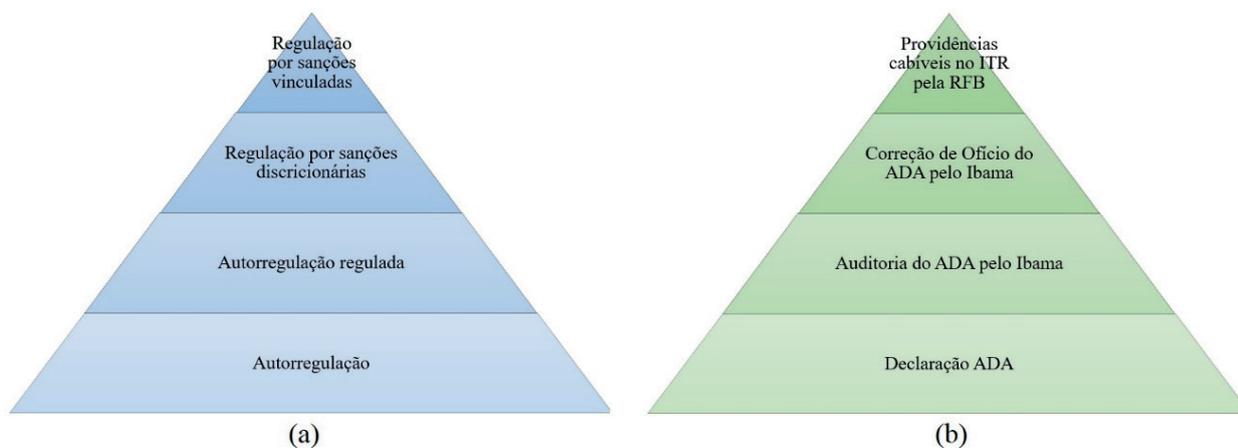
Considerando que a Secretaria de Receita Federal do Brasil (RFB) não se figura como órgão competente em matéria ambiental e, por ser um imposto territorial de competência arrecadatória da União, a própria Lei previa a possibilidade da celebração de convênio com o Ibama para as atividades de fiscalização sobre as informações prestadas pelo contribuinte nos documentos cadastrais, de apuração e declaração de imposto (Souza, 2004). Isso se concentrava na análise sobre as áreas que viriam a incidir na exclusão da base de cálculo do imposto.

Por meio de alteração promovida na Lei 6.938/1981 (Art. 17-O), a partir de 2000 a caracterização das denominadas “Áreas de Interesse Ambiental” passou a ser realizada por meio do ADA, sob competência do órgão federal em matéria ambiental, regulamentado pela Instrução Normativa Ibama nº 5/2009. Para fazer jus à redução do imposto, o contribuinte envia a declaração ADA à RFB, mas está sujeito a correções pelo Ibama.

Observa-se que, por essência e pelo modelo regulatório, a vinculação entre a redução do ITR mediante o ADA se dá por meio de um instrumento regulatório responsivo⁴. Nesse contexto, o contribuinte, por iniciativa própria e, portanto, não obrigatória, declara-se perante o Estado em busca do benefício. No entanto, está sujeito à validação ou correção de ofício do ADA pelo Ibama. Na última hipótese, a Secretaria da Receita Federal do Brasil – RFB é comunicada para as providências cabíveis.

Os modelos de regulação responsiva costumam ser representados por pirâmides regulatórias, que descrevem a forma como as ações de intervenção estatal se dão gradualmente na atividade econômica dos agentes regulados. Segundo Aranha (2019, apud Chaves, 2023), pelo menos 11 pirâmides foram identificadas até o momento, mas isso não significa a inexistência de outras ainda desconhecidas. A denominada pirâmide de estratégia regulatória (Figura 1.a) pode ser utilizada como referencial para explicar a abordagem de regulação responsiva entre o ITR e o ADA (Figura 1.b).

Figura 1 – Pirâmide de estratégia regulatória (a) ; Pirâmide de estratégia regulatória entre o ITR e o ADA (b)



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023

Na base da pirâmide regulatória há a estratégia de autorregulação, que no caso sob análise se dá pela voluntariedade do proprietário do imóvel rural de declarar as “Áreas de Interesse Ambiental” junto ao ADA. Ao fazê-la, se submete à auditoria destas informações a ser realizada pela autarquia ambiental, por meio de vistoria amostral, assim se configurando como uma autorregulação regulada. Em se constatando incompatibilidade entre a informação declarada no ADA e a auditoria realizada na etapa anterior, a autarquia ambiental aplica discricionariamente uma correção na declaração,

⁴ “A regulação responsiva é um modelo regulatório baseado na criação de regras que incentivem o regulado a cumpri-las voluntariamente, mediante um ambiente regulatório caracterizado por constante diálogo entre regulador e regulado (AYRES, BRAITHWAITE, 1992, apud MARQUES, 2022).

comunicando o órgão de arrecadação tributária. Por fim, no topo da pirâmide, o órgão de arrecadação tributária tomará providências cabíveis ante o contribuinte do ITR, desde que haja sanção vinculada em face à correção do ADA realizado pela autarquia ambiental, que em tese alteraria a base de cálculo do tributo por alteração de área tributável.

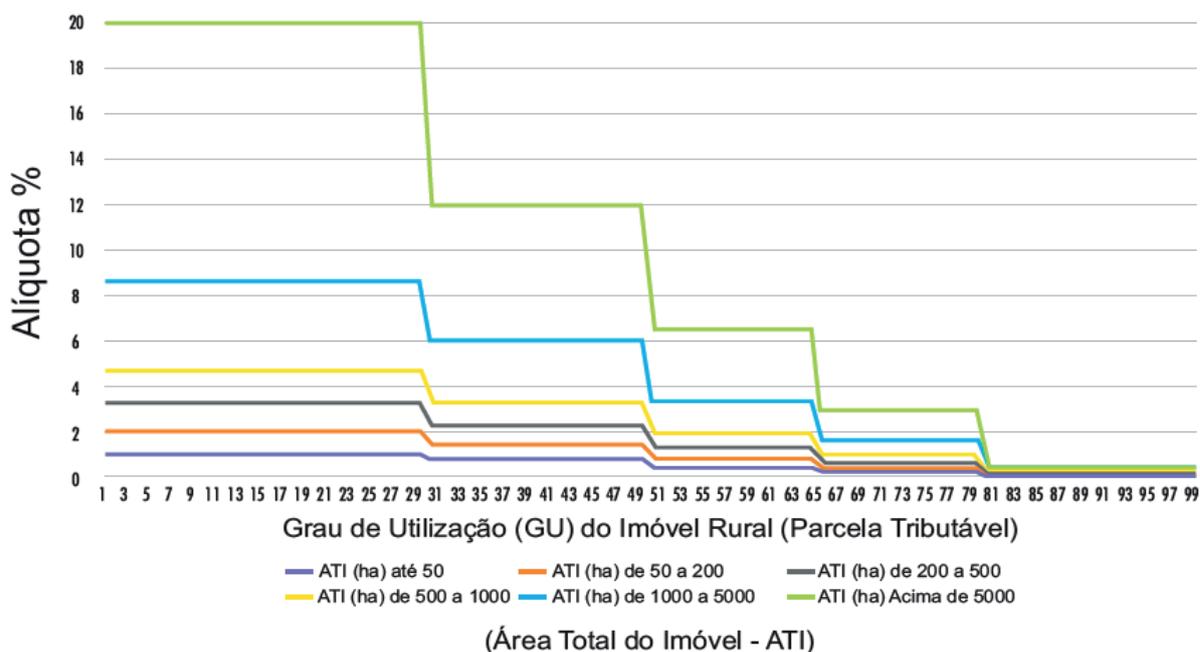
Nesse sentido, reconhece-se que, dentre os objetivos extrafiscais trazidos pelo ITR, o objetivo da proteção ambiental tem crescido em importância, “sobretudo por ser a questão da sustentabilidade um tema inafastável do processo de desenvolvimento social e econômico em âmbito regional, nacional e internacional.” (Ibama, 2022c).

Relação área do imóvel rural e o ITR: o registro histórico das declarações ADA e a lacuna de incremento do instrumento frente à expansão de áreas rurais produtivas.

Para o cálculo do ITR, são consideradas duas variáveis, quais sejam: O Valor da Terra Nua Tributável (VTNt) e a Alíquota. Enquanto o VTNt considera o produto do Valor da Terra Nua (VTN) pela razão entre a Área Tributável – que subtrai da área total as “Áreas de Interesse Ambiental” (AIAmb) – e a Área Total do Imóvel (ATI); a Alíquota é estabelecida/calculada em função da Área Total do Imóvel e do seu Grau de Utilização.

A “Figura 2 – Relação entre a alíquota do ITR e o Grau de Utilização (GU) do imóvel rural” demonstra esquematicamente a relação entre o maior grau de utilização do solo e a menor alíquota do ITR. Contudo, em se tratando de áreas não antropizadas destinadas à conservação ambiental legal (RL e APP), a partir da criação do ADA, o efeito de redução no tributo se dá pela menor incidência da área tributável. Observa-se, portanto, a existência de esforço fiscal em prol da conservação ambiental, uma vez que o ITR possui um inequívoco objetivo extrafiscal.

Figura 2 – Relação entre a alíquota do ITR e o Grau de Utilização (GU) do imóvel rural.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023; com base em dados da Lei 9.396/96.

O reconhecimento da extrafiscalidade do ITR – onde sua finalidade arrecadatória é residual no interesse da administração tributária – com a respectiva chancela cadastral do ADA, pôs em prática uma espécie de estímulo financeiro, à luz da observância do “princípio conservador-recebedor”. Este princípio do Direito Ambiental tem a finalidade de contrapor a concepção do “princípio-poluidor-pagador” e seus respectivos dispositivos conexos.

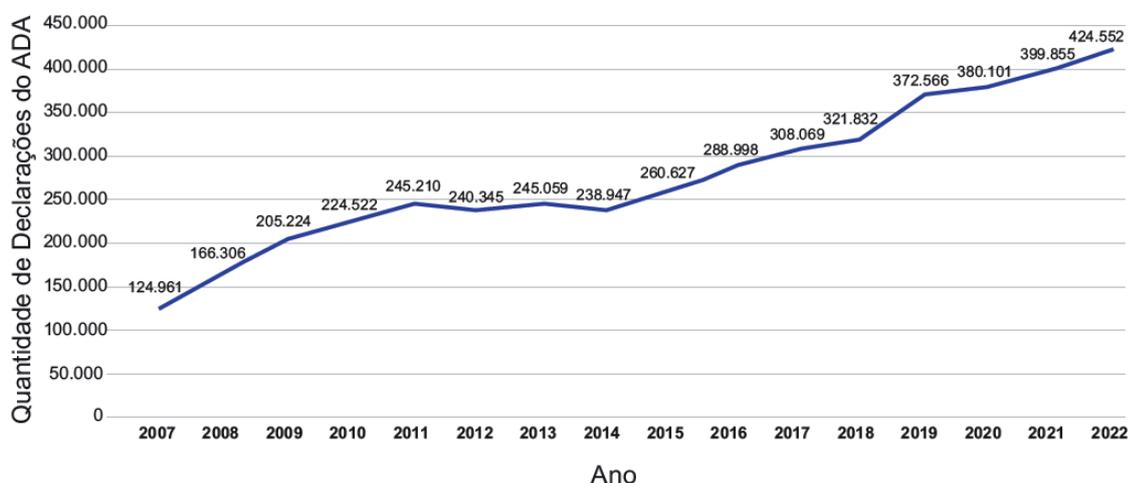
Quanto à questão da evolução de alíquotas, conforme a atualização das leis do ITR, é importante ressaltar que o incremento percentual do ITR tem como função inibir a concentração da terra ou torná-la onerosa do ponto de vista econômico. Tal característica também implica reconhecer o ITR como um imposto extrafiscal, incorporando questões de justiça social, fundiária e ambiental como objetivos do tributo que vão além da simples arrecadação financeira. Isso configura o ITR como uma política pública de “ganha-ganha” (do termo em inglês “win-win”) – promovendo o cumprimento de obrigações relacionadas à legislação ambiental e às boas práticas de uso e manejo do ambiente em imóveis rurais.

Não obstante Souza (2004) abordar em seus estudos a necessidade de adoção de alternativas para que se chegue a uma justa e efetiva arrecadação do ITR, ele informa que nas últimas décadas o percentual de participação do imposto cobrado sobre as terras rurais em relação ao total da receita tributária no Brasil não ultrapassou em nenhuma vez 0,3% da receita tributária federal. Em comparação, na França e Itália, essa proporção é de 3%; no Chile, 4,5%; nos EUA e Canadá, 5% e no Uruguai, 6%. Essa comparação pode revelar que a política tributária do ITR possui em sua conceituação a referida extrafiscalidade discutida neste trabalho.

Embora se estime que o mundo rural ocupe 63,4% do território nacional (aproximadamente 5,4 milhões de km²) e utilize apenas 30,2% desta área (pastagens, lavouras e florestas plantadas), destinando à preservação da vegetação nativa uma área equivalente a quase um terço do território nacional (33,2% – aproximadamente 2,8 milhões de km²) (Embrapa 2018, 2021), a realidade cadastral em termos de declaração de ATIs e AIAs no ADA encontra-se muito aquém desta estimativa de ocupação territorial por imóveis rurais.

Ao longo dos últimos 15 anos, de declaração ADA registradas em sistema informatizado do Ibama (ADAWEB), constatou-se uma evolução progressiva de declarações anuais de propriedades rurais, revelando uma busca pelo instrumento de benefício tributário, conforme demonstra a “Figura 3 – Série histórica de declarações ADA no sistema eletrônico”. Ao comparar o ano de 2007, primeiro ano de registro eletrônico do ADA, com o ano de 2022, constata-se um incremento de 3,5 vezes mais imóveis declarados.

Figura 3 – Série histórica de declarações ADA no sistema eletrônico.



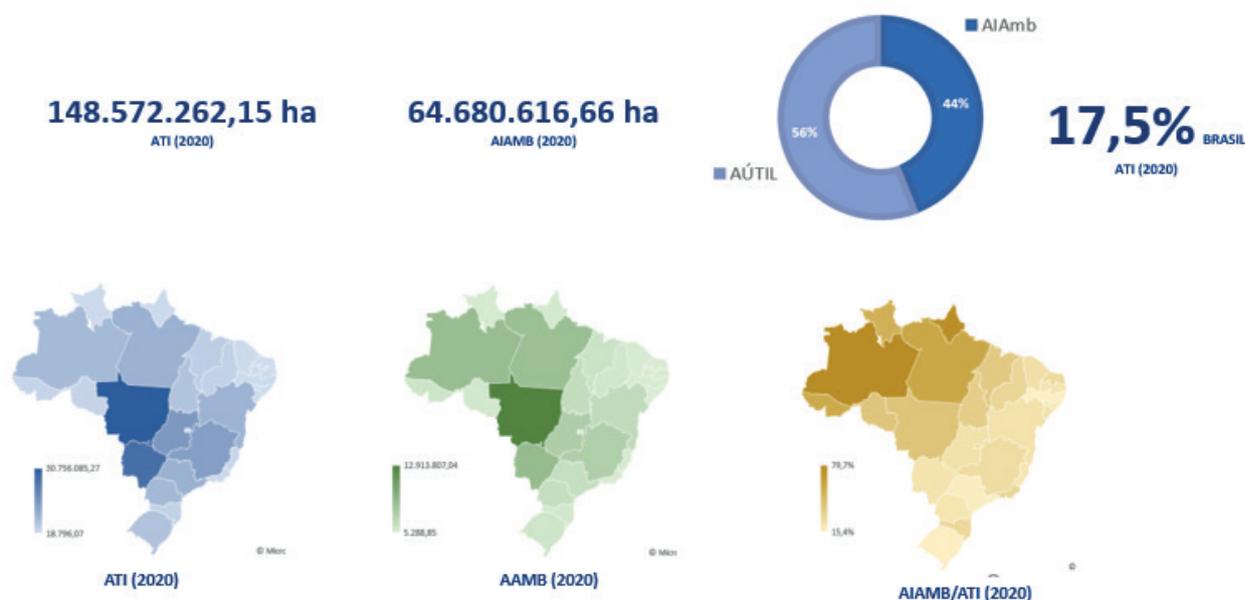
Fonte: Elaborado pelos autores com dados do Módulo interno do Sistema ADAWeb, 2022.

Em que pese o incremento registrado em termos de declarações, com reflexo real no incremento de áreas das propriedades rurais cadastradas, estas ainda representam uma pequena parcela do total de área ocupada por esta modalidade de imóvel.

Conforme Ibama (2022.f), a análise sobre as ATIs declaradas totalizou cerca de 1,53 milhões de km² em 2021, o que representa aproximadamente 18% do território brasileiro ou cerca de 28% da área total de imóveis rurais estimada pelos estudos da Embrapa (2018, 2021). Com relação às AIAmb, a área total foi cerca de 0,65 milhões de km² em 2021, o que representa aproximadamente 42% das ATIs declaradas no ADA ou 7,6% do território nacional.

Em outro estudo realizado pelo Ibama (2022.a), uma análise sobre a distribuição de ATIs, AIAmb e a razão entre essas áreas para as declarações de 2020, demonstrou que, embora o maior quantitativo de declarações e respectivas áreas se concentre nos estados do Centro Oeste, Sudeste e Sul, onde a atividade agrícola é prevalente, a razão entre AIAmb/ATI é maior nos estados do Norte, onde a obrigação por preservação/proteção do bioma amazônico é maior em termos de APP e RL. A “Figura 4 - Distribuição geográfica da relação das áreas totais das propriedades rurais (ATI) e áreas de interesse ambiental (AIAmb) declaradas no ADA em 2020” sintetiza essas informações quantitativas entre as áreas dos imóveis rurais e as áreas de interesse ambiental em âmbito nacional.

Figura 4 – Distribuição geográfica da relação das áreas totais das propriedades rurais (ATI) e áreas de interesse ambiental (AIAmb) declaradas no ADA em 2020.



Fonte: Ibama, 2022.a

Ainda que não se encontre relatório institucional ou estudo técnico científico que avalie de forma abrangente a relação/proporção entre a totalidade de imóveis rurais registrados em bases oficiais, comparado à arrecadação do ITR e reduções de arrecadação com base nas declarações ADA, demonstra-se que a extrafiscalidade intrínseca ao imposto vem ganhando escala. Isso é notório dado o incremento exponencial das ADAs, que ainda possuem grande potencial de escala incremental.

A balança comercial de produtos agrícolas brasileiros, sua relevância para o mercado internacional e as tendências de estabelecimento de barreiras ambientais e certificações.

As condições de solo, clima e relevo; os avanços científicos, tecnológicos e de inovação; a assertividade de políticas públicas; e o aprimoramento técnico dos agricultores, são fatores conjugados que tornaram o Brasil um dos líderes mundiais tanto na produção agrícola como na exportação. Entre 1977 e 2017, a produção de grãos, que era de 47 milhões de toneladas, cresceu mais de cinco vezes, atingindo 237 milhões de toneladas, enquanto a área plantada aumentou em 60%. Entretanto, o maior impulso se deu a partir de 1990, tanto em função das políticas macroeconômicas de estabilização (controle da inflação e câmbio mais realista), quanto ao crescimento das exportações, que se tornaram a força motriz do setor agrícola, tornando-o o principal responsável pelo superavit da balança comercial brasileira (Embrapa, 2018).

Muito embora o comércio internacional seja fruto do intercâmbio de mercadorias e bens entre povos e nações, envolvendo parcerias e disputas econômicas de variadas formas, nessa relação podem ser adotadas medidas restritivas ao comércio, com a finalidade de obter proteção para além das jurisdições nacionais. Isso tem efeito direto nas chamadas barreiras de entradas dos agentes econômicos. As barreiras de entrada ou as medidas restritivas ambientais são exemplos contemporâneos de limitações no comércio internacional (Procópio, 2008).

A interrelação entre meio ambiente e comércio internacional demonstra a possibilidade estratégica de se vincular arranjos de política econômica com arranjos de política ambiental, adicionando novos termos às negociações. Ao mesmo tempo, muitos países vêm advogando o uso de instrumentos de política comercial para alcançar objetivos de política ambiental (Correa, 1998).

Esse contexto de necessidade de aperfeiçoamento regulatório de natureza responsiva ganhou força, recentemente, quando a União Europeia, por meio da Comissão Europeia, publicou a proposta de regulamento denominado de FERC (Forest and Ecosystem-Risk Commodities / Lei de Importação de Produtos com Risco Florestal). Tal regulamento, que ainda precisa ser apreciado pelos parlamentos dos 27 Estados-Membros constituintes da União Europeia e, posteriormente, pelo Parlamento Europeu, constitui um marco institucional na definição internacional de padrões de consumo e, por conseguinte, de regras de comércio exterior (IBAMA, 2022c).

Em síntese, essa proposta regulatória determina que, para determinadas commodities agrícolas, os importadores dos países que compõem a Comissão Europeia certifiquem que a origem destes produtos seja proveniente de áreas que foram desmatadas até 31 de dezembro de 2020 e que tenham sido produzidos de acordo com a legislação relevante do país de produção, adotando a prática da *due diligence* (avaliação comparativa) para garantir o cumprimento desses critérios. Além disso, prevê a institucionalização de um 'sistema de benchmarking' para avaliar o nível de risco de que produtos provenientes de determinados países produtores, ou partes dos mesmos, não estejam em conformidade com estes critérios (Brack, 2023).

Para Martins e Nonnenberg (2022), embora a maior parte da produção agrícola no Brasil não esteja associada às novas áreas de desmatamento, campanhas que afetam a reputação quanto à origem legal dos produtos agrícolas brasileiros abrem lacunas para que interesses protecionistas levantem barreiras comerciais injustificáveis contra as exportações do agronegócio. Segundo os autores, é necessária uma combinação equilibrada entre monitoramento e medidas punitivas com incentivos e iniciativas que visem à mudança de comportamento dos produtores que comprometem a governança ambiental e mancham a reputação de todo o setor.

Apesar de o país possuir uma legislação rigorosa de proteção ambiental aliada a sistemas de cadastro, controle e monitoramento das áreas de imóveis rurais, para Conceição (2022) os

acordos comerciais futuros e as mudanças nas relações comerciais entre os participantes terão fortes impactos nos mercados agrícolas e em suas políticas domésticas de apoio ao setor agrícola. Portanto, o Brasil deve estar atento ao funcionamento das políticas de outros países, principalmente de seus parceiros comerciais.

Diante dessa nova ordem que se avizinha, o aprimoramento de atuais instrumentos de política pública ambiental deve se inserir como resposta aos desafios macroeconômicos que exigem a comprovação de sustentabilidade de cadeias produtivas por meio de certificações de conformidade e rotulagem do valor associado.

O Projeto Ada-Valor como instrumento de certificação ambiental de boas práticas.

O modelo atual do ADA, como contrapartida de redução fiscal no cumprimento das obrigações tributárias do ITR, permanece inalterado em relação ao igual cumprimento das obrigações legais de respeito às normas ambientais.

Porém, tem potencial de ser aperfeiçoado, especialmente considerando que a regulação de mercado, por meio de avaliação de conformidade ambiental, tem ganhado força perante os agentes econômicos em âmbito global. Isso ocorre em um contexto em que há uma crescente preocupação em adotar critérios de avaliação classificados como “ESG” (do termo em inglês “*Environment, social and governance*”).

Nesse sentido, o órgão regulador ambiental brasileiro (Ibama), possui a capacidade de transcender a abordagem regulatória do “comando e controle” das cadeias produtivas que demandam de recursos naturais ou utilizam territórios específicos para se atingir o sistema de regulação por “Certificação Positiva”, ou seja, aquele que atesta os que, agindo dentro da legalidade e conformidade de parâmetros técnicos, realizam boas práticas operativas.

Sob esta perspectiva, a Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Florestas (DBFlo) do Ibama concebeu o Projeto ADA-Valor: Valor Ambiental da Propriedade Rural.

Utilizando a ferramenta 5W2H, buscou-se definir determinadas situações e identificar alternativas para criar um plano de ação que viesse solucioná-las. Em síntese, obteve-se o seguinte quadro resumo:

Tabela 1 – 5W2H do Projeto ADA Valor.

5W2H	Descrição
O quê?	Reconhecer e creditar o Valor Ambiental da Propriedade Rural a partir da declaração ADA mediante análise de conformidade com os critérios estabelecidos na legislação ambiental.
Por quê?	Áreas de Imóveis Rurais representam um importante Ativo Econômico e Ambiental, e devem ser reconhecidas pelo Estado ao atenderem ao “princípio conservador-recebedor”.
Onde?	Imóveis Rurais com declarações ADA, submetidos à inspeção remota ou vistoria física.
Quando?	Anualmente, conforme declarações ADA vinculadas ao ITR.
Quem?	O Ibama, enquanto gestor do sistema ADA. Atores institucionais que guardam relação com a política pública, tais como a RFB (ITR), Inbra (SNCR), Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos (CAR).
Como?	Remodelagem de processo declaratório e de arquitetura do sistema ADAWeb; estabelecimento de protocolos de análise e valoração ambiental; emissão de selo ou certificado de regularidade.
Orçamento?	Orçamento público com possibilidade de financiamento por fundos de projetos.

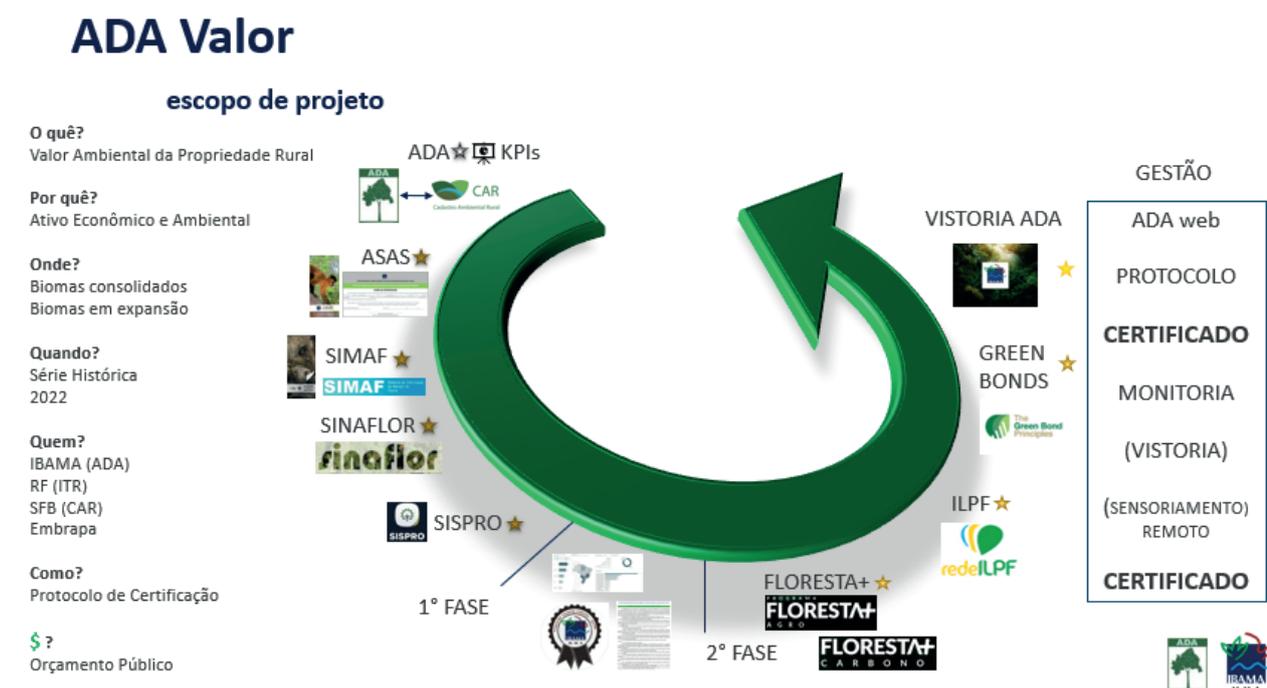
Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Na concepção do projeto, foram estabelecidas etapas de implantação e desenvolvimento, visando atender aos principais objetivos nas etapas iniciais e introduzir inovações em etapas finais do projeto. Os principais objetivos do projeto incluem:

- remodelagem do processo declaratório do ADA no sistema eletrônico;
- instituição de fluxo de verificação dos dados frente à outras bases oficiais, utilizando-se, adicionalmente, metodologias de processamento digital de imagens de satélite;
- estabelecimento de protocolo para inspeções remotas e vistorias físicas nas áreas declarantes;
- automatização do fluxo de comunicação com a RFB nos casos de correção de ofício do ADA para redução da base de cálculo do ITR.
- estabelecimento de protocolo de certificação de conformidade associado aos parâmetros de análise de regularidade conforme os critérios estabelecidos em legislação para a preservação/proteção da vegetação nativa;
- composição de bases de áreas de propriedades rurais elegíveis para receberem pagamentos por serviços ambientais e financiamento por títulos verdes;

A Figura 5 (Ibama, 2022.a) apresenta no formato de diagrama uma síntese das etapas de desenvolvimento do projeto ADA-Valor.

Figura 5 – Diagrama do escopo do projeto ADA Valor.



Fonte: Ibama, 2022a

Na primeira fase do projeto, pretende-se remodelar o processo de aquisição de dados e informações a serem declaradas no sistema eletrônico ADAWeb. Além das informações já estabelecidas, como o Número do Imóvel na Receita Federal (NIRF), dados gerais da propriedade e de localização do imóvel rural, discriminação das ATIs e AIAmb; pretende-se que sejam solicitadas informações adicionais relacionadas ao número do Cadastro Nacional de Imóveis Rurais (CNIR), registro no Cadastro Ambiental Rural (CAR), autorizações de exploração sustentável ou de conversão de uso do solo emitidas no Sistema Nacional de Controle da Origem dos Produtos

Florestais (Sinaflor), dentre outras relacionadas à programas ambientais geridos pelo Ibama. Isso inclui a presença na propriedade rural de Área de Soltura de Animais Silvestres (ASAS), área sob regime de autorização para manejo de fauna exótica invasora (SIMAF), ou áreas dedicadas à recuperação ambiental por meio de projetos de conversão de multas ou de forma voluntária (SISPRO).

Com base nos dados/informações apresentadas na declaração ADA, o sistema buscará validar os mesmos por meio de integração de serviço com os demais sistemas eletrônicos. Após essa validação, será gerado um relatório com os resultados, e um certificado de conformidade será emitido. Esse certificado estará relacionado apenas à presença/ausência do registro nos demais sistemas, discriminando, no certificado, as demais informações do declarante necessárias ao envio à RFB para fins de cálculo da base do ITR.

Neste primeiro momento, o certificado também apresentará um indicador de performance ambiental da propriedade rural, considerando a relação de distribuição entre AIAmb e a ATI, além da presença/ausência de outros programas ambientais na área.

O certificado poderá ser atualizado mediante inspeção remota utilizando metodologia de sensoriamento remoto para avaliar as AIAmb, delimitando efetivamente a área presente no imóvel rural *versus* a área declarada. Além disso, vistorias físicas realizadas nestas mesmas áreas também poderão influenciar a atualização do certificado.

Na hipótese de inconsistência entre os dados/informações declarados e aqueles avaliados/validados pelo órgão ambiental, caso haja correção de ofício, o sistema remeterá automaticamente à RFB o ajuste realizado, em conformidade com a Lei.

Na segunda fase do projeto, as AIAmb dos imóveis rurais poderão integrar uma base de áreas aptas a receber pagamento por serviços ambientais em programas efetivamente institucionalizados pelo Ministério do Meio Ambiente ou outras linhas fomento à esta política pública. Há também a possibilidade de disponibilizar o certificado por meio de protocolos a serem desenvolvidos com fontes de financiamento de títulos verdes, permitindo que seja aceito por esses financiadores como comprovação de regularidade ambiental, em conformidade com a legislação de preservação/proteção da vegetação nativa, conforme estabelecido na Lei nº 12.651/2012.

Ademais, considera-se uma oportunidade na regulação o estabelecimento de protocolo para certificação de auditores privados encarregados de validar os dados das AIAmb de forma remota ou por meio de vistorias. Esses certificadores privados estariam sujeitos a uma avaliação comparativa conduzida pelo órgão ambiental gestor do instrumento público.

A institucionalização de um projeto especial como o ADAvalor requer a identificação prévia dos atores políticos e econômicos que, invariavelmente, serão afetados pela nova proposta. Portanto, é imperativo identificar os interessados (*stakeholders*) tanto no setor público quanto no privado para definir estratégias eficazes de interlocução. A interlocução deve ocorrer pelo alto corpo gestor do Instituto (Ibama, 2023.f).

Com efeito, a arquitetura institucional do Projeto ADA-Valor constitui uma proposta modernizante com ampla visão de futuro. Isso ocorre em um contexto de inequívoca demanda por implementação de modernização regulatória, com ganhos múltiplos entre os entes reguladores (Ibama e RFB) e os entes regulados (agentes econômicos).

Por conseguinte, diante da conjuntura internacional, é possível atender simultaneamente às demandas de mercado e fortalecer a proteção ambiental por meio da Certificação das boas práticas empreendidas por aqueles que cumprem a legislação ambiental brasileira.

Conclusão

A proposta do projeto ADA-Valor representa um avanço institucional deste instrumento de política pública gerido pelo Ibama no sentido de criar: um sistema de regulação por certificação ambiental positiva de imóveis rurais produtivos, por meio do cruzamento de base de dados oficiais e do reconhecimento da regularidade ambiental; a percepção do valor ambiental da propriedade por meio de indicadores de desempenho; a possibilidade de uso das bases de dados para habilitar áreas passíveis de receberem pagamento por serviços ambientais; e a criação de um certificado como instrumento de habilitação para financiamento da atividade produtiva por meio de títulos verdes.

É notório que, para garantir a efetividade de implementação do projeto, é importante identificar as principais partes interessadas. Estas se subdividem entre atores públicos e privados. A interlocução deve trazer clareza à estrutura de sistema por meio de adesão, ou seja, permitindo a acessão opcional sem vinculação à imperatividade estatal.

Apesar da proposta, a remodelagem do instrumento ADA não impacta na atual regulação em caráter responsivo, criada como forma de compensação dos efeitos tributários da nova Lei do ITR. Isso ocorre por meio da subtração da base cálculo das “áreas de interesse ambiental”. Essa compensação pode ser considerada como um reconhecimento do princípio “conservador-recebedor”, evidenciando o entendimento do caráter da extrafiscalidade do ITR.

Assim, a institucionalização de uma Certificação Pública Ambiental Federal por meio do sistema ADA-Valor cria instrumentos mais eficazes para a avaliação de sistemas de crédito financeiro, a divulgação para os consumidores, a transposição de barreiras no comércio internacional e o monitoramento ambiental por órgãos e autarquias do Sisnama.

Embora a proposta técnico-gerencial do Projeto ADA-Valor como política pública possua fundamentação robusta, é necessário considerar a tramitação do PL 7611/2017⁵ na Câmara dos Deputados. O efeito jurídico desse projeto permite que o Cadastro Ambiental Rural (CAR) atue como instrumento comprobatório para fins de redução da obrigação tributária do ITR. Isso representa um enfraquecimento do ADA enquanto instrumento da Lei 6.938/81, pois sua utilização não será mais obrigatória.

Referências

ARANHA, M. I. Manual de direito regulatório. 5. ed. Londres: Laccademia Publishing, 2019.

AYRES, I.; BRAITHWAITE, J. Responsive Regulation: transcending the deregulation debate. Oxford: Oxford University Press, 1992. 205 p.

BRACK, Duncan. Regulamento de desmatamento da EU. Análise. Março de 2023. Disponível em: https://www.tropicalforestalliance.org/assets/EU-Deforestation-Regulation_PR.pdf. Acesso em 09 de junho de 2023.

BRASIL. LEI Nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União, de 19 de julho de 2000, P.1. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 26 de maio de 2023.

⁵ O PL 7611/2017 é originário do PLS 640/2015 que já fora aprovado em caráter terminativo/conclusivo no Senado Federal (a Câmara dos Deputados atua como casa legislativa revisora). O PL 7611/2017 recebeu aprovação terminativa/conclusiva da Comissão de Finanças e Tributação (CFT) e da Comissão de Constituição e Justiça e de Cidadania (CCJC) da Câmara dos Deputados. Ver: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2136674>.

_____. DECRETO Nº 1.775, de 8 de janeiro de 1996. Dispõe sobre o procedimento administrativo de demarcação das terras indígenas e dá outras providências. Diário Oficial da União, de 09 de janeiro de 1996, P.265. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d1775.htm. Acesso em 26 de maio de 2023.

_____. LEI Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União, de 28 de maio de 2012, Pg. nº 1º. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=12651&ano=2012&ato=a48QTVU1kMVpWT59b>. Acesso em: 26 de maio de 2023.

_____. LEI Nº 9.392/, de 19 de dezembro de 1996. Dispõe sobre o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR, sobre pagamento da dívida representada por Títulos da Dívida Agrária e dá outras providências. Diário Oficial da União, de 20 de dezembro de 1996. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9393.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%209.393%2C%20DE%2019%20DE%20DEZEMBRO%20DE%201996.&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20o%20Imposto%20sobre,Agr%C3%A1ria%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs.

_____. LEI Nº 13.874, de 20 de setembro de 2019. Institui a Declaração de Direitos de Liberdade Econômica. Diário Oficial da União: seção: 1 - extra, Edição: 183-B, Brasília-DF, p.1-4, set. 2019. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/lei/L13874.htm. Acesso em: 31 março 2023.

_____. DECRETO nº 10.178, de 18 de dezembro de 2019. Regulamenta dispositivos da Lei nº 13.874/2019. Diário Oficial da União: seção:1, Brasília-DF, p.5-6, dez. 2019. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=19/12/2019&jornal=515&pagina=6&totalArquivos=214>. Acesso em: 31 mar. 2023.

CASTRO, César Nunes de. Desenvolvimento Rural e o Estado Brasileiro. Boletim regional, urbano e ambiental, edição n. 21, 2019, pg. 49 a 62. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea).

Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9660/1/BRUA21_Ensaio4.pdf . Acesso em: 23 de maio de 2023.

CHAVES, Mauro César Santiago. Regulação Responsiva e Agências Reguladoras Federais: recorte jurídico-institucional sob a perspectiva da Advocacia Geral da União e do Poder Judiciário Federal. César Santiago. Brasília: ISC/TCU, 2023. (Monografia de Especialização). Disponível em:

<https://portal.tcu.gov.br/biblioteca-digital/regulacao-responsiva-e-agencias-reguladoras-federais-recorte-juridico-institucional-sob-a-perspectiva-da-advocacia-geral-da-uniao-e-do-poder-judiciario-federal.htm>

CONCEIÇÃO, Júnia Cristina Péres Rodrigues da. Política de Comercialização Agrícola Comparada: Brasil, Estados Unidos e União Europeia. Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro : Ipea. 2022. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11149/1/td_2759_web.pdf . Acesso em: 09 de junho de 2023.

CORREA, Leonilda B. C. G. Comércio e meio ambiente: atuação diplomática brasileira em relação ao selo verde. Brasília, Fundação Alexandre Gusmão-Centro de Estudos Estratégicos, 1998. 296 p.

DINIZ, Tiago; FILHO, Joaquim Bento Ferreira. Impactos Econômicos do Código Florestal Brasileiro: uma discussão à luz de um modelo computável de equilíbrio geral. Rev. Econ. Sociol. Rural 53 (02). Jun 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/6N5fdPMXLtTyX73PyG4SyMj/?lang=pt> . Acesso em: 23 de maio de 2023.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira. – Brasília, DF : Embrapa, 2018. 212 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis%C3%A3o+2030+-+o+futuro+da+agricultura+brasileira/2a9a0f27-0ead-991a-8cbf-af8e89d62829>. Acesso em 24 de maio de 2023.

_____. EMBRAPA TERRITORIAL. Agricultura e preservação ambiental: uma análise do cadastro ambiental rural. Campinas, 2021. Disponível em: < www.embrapa.br/car >. Acesso em: 26 mai. 2023.

GOETTENAUER, C. Regulação Responsiva e a Política de Segurança Cibernética do Sistema Financeiro Nacional. Revista de Direito Setorial e Regulatório, Brasília, v. 5, n. 1, p. 131-146, maio 2019.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Ato Declaratório Ambiental (ADA) - Valor Ambiental da Propriedade Rural. Processo Administrativo 02001.022075/2022-81. Brasília-DF, Vol. I, SEI 13579850, Ago.2022.

_____a.Informação Técnica nº 07/2022/CGFLO/DBFLO, de 09/09/2022. Processo Administrativo 02001.022075/2022-81. Brasília-DF, Vol. I, SEI 13579560, Set.2022.

_____b.Nota Informativa nº 14237458/2022/CGFLO/DBFLO, DE 06/12/2022. Processo Administrativo 02001.022075/2022-81. Brasília-DF, Vol. I, SEI 14237458, Dez.2022.

_____c.Nota Técnica nº37/2022/CGFLO/DBFLO, de 21/12/2022. Processo Administrativo 02001.022075/2022-81. Brasília-DF, Vol. II, SEI 14456663, Dez. 2022.

_____d.Nota Técnica nº 03/2023/CGFLO/DBFLO, de 27/02/2023. Processo Administrativo 02001.022075/2022-81. Brasília-DF, Vol. II, SEI 14817631, Fev.. 2023.

_____e. Nota Informativa nº 15230937/2023/CGFlo/DBFLO, de 20/03/2023. Processo Administrativo 02001.022075/2022-81. Brasília-DF, Vol. III, SEI 15230937, Mar. 2023.

_____ f. ADA – Ato Declaratório Ambiental. Relatório de dados 2021 (2022). Disponível em:

https://www.gov.br/ibama/pt-br/servicos/arquivos/relatorios/flora/relatorio_ada_ato_declaratorio_ambiental_dados_2017_a_2021.pdf .

_____. Instrução Normativa nº 5, de 25 de março de 2009. Regulamentação das modalidades de apresentação do ADA, para fins de isenção do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural-ITR. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/servicos/sistemas/ada-1/phocadownload/ada/in-ibama-n5-de-25-03-2009-ada-revoga-in-76-de-31-10-2005.pdf> .

KAGEYAMA, A. A. Desenvolvimento rural: conceito e um exemplo de medida. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA RURAL, 42., 2004, Cuiabá, Mato Grosso. Anais... Cuiabá: SOBER, 2004.

LENTI & SILVA. Repensando o imposto territorial rural para fins de adequação ambiental. In Mudanças no código florestal brasileiro: desafios para a implementação da nova lei. Rio de Janeiro: Ipea, 2016, págs. 261-282. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/9230>.

MARQUES, Patrícia Vilela. Título: Teoria responsiva na regulação da segurança operacional da aviação civil, 2022. Monografia (Especialização em Controle da Desestatização e da Regulação) – Instituto Serzedello Corrêa, Escola Superior do Tribunal de Contas da União, Brasília DF. 53 fls.

MARTINS, Michelle Márcia Viana, NONNENBERG, Marcelo José Braga. O comércio de madeiras e as restrições impostas pelos mercados europeus e norte-americanos: qual a sua efetividade? Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro : Ipea. 2022. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11090/1/td_2741.pdf . Acesso em 09 de junho de 2023.

MIRANDA, E. E. de; CARVALHO, C. A. de; MARTINHO, P. R. R. Intensificação produtiva da agricultura e regularização ambiental: encontros e desencontros territoriais entre o Censo Agropecuário e o Cadastro Ambiental Rural. Capítulo em Livro Técnico-Científico. In: NAVARRO, Z. (Org). A economia agropecuária do Brasil: a grande transformação. São Paulo: Baraúna, 2020. p. 42-101. Embrapa Territorial. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/218669/1/5374.pdf>. Acesso em: 26 de maio de 2023.

PAULSEN. L. Curso de direito tributário completo. Editora Saraiva, 2022, 13ª Edição. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786553623255/>. Acesso em: 31 Marc 2022

PROCÓPIO FILHO, A.; VAZ; TACHINARDI, M. H. Ecoprotecionismo: comércio internacional, agricultura e meio ambiente. Brasília: IPEA, 1994, p. 10.

SOUZA, Eustáquio Gomes de. ITR: uma legislação eficiente e uma arrecadação incongruente. Capítulo do livro: BRASIL. Ministério da Fazenda. Secretaria da Receita Federal. Administração Pública: Prêmio de Criatividade e Inovação Auditor-Fiscal da Receita Federal José Antônio Schöntag: 3º Prêmio Schöntag: monografias premiadas. Brasília: SRF, 2004. Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br/handle/1/4551>. Acesso em 25 de maio de 2023.

2º WORKSHOP SOBRE BASES TÉCNICO-CIENTÍFICAS DA AVALIAÇÃO DE RISCO AMBIENTAL DE AGROTÓXICOS



21 E 22 DE NOVEMBRO DE 2023
EVENTO PRESENCIAL E VIRTUAL



Apoio:



Ministério da Justiça e
Segurança Pública



Contribuição da ciência no avanço da avaliação de risco ambiental de agrotóxicos no Brasil

Vicente Arcela^{1, 5},

André Sartori^{2, 5},

Clara de Sena Costa^{3, 5},

Marcelo Augusto Pereira Coelho Dias^{4, 5}.

Resumo

A Avaliação de Risco Ambiental (ARA) de agrotóxicos tem como objetivo verificar a probabilidade de ocorrer efeitos danosos a organismos não alvo, baseada na análise de cenários estimados a partir da dose máxima agronômica (exposição) e dos parâmetros ecotoxicológicos mensurados em laboratório (perigo). O presente estudo busca discutir como o conhecimento gerado em universidades e centros de pesquisa está sendo incorporado no avanço da ARA de agrotóxicos no Brasil. Nesse trabalho, estão expostas etapas importantes nesse processo de contribuição da ciência, utilizando como base a experiência da Coava no âmbito do Projeto Ibama/FDD. A primeira dessas etapas foi a constatação de lacunas importantes no conhecimento necessário, e a conseqüente demanda por novas informações técnico-científicas relacionadas aos parâmetros de entrada nos modelos de ARA de agrotóxicos químicos. Então, foram criados convênios e parcerias com agências de fomento e com os centros de pesquisa responsáveis pela obtenção e fornecimento das informações solicitadas. O levantamento dessas informações fez parte da etapa seguinte, caracterizada por revisões bibliográficas e experimentos em laboratório. Posteriormente, veio a tradução e divulgação das informações acadêmicas aos grupos de trabalho envolvidos, marcada por ser uma das etapas mais importantes e desafiadoras. A última etapa é a incorporação da informação, que consiste em colocar em prática o conhecimento gerado. Por fim, foram apresentadas características essenciais para o sucesso da parceria entre pesquisadores e executores de políticas públicas, além de pontos sensíveis que merecem maior atenção.

Palavras-chave: avaliação de risco ambiental; agrotóxicos; políticas públicas; ecotoxicologia; gestão de projetos.

1 Engenheiro Florestal, Doutor em Ecologia

2 Biólogo, Especialista em Manejo e Conservação da Fauna Silvestre e Exótica

3 Bióloga, Mestre em Ciência da Saúde

4 Licenciado em Ciências Biológicas, Mestre em Ecologia

5 Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Diretoria de Qualidade Ambiental

Abstract

The Environmental Risk Assessment (ERA) of pesticides aims to verify the probability of harmful effects on non-target organisms, based on the analysis of scenarios estimated from the maximum agronomic dose (exposure) and ecotoxicological parameters measured in the laboratory (hazard). This study seeks to discuss how the knowledge generated at universities and research centers is being incorporated into the advancement of pesticide ERA in Brazil. This work outlines important stages in this process of scientific contribution, using Coava's experience within the Ibama/FDD Project as a basis. The first of these stages was the identification of significant gaps in the required knowledge and the consequent demand for new technical-scientific information related to the input parameters in the ERA models for chemical pesticides. Thus, agreements and partnerships were established with funding agencies and research centers responsible for obtaining and providing the requested information. Gathering this information was part of the next stage, characterized by literature reviews and laboratory experiments. Translation and dissemination of academic information to the involved working groups followed, marking one of the most important and challenging stages. The last stage is the incorporation of information, which consists of putting the knowledge generated into practice. Finally, essential characteristics for a successful partnership between researchers and public policy executors were presented, along with sensitive points that deserve more attention.

Keywords: environmental risk assessment; pesticides; public policy; ecotoxicology; project management.

Introdução

No Brasil, há pouco debate sobre a utilização do conhecimento científico na elaboração e implementação de políticas públicas (Carneiro & Sandroni, 2017). A perspectiva teórica sobre o assunto envolve um conjunto de variadas abordagens, a saber: a *evidence-based policy* (política baseada em evidência – PBE), que defende a aproximação entre ciência e política no intuito de suprimir as lacunas entre cientistas e gestores; a *argumentative turn*, que defende que disputas discursivas norteiam o planejamento estatal e a formulação das políticas públicas, permitindo e restringindo a atuação de gestores (Fischer & Forester, 1993); a “abordagem cognitiva”, que compreende as políticas públicas como resultado de interações sociais que dão lugar à produção de ideias, representações e valores comuns (Grisa, 2012); e a *evidence-informed practice* (EIP), que incorpora à PBE visões menos impositivas (Nevo & Slonim-Nevo, 2011), flexibilizando e reconhecendo a importância da ciência, porém não colocando essa acima das outras formas de conhecimento capazes de contribuir para a construção de políticas mais eficazes.

O Conselho Consultivo da ONU ressalta que a criação de conhecimento científico e os centros de tomada de decisão política devem estar intrinsecamente ligados. De acordo com esse conselho, as políticas de desenvolvimento sustentável devem ser ancoradas nos melhores conhecimentos e práticas científicas disponíveis. A tríade – ciência, política e comunidade – se estrutura de forma que a ciência – pautada em pesquisas específicas e objetivas que versam sobre temáticas diversas – serve como base para a tomada de decisão no campo político, e este, por sua vez, age em resposta e em função das necessidades e anseios de toda a comunidade.

O Conselho Consultivo da ONU ressalta que a criação de conhecimento científico e os centros de tomada de decisão política devem estar intrinsecamente ligados. De acordo com esse conselho, as políticas de desenvolvimento sustentável devem ser ancoradas nos melhores conhecimentos e

práticas científicas disponíveis. A tríade – ciência, política e comunidade – se estrutura de forma que a ciência – pautada em pesquisas específicas e objetivas que versam sobre temáticas diversas – serve como base para a tomada de decisão no campo político, e este, por sua vez, age em resposta e em função das necessidades e anseios de toda a comunidade.

Entretanto, há no país um cenário desafiador para a aplicação dos conhecimentos científicos nas políticas públicas ambientais. Diversos são os entraves, sejam eles advindos do próprio corpo científico (falha na comunicação dos resultados, má conduta, dados enganosos e plágio), da comunidade (contrapropaganda de grupos de interesse e formadores de opinião) ou dos governantes (negativismo, subfinanciamento de pesquisas, burocratização e desvalorização da ciência) (Fórum de ciência e cultura da UFRJ, 2022).

Dentre as diversas ações possíveis para superar esses desafios, uma estratégia eficaz para concretizar uma interação bem estabelecida entre as instituições de pesquisa e o setor público, é o estabelecimento de parcerias e convênios para a execução de projetos.

No âmbito governamental, o Ibama, órgão vinculado ao Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA), tem a competência de executar ações das políticas nacionais do meio ambiente na esfera federal (Lei nº 7.735/1989). Entre as competências do Ibama está a análise, registro e controle de agrotóxicos e de seus componentes e afins, nos termos da legislação em vigor. A análise ambiental de agrotóxicos para fins de registro é um processo ancorado em diversos critérios técnico-científicos e engloba a Avaliação do Potencial de Periculosidade Ambiental (PPA) de Agrotóxicos e Afins e a Avaliação de Risco Ambiental (ARA).

A ARA, tem como objetivo verificar a probabilidade de contaminação dos compartimentos ambientais e seus efeitos sobre os organismos expostos. Esse processo pode representar significativo avanço metodológico na consideração dos possíveis problemas ambientais associados aos agrotóxicos (Spadotto, 2006).

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo discutir como o conhecimento gerado nas universidades e centros de pesquisa está sendo incorporado no avanço da Avaliação de Risco Ambiental de agrotóxicos no Brasil. Para isso, foi utilizada como base a experiência da Coordenação de Avaliação Ambiental de Agrotóxicos, seus componentes e afins (Coava) no seguinte projeto: *Implementação da Avaliação de Risco Ambiental para proteger a vida dos riscos associados ao uso dos agrotóxicos* – parceria firmada entre o Ibama e o Fundo de Defesa de Direitos Difusos (FDD) do Ministério da Justiça e Segurança Pública, doravante denominado *Projeto Ibama/FDD*.

Demanda por informações técnico-científicas

Dentre os desafios da gestão pública, aprimorar a execução da política ambiental pode não ser tarefa fácil. Em geral, a constatação de lacunas importantes dentro de determinada política é o primeiro passo para sua melhora. Muitas dessas melhorias dependem, primariamente, de conhecimento técnico-científico especializado, formado em universidades e outros centros de pesquisa. A constatação de que novas informações são necessárias para o avanço ou adequação da política pública pode ocorrer dentro da própria instituição executora ou vir de fontes externas, nacionais ou até internacionais.

Desde a década de 80, os perigos relacionados à interação de agrotóxicos e insetos polinizadores, como as abelhas, já eram citados como algo relevante (Atkins *et al.* 1981, Ernst *et al.* 1989). Porém, em meados dos anos 2000, vários pesquisadores e instituições de diversos países passaram a destacar os danos que os agrotóxicos poderiam causar a insetos polinizadores,

levando, por conseguinte, à redução significativa dos serviços ecossistêmicos oferecidos por esses organismos (Biesmeijer *et al.* 2006, Golson *et al.* 2008). Esse fato acionou um importante alerta na comunidade científica. Agências reguladoras ao redor do mundo começaram a rever a forma como a avaliação ambiental era conduzida no processo de registro dos agrotóxicos. Como resultado, agências como a Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA) e Agência de Proteção Ambiental Americana (US-EPA) começaram a realizar processos de reavaliação ambiental.

Seguindo a tendência mundial, em meados de 2009, o Brasil começou a reavaliar agrotóxicos de alto potencial de periculosidade ambiental. A Reavaliação Ambiental é um procedimento legalmente previsto, que envolve metodologia interativa complexa, entre diversos grupos de conhecimento. Essa abordagem busca respeitar o contraditório técnico-científico de todos aqueles que se interessaram pelo tema, com etapas obrigatórias para o aporte de informações dos titulares de registro e de consulta pública.

Um dos produtos resultantes desse processo foi a Instrução Normativa nº 2/2017 e o *Manual de Avaliação de Risco Ambiental de Agrotóxicos para Abelhas*, atualizado em 2020 pelo Ibama. Esse documento traz diretrizes importantes de como realizar a avaliação de risco ambiental para insetos polinizadores, utilizando as abelhas como organismos indicadores.

A partir da publicação dessa normativa e do manual, compreendeu-se a importância de gerar novos instrumentos regulatórios relacionados com a ARA para uma série de organismos não alvo, utilizando variáveis da realidade brasileira como parâmetros. Porém, para isso era preciso sanar uma série de lacunas importantes do conhecimento, necessitando, certamente, de conhecimento científico com a participação de pesquisadores especialistas no assunto. Grande parte das lacunas de conhecimento estava relacionada à falta de conhecimento biológico e comportamental de organismos não alvo nativos, aos efeitos dos agrotóxicos nesses organismos, e ao comportamento dessas substâncias em matrizes ambientais como solos brasileiros e água.

Agências de fomento e centros de pesquisa

Geralmente, as cooperações entre as instituições que necessitam de novas informações e aquelas que irão suprir essa demanda se iniciam por meio de parcerias entre a administração pública e entidades de pesquisa, e são executadas, geralmente, com o auxílio de agências de fomento à pesquisa. O chamamento público é um dos procedimentos realizados pela administração pública a fim de selecionar entidades para firmar parcerias com a finalidade de executar atividades ou projetos de interesse público. Essa parceria pode ser celebrada por meio de acordos de cooperação, termos de colaboração ou de fomento. O regime jurídico dessas parcerias entre a administração pública e as Organizações da Sociedade Civil (OSC) é estabelecido pela Lei nº 13.019/2014.

As OSCs, que podem participar de um chamamento público, são entidades privadas, sem fins lucrativos, que desenvolvem ações de interesse social, tais como a promoção e defesa de direitos, saúde, educação, cultura, ciência e tecnologia, entre outros.

Com o objetivo de angariar recursos para incentivar pesquisas que busquem elucidar lacunas de conhecimento, a Coordenação-Geral de Avaliação e Controle de Substâncias Químicas (CGAsq) da Diretoria de Qualidade Ambiental (Diqua) com apoio da Divisão de Capacitação de Recursos e Projetos Especiais (DCPE) do Ibama, submeteu, em 2018, seu projeto ao Fundo de Defesa de Direitos Difusos – FDD do Ministério da Justiça e Segurança Pública. Este fundo tem por finalidade a reparação dos danos causados ao meio ambiente, entre outros interesses difusos e coletivos.

O projeto foi aprovado, iniciando a parceria via Termo de Execução Descentralizada (TED). Diversas reuniões com a Procuradoria Federal Especializada (PFE) e a DCPE foram realizadas para

identificar o tipo mais adequado de parceria com as universidades, sendo que o interesse do Ibama era estabelecer parcerias com as instituições acadêmicas.

Como o objetivo do projeto era estabelecer parcerias com as universidades nacionais, um dos instrumentos a ser celebrado seria o TED. Contudo, diversos impedimentos, como restrições à subdescentralização de TED, a incapacidade de algumas universidades em operacionalizar recursos de forma autônoma (sem fundação) e restrições à parceria entre universidades federais e o Ibama (ente federal), fizeram com que a execução do projeto ocorresse por meio das parcerias realizadas por Termo de Colaboração com OSC.

Para a realização dos Termos de Colaboração, no âmbito do Projeto FDD, foi necessário publicar um Edital de Chamamento Público para seleção da melhor OSC, comprovadamente especializada em executar tecnicamente os produtos esperados. Até que a parceria fosse oficialmente celebrada, foi necessário assegurar o correto andamento de todas as etapas, envolvendo procedimentos administrativos pormenorizados, apreciação jurídica, publicidade e transparência. Além disso, o processo exigiu o uso de plataformas públicas oficiais que demandam treinamento.

Considerando a parceria existente com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e a natureza das instituições envolvidas, o procedimento da parceria foi realizado de forma direta, a partir da subdescentralização do TED do FDD.

As principais instituições envolvidas nas parcerias foram: Ibama (Coava; Coordenação de Controle Ambiental de Substâncias e Produtos Perigosos (Cconp); CGAsq; Diqua; DCPE; PFE; Presidência; Assessoria de Comunicação (Ascom), Diretoria de Planejamento, Administração e Logística (Diplan), FDD/MJ, OSCs e órgãos de controle (conferências e prestação de contas).

Dentre os fundos e agências envolvidas estão: Fundo de Defesa dos Direitos Difusos (FDD), Fiepe/CAV; Finatec; IDS, IMD e Funep. As universidades e outros centros de pesquisa que colaboraram incluem: Universidade de Brasília, Universidade de Coimbra, Universidade do Estado de Minas Gerais, Universidade do Estado de Santa Catarina, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho, Universidade Estadual do Maranhão, Universidade Federal do Amazonas, Universidade Federal de Goiás, Universidade Federal do Paraná, Universidade Federal de São Carlos, Universidade Federal de Tocantins, Universidade Federal de Uberlândia, Universidade de São Paulo, Embrapa Florestas e Embrapa Agropecuária Oeste.

Levantamento das informações solicitadas

A ciência é um instrumento importante para investigamos o mundo à nossa volta e compreendê-lo. Dada a sua importância para este fim, ela é fundamental no desenvolvimento de políticas públicas relacionadas ao meio ambiente (Oreskes, 2004). Essencialmente, a ciência é feita por meio do desenvolvimento de pesquisa, que, segundo Buckeridge e Júnior (2020), pode ocorrer de três formas: Pesquisa Orientada por Teoria (POT), Pesquisa com Potencial de Futuro (PPF) e Pesquisa Orientada por Problemas (POP).

No contexto acadêmico tradicional, adota-se o modelo de pesquisa POT, baseado primordialmente no método científico. Esse modelo consiste em um conjunto de regras e etapas que são seguidas para a produção de um novo conhecimento, perpassando fases como coleção de evidências empíricas, elaboração de perguntas e hipóteses, coleta de dados, teste de hipóteses e geração de novos fatos. Em suma, é um padrão empregado para desvendar como e porque as coisas acontecem (Gregory, 1967).

Embora menos conhecidas que o modelo POT, as pesquisas do tipo PPF e POP podem ser importantes tanto para o avanço científico e tecnológico quanto para a elaboração e desenvolvimento de políticas públicas. Esses modelos diferem entre si no tempo decorrido até que seja possível a aplicação dos produtos gerados na resolução de problemas. Uma vez que o modelo POP tem como premissa sua realização para a resolução de problemas previamente identificados, é de se esperar que esteja mais diretamente envolvido na geração de políticas públicas (Buckeridge e Júnior, 2020). Foi esse o modelo de pesquisa adotado na realização do projeto abordado neste trabalho.

As informações solicitadas, no caso do *Projeto Ibama/FDD*, foram:

- i. Características biológicas de organismos não alvo que possivelmente integram ou frequentam áreas de lavoura e/ou pecuária no Brasil, como:
 - a. Aves;
 - b. Mamíferos;
 - c. Répteis;
 - d. Anfíbios;
 - e. Organismos aquáticos: (peixes, microcrustáceos, algas e plantas aquáticas);
 - f. Organismos do solo: oligoquetas (minhocas e enquitrídeos), microartrópodes (ácaros e colêmbolos) e fungos micorrízicos.
- ii. Efeitos de alguns tipos de agrotóxicos sobre esses organismos. Algumas das moléculas investigadas foram:
 - a. Herbicidas (2,4-D, Atrazina, Cletodim, Glifosato, entre outros);
 - b. Inseticidas (Imidacloprido, Lambda cialotrina, Clorpirifós, Fipronil, entre outros);
 - c. Fungicidas (Azoxistrobina, Captana, Mancozebe, Tebuconazol, entre outros).
- iii. Comportamento dessas substâncias em matrizes ambientais relevantes:
 - a. solo (tipos de solo, propriedades edáficas, uso do solo, distribuição espacial etc.);
 - b. água (superficial e subterrânea);
 - c. ar (deriva).

A coleta de dados foi conduzida pelas OSCs com as quais o Ibama estabeleceu Termos de Colaboração. Cada uma destas OSCs ficou responsável por coletar e analisar dados de organismos específicos. Para alcançar os objetivos propostos pelos grupos de trabalho, foram realizadas buscas sistemáticas por artigos publicados, buscas em publicações de entidades governamentais relevantes, além de buscas na literatura cinza – que abarca trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses não publicadas, resumos publicados em anais de eventos, entre outros.

Os artigos científicos foram buscados em bases de dados nacionais e internacionais, como Scopus, Portal Periódicos Capes, Scielo, ScienceDirect, *Web of Science* e *Google Scholar*. A busca pela literatura cinza se deu em bases como *Open Access Theses and Dissertations – OATD*, *Openthesis*, Biblioteca Digital de Teses Brasileiras (BDTB), além do *Google Scholar*. As buscas foram executadas utilizando-se combinações de palavras-chave relacionadas ao organismo de interesse. No caso dos mamíferos, por exemplo, foram utilizadas as palavras como ‘mammal’, ‘rodent’ ‘agriculture’, ‘agroecosystem’ e ‘Brazil’, e diversas outras correlatas. A busca pelas palavras-chave se deu em inglês, português e espanhol, visando ampliar o número de trabalhos passíveis de obtenção. Após a pesquisa inicial, foi realizada uma fase de triagem, na qual foram removidos trabalhos que não se adequaram a critérios pré-estabelecidos. Dos estudos que restaram, foram extraídos os dados de interesse.

Durante a revisão bibliográfica, foram coletados dados sobre os parâmetros de toxicidade, como a DL50 (dose letal para 50% da população testada), dos diversos organismos em relação

a várias moléculas utilizadas comercialmente como agrotóxicos. Além disso, para alguns grupos de organismos (do solo e aquáticos), foram conduzidos estudos ecotoxicológicos para complementar os dados. A partir desses estudos e dos dados coletados na bibliografia, foram avaliados os efeitos letais ou subletais, ou seja, efeitos sobre crescimento, desenvolvimento, comportamento, reprodução, etc., dos agrotóxicos sobre os organismos. Além disso, foram elaboradas as distribuições de sensibilidade das espécies, conhecidas como *Species Sensitivity Distributions* – SSD.

As SSDs são amplamente utilizadas em estudos de toxicidade e são muito importantes na Avaliação de Risco Ambiental. Elas partem do princípio de que organismos distintos exibem diferentes sensibilidades a um mesmo agente estressor químico (Hoekstra, 1994) e que a variação entre essas sensibilidades pode ser descrita estatisticamente (Wagner, 1991). A partir disso, é possível gerar fatores de extrapolação que garantam a proteção de espécies mais sensíveis do que as espécies utilizadas como organismos-teste. Essa característica torna as SSDs essenciais nas tomadas de decisão (Posthuma, 2019).

Tradução e divulgação das informações acadêmicas

A pesquisa científica, em geral, nem sempre busca atender aos problemas de interesse da Gestão Pública. Muitos resultados de pesquisas, frutos de experimentos controlados, são inaplicáveis em situações reais, e quando o são, costumam ser descritos de forma estritamente técnica e complexa (De Souza, 2022). As políticas públicas, por definição, podem ser entendidas como metas, programas, princípios e objetivos da ação governamental de forma a orientar, articular e coordenar a atuação de agentes públicos e privados, bem como a alocação de recursos para alcançar interesses públicos relevantes (Matias-Pereira, 2012).

Quando o conhecimento científico é utilizado em medidas públicas, usualmente é fruto de causalidade e facilidade de acesso a obras e textos científicos ou mesmo pesquisadores já conhecidos, e é empregado para validar ou legitimar uma decisão que já foi tomada (Unesco, 2010). Nas políticas públicas voltadas para a manutenção da biodiversidade e envolvendo regulação da atividade agrícola, a complexidade de temas do ponto de vista técnico e socioeconômico aponta para uma grande lacuna entre o conhecimento científico disponível e as tomadas de decisões políticas (Carneiro et Danton, 2012).

Frente a essas dificuldades, a tradução do conhecimento deve ser uma estratégia para ampliar o uso do conhecimento científico produzido na academia e fortalecer a racionalidade técnica da gestão (De Souza, 2022). No *Projeto Ibama/FDD*, em que os objetivos incluíam instrumentalizar as atividades de avaliação e controle sobre os agrotóxicos, as pesquisas científicas e as consultas aos especialistas foram resultado da identificação das lacunas de conhecimento na área e posterior chamamento em edital. Após o término dos projetos contratados, foi imprescindível que a grande quantidade de conhecimento produzido pela academia fosse filtrada e refinada para adaptar o conhecimento ao contexto do Ibama.

Essa abordagem de planejar ações para aplicar o conhecimento na prática é semelhante ao modelo conceitual “Ciclo do Conhecimento à Ação”, desenvolvido por Graham e colaboradores em 2006, e atualmente adotado pela Organização Mundial da Saúde para traduzir conhecimento para a prática na área da saúde (Strauss, Tetroe & Graham, 2015). As atividades realizadas no âmbito do projeto discutido neste artigo podem ser observadas na Figura 1, e observa-se que diversas etapas condizem com o que foi pensado por Graham na gestão da saúde.

Figura 1 – Etapas importantes no processo de contribuição da ciência nas políticas públicas. O esquema ilustra a experiência da Coava no âmbito do Projeto Ibama/FDD na Avaliação de Risco Ambiental (ARA) de agrotóxicos.



Nota: A seta em cinza representa atividades ainda não realizadas, mas que estão previstas no cronograma do projeto. Esquema é baseado no ciclo "Knowledge-to-action" (Graham *et al.*, 2006).

Siglas:

- FDD – Fundo dos Direitos Difusos
- FIEPE – Fundação Instituto De Apoio Ao Ensino, Pesquisa e Extensão
- FINATEC – Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos
- IDS – Instituto de Desenvolvimento Sustentável
- IMD – Instituto de Ensino, Pesquisa e Preservação Ambiental Marcos Daniel
- FUNEP – Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão

Um termo comumente utilizado na abordagem da OMS e que também pode ser aplicado a este artigo é a Tradução e Intercâmbio do Conhecimento. Durante este estudo de caso, foi abordada a tradução do conhecimento ao término do projeto de pesquisa. Isso normalmente envolve o desenvolvimento e a implementação de um plano para divulgar os resultados do projeto (tradução) e atividades que envolvem grupos interessados para a troca de ideias sobre a implementação desses resultados em questões específicas (intercâmbio) (Vieira *et al*, 2020).

Através do Termo de Execução Descentralizada firmado com o FDD/MJ, foram previstas entregas que não necessariamente serão os produtos finais destinados ao público interno (servidores) e externo (sociedade civil). Traduzir os dados fornecidos pelos parceiros do projeto para uma linguagem acessível e que possa ser transformada em políticas públicas no âmbito da avaliação de agrotóxicos tem sido e continua sendo um desafio.

Para isso, a equipe técnica do Ibama teve papel ímpar. A seleção e o refinamento dos dados mencionados anteriormente deram origem a diversos canais de divulgação, tanto de difusão passiva (como a elaboração de documentos) como de participação ativa das partes envolvidas (academia, setores regulados e público em geral):

i. Notas técnicas

A nota técnica consiste em um documento no qual o técnico especialista analisa todo o contexto, o histórico e os fundamentos legais de determinado assunto de relevância pública (Ministério da Justiça e Segurança Pública, 2014).

No âmbito do *Projeto Ibama/FDD*, foram formados grupos de trabalho que abrangem os organismos não-alvo de agrotóxicos (aves e mamíferos, répteis e anfíbios, organismos aquáticos, organismos do solo), além de um grupo dedicado à deriva de agrotóxicos. Entre os citados grupos, diversos resultados de pesquisas científicas demandaram fundamentação formal para que pudessem ser utilizados na construção das políticas públicas voltadas à avaliação ambiental de agrotóxicos.

ii. Do cumentos orientadores para futuros manuais, a exemplo do Manual de Avaliação de Risco Ambiental de Agrotóxicos para Abelhas (Ibama, 2017);

Cada grupo de trabalho, conforme previsto no termo firmado pelo Ibama e pelo FDD, produziu um documento orientador que antecederá a elaboração de um manual. Este manual será devidamente publicado e ficará à disposição para servidores que trabalham na avaliação de risco ambiental de agrotóxicos, setores regulados e sociedade civil interessada no tema.

iii. Workshops

Também previstos no cronograma-físico, os workshops foram espaços pensados para os grupos de trabalho, convidados e especialistas dedicados à avaliação de risco ambiental, bem como outros interessados na temática.

O primeiro workshop, organizado e realizado pela equipe técnica do Ibama, ocorreu em fevereiro de 2023 (Figura 2). O evento, que já pode ser considerado um marco na ciência regulatória do país, foi gratuito e virtual e reuniu trabalhos de pesquisadores da Empresa Brasileira de Agropecuária (Embrapa), Fundação Instituto de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão do Centro de Ciências Agroveterinárias (Fiepe/CAV), Instituto de Ensino, Pesquisa e Preservação Ambiental Marcos Daniel (IMD), Instituto de Desenvolvimento Sustentável (IDS), Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos (Finatec) e Fundação de Apoio à Pesquisa, Ensino e Extensão (Funep).

Figura 2 – Banner do 1ºWorkshop realizado pelo Ibama com o objetivo de ampliar as discussões técnicas sobre a metodologia da Avaliação de Risco Ambiental de Agrotóxicos e apresentar iniciativas de educação ambiental relacionadas ao tema.

Fonte: Coordenação Geral de Avaliação e Controle de Substâncias Químicas (CGAsq), 2023.



No 1ºWorkshop, as pesquisas realizadas pelo projeto foram apresentadas e seus resultados discutidos na esfera de atuação da Diqua do Ibama. Um segundo workshop está previsto para o segundo semestre de 2023, e terá como foco os documentos produzidos pelo Ibama a partir das pesquisas realizadas pela academia.

iv. Ciclos de reuniões técnicas internas;

Seguindo a perspectiva de intercâmbio de conhecimento entre o Governo e a academia, foram realizadas reuniões internas entre pesquisadores e técnicos do Ibama. O objetivo era divulgar internamente os conhecimentos adquiridos por meio dos estudos conduzidos e construir, de forma conjunta, a base teórica para os documentos orientadores mencionados anteriormente. Como exemplo, temos o 1º Ciclo de Reuniões Técnicas Internas Sobre Avaliação de Risco Ambiental de Agrotóxicos para Organismos do Solo, que ocorreu, de forma online, nos dias 17 e 18 de abril de 2023, conforme figura 3.



Figura 3 – Banner de divulgação do evento: reuniões técnicas internas para o grupo de trabalho dos organismos do solo.

Fonte: CGAsq, 2023.

Incorporação da informação

Devido ao grande volume de dados, o órgão ou instituição governamental solicitante deve filtrar as informações realmente relevantes para serem incorporadas. Melhorias ou adequações na formulação ou/e execução das políticas ambientais requer a resposta a perguntas como: quais

informações são realmente necessárias e devem ser contempladas nas políticas públicas? Como essa incorporação deve ser realizada e quais serão as consequências/impactos após a incorporação desses quesitos? Incorporar as novas informações significa colocar em prática todo esse conhecimento gerado sob demanda.

Após o recebimento das informações técnico-científicas, da tradução e da filtragem do material, o órgão ou instituição governamental solicitante deve concretizar o avanço esperado na formulação ou na execução da política pública, executando os novos métodos que contemplem esse conhecimento adquirido. No caso do *Projeto Ibama/FDD*, ainda em andamento, a realização desse avanço só será completamente concretizada com a publicação das Instruções Normativas e dos Manuais referentes às novas ARAs. Com base no Manual de ARA para abelhas (Ibama, 2017), cerca de 1-2 anos são necessários para os trâmites de transformação de um documento orientador em um Manual de Avaliação de Risco de agrotóxicos para um organismo específico, vinculado aos processos de elaboração de Instrução Normativa (consulta pública e publicação).

No entanto, parte das informações selecionadas pelo Ibama e colaboradores, dentro da temática de agrotóxicos, foi incorporada em dois cursos e materiais audiovisuais elaborados pela equipe do Grupo de Trabalho (GT) de educação ambiental. Esses recursos têm como objetivo aperfeiçoar a compreensão da regulação de agrotóxicos para a conservação do meio ambiente, visando à redução dos riscos ambientais decorrentes de seu uso:

i. Cursos de curta duração.

Em consonância com as metas previstas para desenvolver bases para a avaliação de risco ambiental e estabelecer diretrizes referentes à capacitação de aplicadores de agrotóxicos, o GT de educação ambiental elaborou dois cursos de curta duração. Esse GT era composto por servidores da Diretoria de Qualidade Ambiental e Diretoria de Proteção Ambiental do Ibama, assim como membros da Fundação Instituto de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão do CAV.

Os cursos, que ainda serão lançados na plataforma Escola Virtual do Ibama, são intitulados: “Curso Básico de Avaliação Ambiental de Agrotóxicos” e “Práticas Agrícolas para Redução de Riscos Ambientais do Uso de Agrotóxicos” (Figura 4a e 4b, respectivamente). O primeiro tem como público-alvo servidores envolvidos na avaliação ambiental de agrotóxicos e interessados no tema. Já o segundo curso, é voltado para pessoas envolvidas diretamente com a aplicação de agrotóxicos no campo.

Figura 4 – Banner de divulgação dos cursos de curta duração, elaborados pela equipe técnica do Ibama e Fiepe/CAV.



Fonte: CGAsq, 2023.

ii. Elaboração de materiais audiovisuais.

Buscando ir além na tradução e incorporação do conhecimento científico aplicado à regulação de agrotóxicos, foram elaborados dois materiais com linguagem adaptada para Educação Ambiental infantil. O vídeo (Figura 5a) e a cartilha infantil (Figura 5b) apresentam a história de Juju e uma abelha chamada Ronei, em suas aventuras na investigação de um caso de agrotóxicos. Os materiais transmitem a mensagem da importância da preservação do meio ambiente e do uso seguro de agrotóxicos, além de oferecerem alternativas ao seu uso. Conceitos comumente considerados complexos, como polinização, agrotóxicos, produtos perigosos e equipamentos de proteção individual, foram abordados de forma lúdica e simples. Ambos os recursos audiovisuais também foram divulgados no 1º Workshop sobre bases técnico-científicas da avaliação de risco ambiental de agrotóxicos.

Figura 5 – Materiais em vídeo e cartilha online voltados para a educação ambiental infantil.



Fonte: CGAsq, 2023.

Conclusão

Avançar na Avaliação de Risco Ambiental de agrotóxicos para organismos não alvo, adaptando essa metodologia à realidade brasileira, é fundamental para assegurar que as matrizes ambientais do país não estejam sob o risco de contaminação pelo uso indevido dessas substâncias, protegendo assim sua biota. É importante ressaltar qualquer ação com o propósito de extinguir ou minimizar os impactos ambientais causados pelo uso de agrotóxicos está em consonância com as diretrizes da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA). Essa política busca preservar os ecossistemas e melhorar a qualidade ambiental, visando garantir a qualidade de vida para todos.

Algumas características foram elencadas como essenciais nesse processo da contribuição acadêmica para a Avaliação de Risco Ambiental. São elas: equipe multidisciplinar; fontes de financiamento; tempo hábil para execução de todas as fases do projeto; pessoal com conhecimento especializado nos temas pertinentes e comunicação eficiente entre e dentro dos órgãos e instituições envolvidas. Certamente, sem o chamamento por edital, o Ibama não teria sido capaz de produzir, organizar e apresentar dados científicos voltados à regulação de agrotóxicos da mesma forma que foi feita durante o *Projeto Ibama/FDD*.

Por fim, é importante reconhecer as limitações do projeto. Dentre os pontos que poderiam ser melhorados, destacamos: pouca oferta de cursos de capacitação nos temas dos projetos; limitado

apoio/quantitativo de recursos humanos, tanto de servidores do Ibama quanto de pesquisadores parceiros, e pouco envolvimento da área técnica do Ibama nas questões de coordenação e viabilização do projeto, geralmente concentrando as questões administrativas em poucos servidores. Portanto, um maior número de pessoas envolvidas nas diversas áreas do projeto poderia ter potencializado o alcance e a aplicação dos conhecimentos científicos na Avaliação de Risco Ambiental (ARA) de agrotóxicos.

Diante do exposto, conclui-se que o processo de melhoria na forma como é realizada a Avaliação de Risco Ambiental de agrotóxicos no Brasil, pelo seu grau de especificidade e complexidade, não é pode ser conduzido corretamente sem a colaboração da academia e de outros centros de pesquisa. No entanto, é necessário traduzir essas informações científicas para uma linguagem mais acessível aos formuladores de políticas públicas e ao público em geral, visto que há uma grande lacuna entre o que é produzido nas Universidades e o que é formulado/implementado na Administração Pública.

A pesquisa colaborativa e o compartilhamento do conhecimento científico, aliados a educação ambiental, têm o potencial de aumentar a consciência e a responsabilidade ambiental, além de fomentar mudanças importantes na Legislação vigente. Projetos como o descrito neste estudo de caso podem ser ferramentas importantes para a incorporação da ciência nas políticas públicas voltadas à regulação de agrotóxicos.

Referências

ATKINS, E. L.; KELLUM, D.; ATKINS, K. W. Reducing pesticide hazards to honey bees: mortality prediction techniques and integrated management strategies. **Leaflet**. University of California, 1981.

BIESMEIJER, Jacobus C. et al. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. **Science**, v. 313, n. 5785, p. 351-354, 2006.

BRASIL. Lei nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989. Dispõe sobre a extinção de órgão e de entidade autárquica, cria o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 fev. 1989. Acesso em: 25 mai. 2023.

BRASIL. Lei nº 13.019 de 31 de julho de 2014. Estabelece o regime jurídico das parcerias entre a administração pública e as organizações da sociedade civil, em regime de mútua cooperação, para a consecução de finalidades de interesse público e recíproco, mediante a execução de atividades ou de projetos previamente estabelecidos em planos de trabalho inseridos em termos de colaboração, em termos de fomento ou em acordos de cooperação; define diretrizes para a política de fomento, de colaboração e de cooperação com organizações da sociedade civil; e altera as Leis nºs 8.429, de 2 de junho de 1992, e 9.790, de 23 de março de 1999. (Redação dada pela Lei nº 13.204, de 2015). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1º ago. 2014. Acesso em: 10 nov. 2023.

BUCKERIDGE, Marcos Silveira; Philippi Júnior, Arlindo. Ciência e políticas públicas nas cidades: revelações da pandemia da Covid-19. **Estudos Avançados**, v. 34, p. 141-156, 2020.

CARNEIRO, Maria José Teixeira; SANDRONI, Laila Thomaz. Ciência e política pública na perspectiva dos gestores: clivagens e confluências. **Sociedade e Estado**, v. 33, p. 39-59. 2018

CARNEIRO, Maria José; DANTON, Thais. Agricultura e biodiversidade nas Ciências Sociais brasileiras: alimentando a comunicação entre ciência e políticas públicas. **Sociologias**, v. 14, p. 252-289, 2012.

COLOMBO, Silvana Raquel Brendler. O Princípio do poluidor-pagador. Âmbito Jurídico, Rio Grande, IX, 2006, 28.

DE SOUZA, Luis Eugenio. Tradução do conhecimento científico para a gestão da saúde. **Ciência Hoje**, 2022, CH 387.

ERNST W. R, PEARCE P. A., POLLOCK T. L. 1989. Environmental Effects of Fenitrothion Use in Forestry: Impacts on Insect Pollinators, Songbirds, and Aquatic Organisms. Halifax: Conserv. Prot., Environ. Can., Atlantic Reg.

FISHER, Frank; FORESTER, John (Orgs.). The argumentative turn in policy analysis and planning. Durham (NC): Duke University Press Books, 1993.

FÓRUM DE CIÊNCIA E CULTURA DA UFRJ. Ciência e políticas públicas no atual cenário negacionista. YouTube, 27 de junho de 2022. Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=rFCIcVO4u7U> >. Acesso em: 01 de junho de 2023.

GOULSON, Dave; LYE, Gillian C.; DARVILL, Ben. Decline and conservation of bumble bees. **Annu. Rev. Entomol.**, v. 53, p. 191-208, 2008.

GRAHAM, Ian D. et al. Lost in knowledge translation: time for a map? **Journal of continuing education in the health professions**, v. 26, n. 1, p. 13-24, 2006.

GREGORY, S. A. The Design Method Butterworth, London, UK. 1967.

GRISA, Catia. Políticas públicas para a agricultura familiar no Brasil: produção e institucionalização das ideias. PhD diss., Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2012.

HASSENTEUFEL, Patrick; SUREL, Yves. Des politiques publiques comme les autres? Construction de l'objet et outils d'analyse des politiques européennes. **Politique européenne**, 2000, 1: 8-24.

HOEKSTRA, J. A. et al. Variation in the sensitivity of aquatic species to toxicants. **Bulletin of environmental contamination and toxicology**, v. 53, p. 98-105, 1994.

IBAMA. Instrução Normativa nº 2, de 09 de fevereiro de 2017. Estabelece diretrizes, requisitos e procedimentos para a avaliação dos riscos de ingrediente(s) ativo(s) de agrotóxico(s) para insetos polinizadores, utilizando-se as abelhas como organismos indicadores. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 10 fev. 2017. Acesso em: 10 nov. 2023.

IBAMA. Manual de Avaliação de Risco Ambiental de Agrotóxicos para Abelhas. Brasília: Ibama, 2017. Disponível em: <<https://www.ibama.gov.br/phocadownload/agrotoxicos/reavaliacao-ambiental/2017/2017-07-25-Manual-IBAMA-ARA-Abelhas-IN0217-WEB.pdf>>. Acesso em: 13/06/2023

MAGLIO, Ivan Carlos. A descentralização da gestão ambiental no Brasil: o papel dos órgãos estaduais e as relações com o poder local, 1990-1999. 2000.

MATIAS-PEREIRA, J. Finanças Públicas: Foco na Política, no Planejamento e Orçamento Público. 6º Ed. – São Paulo: Atlas, 2012.

MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA, 2014. Notas Técnicas. Disponível em: < <https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/seus-direitos/consumidor/notas-tecnicas/notas-tecnicas> >. Acesso em 13/06/2023

NEVO, Isaac; SLONIM-NEVO, Vered. The myth of evidence-based practice: Towards evidence-informed practice. **British journal of social work**, v. 41, n. 6, p. 1176-1197, 2011.

ORESQUES, Naomi. Science and public policy: what's proof got to do with it? **Environmental science & policy**, v. 7, n. 5, p. 369-383, 2004.

POSTHUMA, Leo et al. Species sensitivity distributions for use in environmental protection, assessment, and management of aquatic ecosystems for 12386 chemicals. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 38, n. 4, p. 905-917, 2019.

SPADOTTO, Claudio Aparecido. Avaliação de riscos ambientais de agrotóxicos em condições brasileiras. 2006.

STRAUS, Sharon E.; TETROE, Jacqueline; GRAHAM, Ian D. (Ed.). Knowledge translation in health care: moving from evidence to practice. John Wiley & Sons, 2013.

UNESCO. 2010. World Social Science Report. Disponível em: < <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000188333>>. Acesso em 13/06/2023

VIEIRA, Ana Cláudia Garcia; GASTALDO, Denise; HARRISON, Denise. Como traduzir o conhecimento científico à prática? Conceitos, modelos e aplicação. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 73, 2020.

WAGNER, Connie; LØKKE, Hans. Estimation of ecotoxicological protection levels from NOEC toxicity data. **Water Research**, v. 25, n. 10, p. 1237-1242, 1991.

WERNECK, Guilherme Loureiro; CARVALHO, Marília Sá. A pandemia de COVID-19 no Brasil: crônica de uma crise sanitária anunciada. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 36, 2020.



Prado Lopes 2002



Ecologia reprodutiva de *Podocnemis expansa* (Testudines, Podocnemididae) no Médio Tapajós, Brasil

Raphael Alves Fonseca^{1, 2},
Sérgio de Melo²,
Roberto Victor Lacava e Silva¹,
Priscila Saikoski Miorando³

Resumo

Podocnemis expansa é a espécie de quelônio de água doce de maior tamanho e distribuição geográfica na Amazônia. Dentre os aspectos reprodutivos, as relações alométricas entre o tamanho da fêmea e sua ninhada trazem respostas sobre a ecologia da espécie e suas estratégias reprodutivas. Neste artigo, investigamos o sucesso reprodutivo de *P. expansa* no Médio Tapajós e verificamos a ocorrência de relações alométricas reprodutivas. Coletamos dados biométricos de 144 fêmeas e de seus respectivos ninhos e ovos. As regressões log-log encontraram uma correlação positiva significativa entre fêmeas e suas ninhadas, mas não com as medidas dos ninhos. A taxa de eclosão na praia do André foi significativamente maior do que na do Monte Cristo. Concluímos ser necessário monitorar parâmetros ambientais relacionados ao pulso de inundação, e que é necessário monitorar continuamente a reprodução de *P. expansa* no Médio Tapajós, incluindo estimativas de perda por sobreposição de ninhos na desova, temperatura e umidade de incubação.

Palavras-chave – Alometria reprodutiva; monitoramento reprodutivo; Programa Quelônios da Amazônia; tabuleiro do Monte Cristo; taxa de eclosão.

Abstract

Podocnemis expansa is the largest freshwater chelonian species in the Amazon. Among the reproductive aspects, the allometric relationships between female size and their clutch provide insights into the species' ecology and reproductive strategies. In this article, we investigate the reproductive success of *P. expansa* in the Middle Tapajós and verify the occurrence of reproductive allometric relationships. We collected biometric data from 144 females and their respective nests and eggs. Log-log regressions found a significant positive correlation between females and their clutches, but not with nest measurements. The hatching rate at André beach was significantly

¹ Programa Quelônios da Amazônia IBAMA Pará, Gerência Executiva do Ibama em Santarém.

² Programa de Pós-graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento, Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, Universidade Federal do Oeste do Pará.

³ Universidade Federal do Oeste do Pará, Campus Oriximiná.

higher than that at Monte Cristo beach. We conclude that it is necessary to monitor environmental parameters related to the flooding pulse and continuously monitor the reproduction of *P. expansa* in the Middle Tapajós, including estimates of nest loss due to nest overlap, incubation temperature, and humidity.

Keywords – Reproductive allometry; reproductive monitoring; Amazon Chelonian Program; Monte Cristo plateau; hatching rate.

Introdução

Podocnemis expansa (tartaruga-da-amazônia) é a maior espécie de quelônio fluvial neotropical, podendo uma fêmea adulta pesar até 60 quilos, possivelmente até mais (Alho; Pádua, 1982a). Além disso, é a espécie do gênero *Podocnemis* com maior distribuição geográfica na Amazônia, encontrada nas bacias dos rios Amazonas, Tocantins-Araguaia, Orinoco e Essequibo, em uma área de 7.718.409,97 km² (Iverson, 1986; Rhodin *et al.*, 2010; Ferrara *et al.*, 2017). Esta espécie é migratória, cujo deslocamento anual ocorre agregadamente em cardumes que variam de dezenas a milhares de indivíduos, entre áreas de alimentação e de reprodução, sendo acionado pelo pulso de inundação (Alho; Pádua, 1982a; Carneiro; Pezzuti, 2015). Antes de iniciar o período de desova, ocorre o aquecimento térmico das fêmeas através da exposição ao sol, comportamento denominado assoalhamento (Alho; Pádua, 1982a; 1982b; Pádua; Alho, 1982; Ferrara; Schneider; Vogt, 2010).

P. expansa se reproduz anualmente durante o período de seca, em praias de desova comumente denominadas de tabuleiros (Alho; Pádua, 1982a). O período da desova varia espacial e temporalmente na região Amazônica, dependendo da dinâmica natural do pulso de inundação, que está sujeito ao conjunto de condições climáticas ao longo da bacia e à sua variação entre anos (Alho; Pádua, 1982a). A duração da desova pode oscilar entre uma semana e dois meses, dependendo de condições meteorológicas e das flutuações do nível do rio. Um repentino aumento do nível do rio ou vários dias sucessivos de chuvas podem deslocar, interromper ou prolongar a desova (Alho; Pádua, 1982a, 1982b; Pantoja-Lima *et al.*, 2009; Alves-Júnior *et al.*, 2012). *P. expansa* desova diretamente no substrato arenoso, em ninhos profundos o suficiente para proteger a ninhada dos efeitos extremos de temperatura, umidade e predadores (Bonach *et al.*, 2007). O tempo médio de eclosão registrado varia de 47 (Alho; Danni; Pádua, 1985) a 68 dias (Ferreira Júnior; Castro, 2003), dependendo da temperatura e do regime hídrico do ambiente, que variam entre anos e entre locais (Alho; Pádua, 1982a).

Entre os parâmetros populacionais que afetam a taxa de eclosão, destaca-se o tamanho da fêmea. Quanto maior a fêmea, mais profundo tende a ser seu ninho (Valenzuela, 2001a), fato que se correlaciona com uma menor chance de predação, parasitismo ou destruição por outras fêmeas desovando em sobreposição. Da mesma forma, quanto maior a fêmea, maior tende a ser o tamanho da ninhada (Valenzuela, 2001b; Vanzolini, 2003). Isso contribui para uma taxa de eclosão mais elevada, pois as perdas parciais se amenizam na medida em que há mais ovos intactos no interior do ninho.

Em paralelo, a estratégia reprodutiva de desova agregada de *P. expansa* em populações numerosas também influencia negativamente no sucesso reprodutivo, pois as desovas em massa apresentam risco de destruição total ou parcial dos ninhos quando sobrepostos, inclusive com possibilidade de soterramento de fêmeas em processo de postura, levando-as à morte (Miorando; Lacava; Fonseca, 2019).

Dentre os aspectos reprodutivos, as relações alométricas que mostram o efeito maternal sobre a ninhada são caracterizadas pela alta correlação positiva entre o tamanho da fêmea e o

número e tamanho dos ovos (Alho; Pádua, 1982a; Ferreira Júnior; Castro, 2005; Bonach; Piña; Verdade, 2006; Portelinha et al., 2013). Essas relações trazem respostas sobre a ecologia e as estratégias reprodutivas adotadas (Valenzuela, 2001a; Valenzuela, 2001b; Bonach; Piña; Verdade, 2006; Pignati; Pezzuti, 2012).

Na região do Médio Tapajós, *P. expansa* desova principalmente no sítio reprodutivo denominado tabuleiro de Monte Cristo, onde o Programa Quelônios da Amazônia – PQA executa o manejo conservacionista desde 1979. Devido ao seu aumento populacional ao longo dos anos, o número de ninhos destruídos por sobreposição de desova, bem como os registros de morte por soterramento de fêmeas, tornou-se um problema de manejo. A solução encontrada para minimizar essas perdas foi a ampliação da área de desova, através da supressão da vegetação gramínea e arbustiva da praia do André, localizada próxima ao tabuleiro do Monte Cristo (Fonseca, 2022).

No entanto, existe diferença entre a altura da praia do André e a do Monte Cristo em relação ao nível do rio, sendo a primeira mais baixa que a última. Há também variação no tamanho da área com potencial para desova, sendo a praia do André mais extensa que a praia do Monte Cristo. A altura das praias utilizadas para desova pode ser um fator limitante para o sucesso reprodutivo de *P. expansa*, principalmente em anos nos quais o rio Tapajós apresenta um período de seca insuficiente para manter as praias emersas pelo tempo necessário para completar o ciclo de desenvolvimento embrionário dos ovos até a eclosão dos filhotes.

Nesse artigo, investigamos o sucesso reprodutivo de *P. expansa* no Médio Tapajós ao longo de cinco estações reprodutivas (2013, 2014, 2015, 2018 e 2019). Para isso, verificamos a ocorrência de relações alométricas reprodutivas, comparando os dados biométricos das fêmeas com os de sua ninhada e comparamos, também, as taxas de eclosão dos ninhos postados nas praias do André e do Monte Cristo.

Material e Métodos

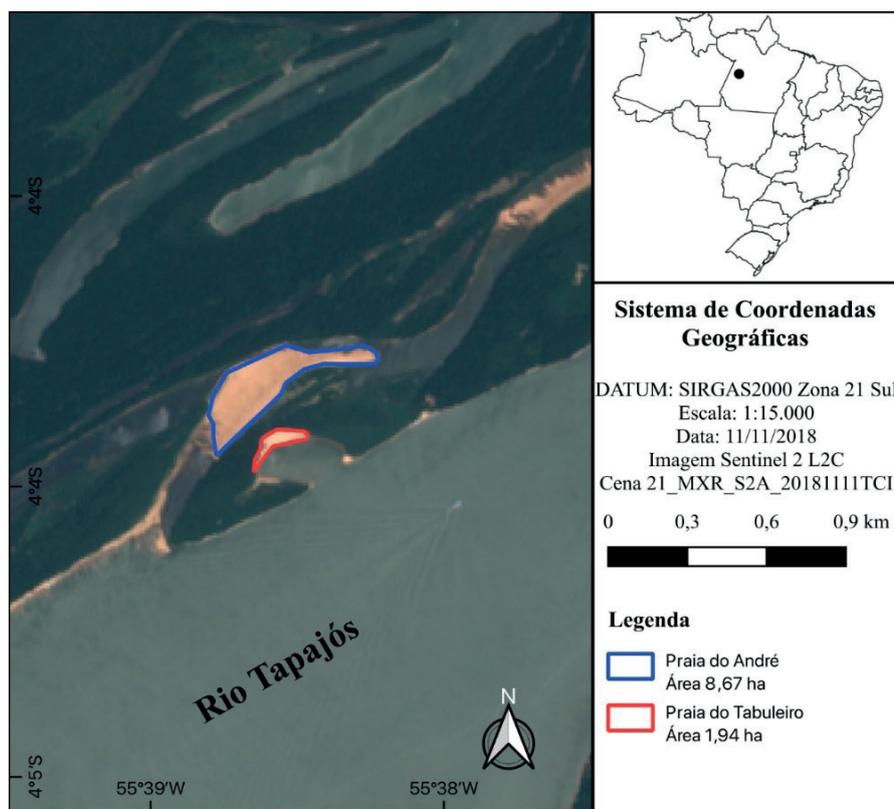
Área de estudo

Os dados analisados foram coletados no tabuleiro de Monte Cristo, localizado no município de Aveiro, no oeste do estado do Pará (4°4'6.8"S - 55°38'46.3"W), inserido num mosaico de ilhas interligadas por paranás, pequenos lagos e igarapés no Médio Tapajós. O rio Tapajós é caracterizado por águas claras, com vazão média estimada de 12,259 m³/s (Santos et al., 2015), apresentando transporte de sedimentos menor quando comparado aos rios de água branca da bacia Amazônica, ricos em matéria em suspensão (Farella et al., 2001).

O clima da região é do tipo tropical úmido, classificado como Ami, de acordo com a classificação de Köppen. A temperatura média gira em torno de 25°C, apresentando uma variação térmica anual de 18,4 a 32,6°C (Carvalho; Silva; Lopes, 2004). A precipitação média anual é de 2.110 mm, com mínima de cerca de 600 mm e máxima de 3.000 mm. O período chuvoso ocorre de março a maio, enquanto o período com menor índice pluviométrico vai de agosto a novembro. A umidade relativa do ar mantém-se em torno de 86% (Carvalho; Silva; Lopes, 2004).

O tabuleiro de Monte Cristo é formado pelas praias do Monte Cristo e do André. A praia do Monte Cristo apresenta área aproximada de 1,94 hectares e altura máxima em relação ao nível do rio entre 6 e 8 metros, enquanto a praia do André apresenta área de aproximadamente 8,67 hectares e altura máxima em relação ao nível do rio entre 4 e 6 metros (Figura 1). Essas dimensões variam anualmente, conforme o regime hídrico do período.

Figura 1 – Imagem de satélite da área de estudo evidenciando a área, em hectares, das praias do André e Monte Cristo.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Delineamento amostral

Neste artigo, consideramos como sucesso reprodutivo de *P. expansa* a taxa de eclosão dos ninhos monitorados nos períodos reprodutivos de 2013 a 2019. A coleta de dados foi realizada como parte das atividades de monitoramento do PQA, seguindo seu protocolo de monitoramento reprodutivo, posteriormente sistematizado e descrito por Bernhard et al. (2016).

O protocolo de coleta de dados deste estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Oeste do Pará (certificação nº 0820180037), e autorizado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, por meio do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBio (autorização nº 63414-2).

A seleção dos ninhos monitorados foi realizada de forma aleatória e estratificada ao longo do gradiente de altura das praias em relação ao nível do rio, buscando obter a maior amplitude de tamanho das fêmeas. Após o término da postura, as fêmeas foram retidas para a coleta de dados biométricos. Foram coletados os dados massa (M), em kg, comprimento retilíneo da carapaça (CRC), comprimento curvilíneo da carapaça (CCC), largura máxima da carapaça (LMC) e comprimento máximo do plastrão (CMP), medidos em centímetros com uso de paquímetro.

Para identificação individual, as fêmeas foram marcadas, por meio de cortes nos escudos da carapaça, seguindo o sistema numérico adaptado de Cagle (1939), e adotado pelo PQA para a bacia do Tapajós. Algumas delas também foram marcadas com microchips como complemento. Adicionalmente, foram registradas marcas naturais, tais como deformidades da carapaça e ausência de membros, comum no ambiente natural devido a predação de peixes nas fases imaturas e de predadores naturais na fase adulta, como jacaré-açu (*Melanosuchus niger*).

Em relação aos ninhos amostrados, foi contabilizado o total de ovos (NO) e selecionados aleatoriamente 20 ovos de cada ninho para registro do diâmetro (DO), em centímetros, e massa (MO), em gramas. A massa total da ninhada (MN) foi estimada pela média de massa e o total de ovos em cada ninho.

Concomitantemente, medimos as profundidades inicial (P1) e final (P2) dos ninhos, e a altura dos ninhos em relação ao nível do rio (ALT), em centímetros. Os ninhos foram cercados com estacas de madeira de 1,5 metros de comprimento e 7 cm de espessura, a fim de individualizá-los e evitar a sobreposição de posturas de outras fêmeas, o que afetaria a possibilidade de reconhecimento do ninho para o cálculo do sucesso reprodutivo.

Após o término da desova, os ninhos monitorados foram cercados com telas aramadas, utilizando as estacas como suporte, para possibilitar a contabilização dos filhotes eclodidos, obtendo, dessa forma, a taxa de eclosão.

Análise de dados

Através de regressões lineares simples (Zar, 1999), estabelecemos as relações alométricas entre as variáveis preditoras, como dados biométricos das fêmeas, e as variáveis respostas, como dados biométricos dos ovos e medidas dos ninhos. Para esses procedimentos, os dados foram log-transformados, conforme Iverson, Lindeman e Lovich (2019).

Para testar se houve diferença entre frequências das taxas de eclosão dos ninhos postados nas praias do André e do Monte Cristo, utilizamos o teste de Kolmogorov-Smirnov (ZAR, 1999), pois os dados não apresentam distribuição normal. Os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando o software Statistica, versão 7 (Statsoft, 2006), com um nível de significância de $\alpha < 0,05$ (ZAR, 1999).

Resultados

Coletamos os dados biométricos de 144 fêmeas, distribuídas ao longo das seguintes estações reprodutivas: 30 em 2013, 17 em 2014, 41 em 2015, 26 em 2018 e 30 em 2019, juntamente com seus respectivos ovos e ninhos. Vale ressaltar que os dados biométricos CMP, LMC, M, DO e ALT não apresentaram distribuição normal, conforme evidenciado nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Estatística descritiva e testes de normalidade de dados biométricos e número de ovos postados por *P. expansa*, coletados em 2013, 2014, 2015, 2018 e 2019, no Médio Tapajós.

	CCC	CRC	LMC	CMP	M	NO
N	144	144	144	144	144	144
Mínimo	57,00	55,60	42,20	45,40	10,00	34,00
Máximo	79,40	76,60	59,90	77,40	43,00	149,00
Média	66,43	63,64	48,95	55,98	24,58	87,87
Desvio Padrão	4,15	3,67	3,38	3,77	4,83	19,59
Mediana	66,45	63,55	48,90	56,15	24,45	87,00
p (normalidade)	0,071	0,054	0,017	0,000	0,004	0,474

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

CCC: comprimento curvilíneo da carapaça;

CRC: comprimento retilíneo da carapaça;

LMC: largura máxima da carapaça;

CMP: comprimento máximo do plastrão;

M: massa;

NO: número de ovos postados.

Tabela 2 – Estatística descritiva e testes de normalidade de dados biométricos de ovos postados por *P. expansa*, e das medidas dos respectivos ninhos, coletados nos anos de 2013, 2014, 2015, 2018 e 2019, no Médio Tapajós.

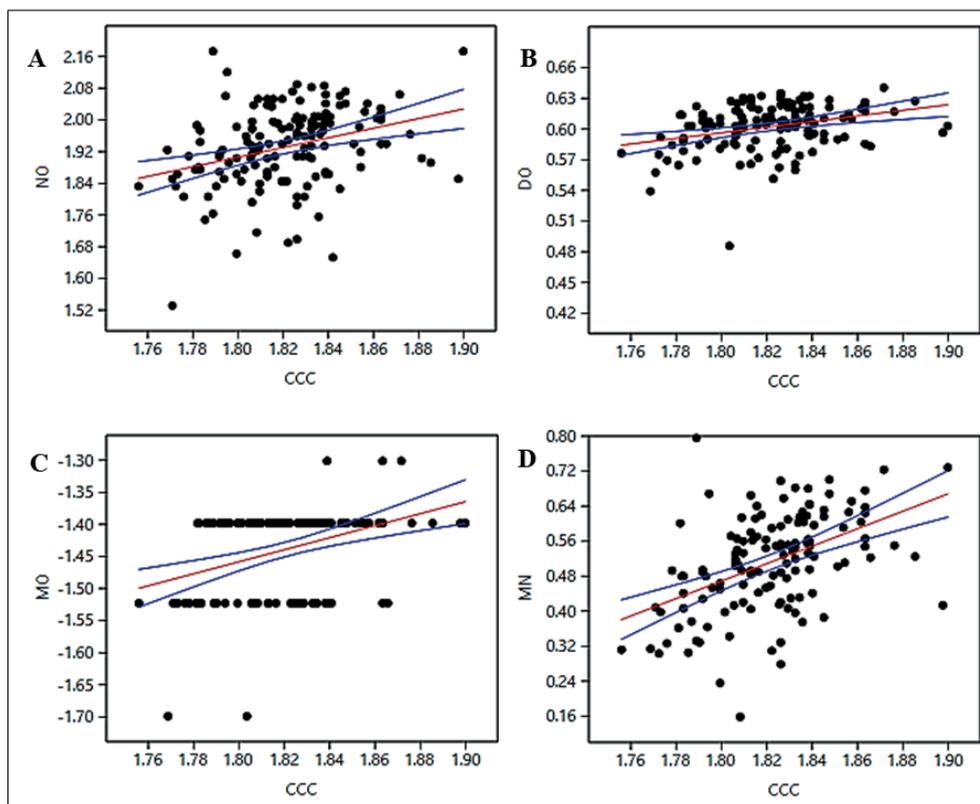
	DO	MO	MN	P1	P2	ALT
N	133	133	133	142	135	140
Mínimo	3,06	0,02	1,44	9,00	27,00	155,00
Máximo	4,37	0,05	6,25	71,00	92,00	1140,00
Média	4,01	0,04	3,36	41,45	59,76	508,87
Desvio Padrão	0,20	0,00	0,84	12,67	11,91	304,44
p (normalidade)	0,000	0,000	0,335	0,419	0,976	0,000

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

DO: diâmetro médio do ovo;
 MO: massa média do ovo;
 MN: massa total do ninho;
 P1: profundidade inicial;
 P2: profundidade final;
 ALT: altura em relação ao nível do rio.

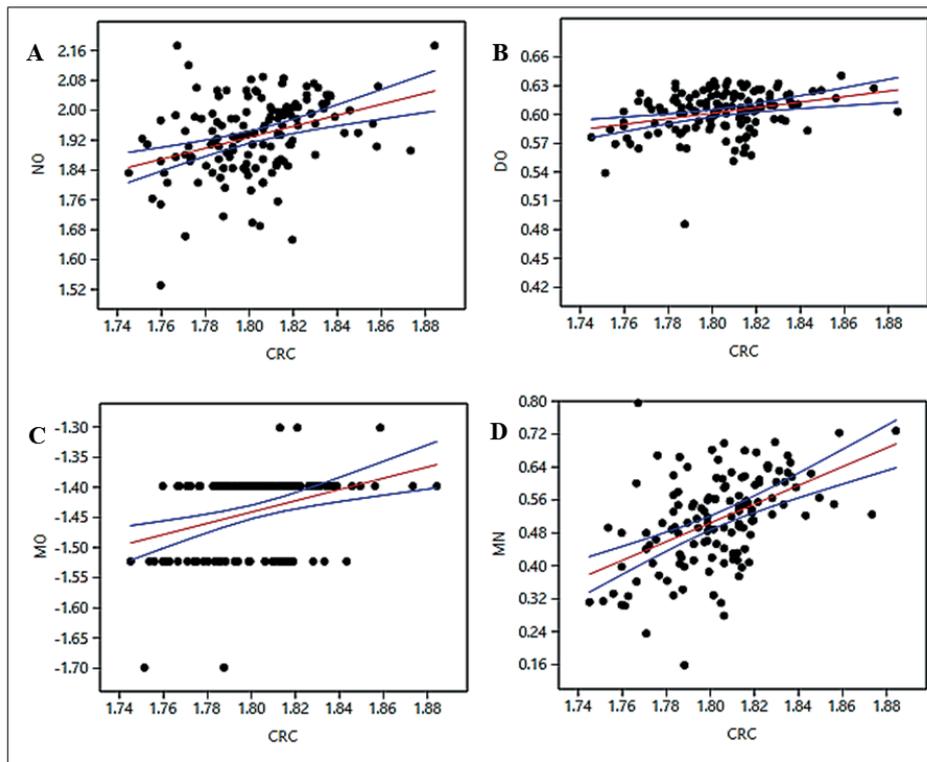
As regressões log-log revelaram uma correlação significativamente positiva entre os dados biométricos das fêmeas e suas respectivas ninhadas. No entanto não observamos tal correlação com as medidas dos ninhos, como ilustrado nas Figuras 2, 3, 4, 5 e 6.

Figura 2 - Relação entre comprimento curvilíneo da carapaça e número de ovos (A), diâmetro médio do ovo (B), massa média do ovo (C) e massa total do ninho (D), e respectivos intervalos de confiança (95%) (n = 144).



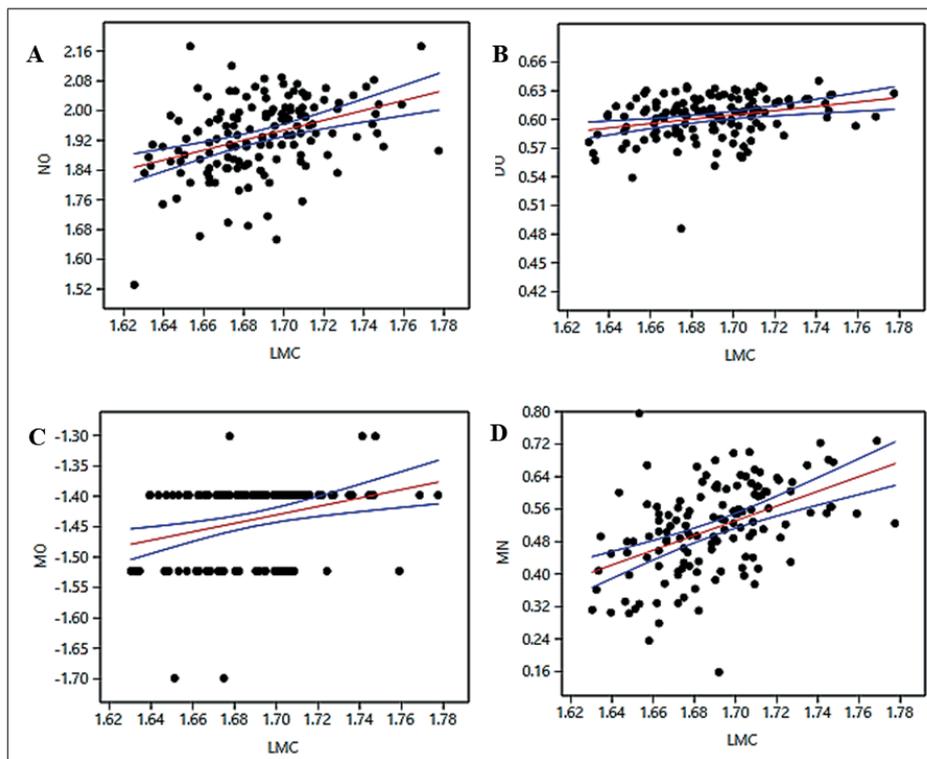
Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Figura 3 - Relação entre comprimento retilíneo da carapaça e número de ovos (A), diâmetro médio do ovo (B), massa média do ovo (C) e massa total do ninho (D), e respectivos intervalos de confiança (95%) (n = 144).



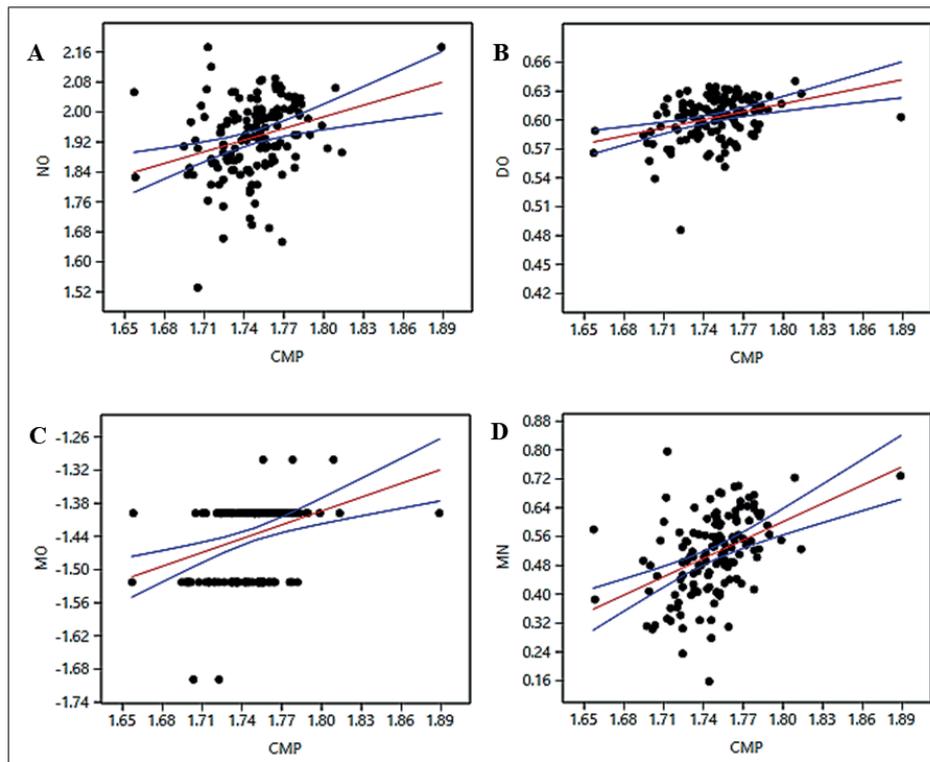
Fonte: Elaborado o autor, 2022

Figura 4 – Relação entre largura máxima da carapaça e número de ovos (A), diâmetro médio do ovo (B), massa média do ovo (C) e massa total do ninho (D), e respectivos intervalos de confiança (95%) (n = 144).



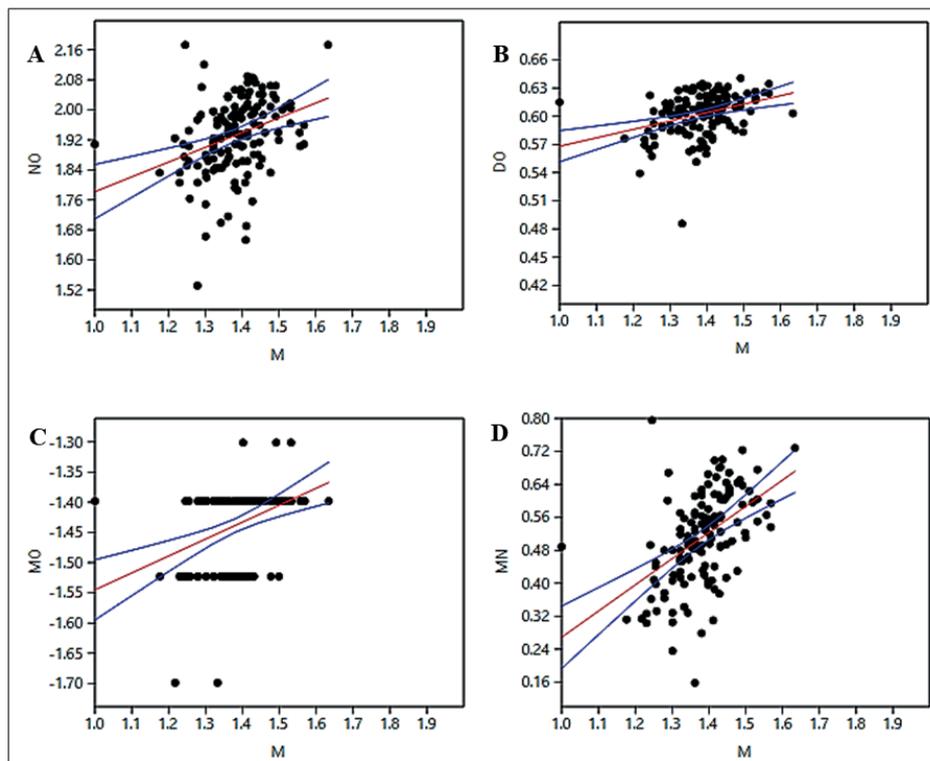
Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Figura 5 – Relação entre comprimento máximo do plastrão e número de ovos (A), diâmetro médio do ovo (B), massa média do ovo (C) e massa total do ninho (D), e respectivos intervalos de confiança (95%) (n = 144).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

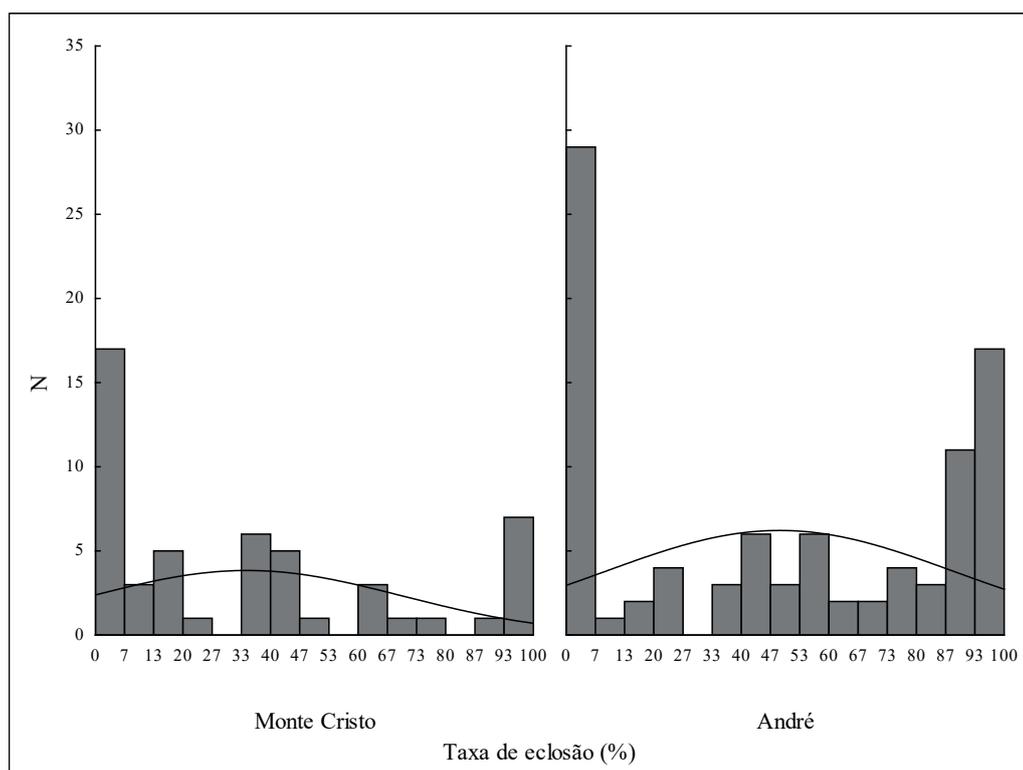
Figura 6 – Relação entre massa da fêmea e número de ovos (A), diâmetro médio do ovo (B), massa média do ovo (C) e massa total do ninho (D), e respectivos intervalos de confiança (95%) (n = 144).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

O tempo médio de incubação dos ninhos monitorados foi de 55 dias em 2013, 45 dias em 2014 e 2015, 51 dias em 2018 e 63 dias em 2019. Além disso, observamos que a taxa de eclosão dos ninhos monitorados na praia do André foi significativamente maior do que a dos ninhos monitorados na praia do Monte Cristo (N André = 93; N Monte Cristo = 51; $D = 0,20749$; $p = 0,025$; p Monte Cristo = $0,0387$) (Figura 7).

Figura 7 – Histogramas com ajuste de curva de normalidade das taxas de eclosão dos ninhos monitorados nas praias do Monte Cristo e do André, no Médio Tapajós, entre 2013 e 2019. (Praia do Monte Cristo N = 51; Praia do André N = 93).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Discussão

O tamanho mínimo reprodutivo das fêmeas no Médio Tapajós foi 11% maior do que o descrito no rio Trombetas (Alho; Pádua, 1982), sugerindo que atingem a maturidade mais tardiamente ou têm uma taxa de crescimento maior. No entanto, apresentaram tamanho médio similar às fêmeas dos rios Araguaia, Branco e Trombetas (CRC médio de 64,04 cm no rio Araguaia, 68,52 cm, no rio Branco e 66,96 cm no rio Trombetas) (Cantarelli, 2006). Já as fêmeas do rio Javaés, afluente do rio Araguaia, apresentaram média superior, com CRC médio de 71,9 cm (Portelinha et al., 2013).

O comprimento máximo do plastrão (CMP) também apresentou médias similares entre as fêmeas desses rios. Em relação a LMC, Cantarelli (2006) encontrou média similar no rio Araguaia, mas nos rios Branco e Trombetas foi maior. No Médio Tapajós, a massa média das fêmeas foi de 24,58 kg, semelhante à média do rio Araguaia (24,90 kg), porém menor que as médias do rio Branco 32,25 kg), do rio Trombetas (28,00 kg) (Cantarelli, 2006), e do rio Javaés (29,10 kg) (Portelinha et al., 2013).

O tamanho médio da ninhada de *P. expansa* no Médio Tapajós foi de 87,87, resultado semelhante ao encontrado no rio Trombetas, que foi de 91,5 (Alho; Pádua 1982a), e ligeiramente

menor que as médias encontradas no rio Caquetá, na Colômbia (Von Hildebrand; Saenz; Pehuela, 1988; Valenzuela, 2001b), nos rios Araguaia e Crixás-açu, localizados no estado de Goiás (Bonach; Piña; Verdade, 2006), e no rio Javaés (Portelinha et al., 2013), que variaram entre 103 e 105 ovos por ninho.

As similaridades e diferenças relacionadas ao formato da carapaça nas populações estudadas são consideradas adaptações fenotípicas ao ambiente em que são encontradas, conforme observado em populações de *P. unifilis* (Miorando; Giarrizzo; Pezzuti, 2016). Ressalta-se que essas populações também apresentam diferenciação genética, adquirida ao longo de gerações em sua história evolutiva em decorrência do isolamento pela distância geográfica (Pearse et al., 2006). Considerando que o formato da carapaça está relacionado à massa da fêmea, é possível que ocorra uma diferença de massa da ninhada ou do número de ovos postados.

Devemos considerar também que o investimento no número de ovos postados ou na massa individual de ovos pode ser reflexo da estratégia reprodutiva das populações de *P. expansa* para determinada série de períodos reprodutivos. Essa alocação de investimento reprodutivo pode ocorrer devido à oferta de alimentos disponíveis durante os períodos de cheia. Nessas épocas, as populações migram para áreas de alimentação, influenciadas pelo nível das águas nas planícies de inundação, o que, por sua vez, determina quais territórios são acessíveis ou o grau de degradação das áreas de alimentação (Iverson; Lindeman; Lovich, 2019).

No Médio Tapajós, P2 apresentou média de 59,76 cm, variando entre 27 cm e 92 cm, mostrando uma amplitude maior que dos ninhos de *P. expansa* monitorados nos rios Araguaia e Crixás, que variaram entre 37,5 e 83 cm (Bonach; Piña; Verdade, 2006), e do rio Javaés, que variou entre 53,7 e 64,8 cm (Ferreira Júnior; Castro; Castro, 2007) e posteriormente entre 46 e 101 cm (Portelinha et al., 2013). Ferreira Júnior e Castro (2006) sugeriram que tais diferenças ocorrem devido às características das praias utilizadas para desova, tais como altura em relação ao nível do rio e granulometria do substrato.

No entanto, essas divergências podem, também, ser atribuídas à metodologia aplicada por diferentes pesquisadores em seus estudos de alometria reprodutiva. Esse viés nos dados está relacionado à amplitude de tamanho das fêmeas selecionadas para o estabelecimento de relações alométricas reprodutivas e aos procedimentos de medição de profundidade de ninho adotados, mais especificamente na determinação do perfil da superfície da praia ao redor do ninho. Isso é particularmente relevante, visto que as fêmeas de *P. expansa* depositam grandes quantidades de areia ao redor do ninho durante o processo de escavação.

Nossos resultados apontaram correlação positiva entre a biometria das fêmeas e a ninhada. Valenzuela (2001b) e Portelinha et al. (2013) também encontraram resultados semelhantes, exceto para tamanho e massa médios dos ovos. No entanto, Portelinha et al. (2013) observaram que fêmeas maiores postam ovos mais pesados, embora não tenham encontrado significância nesta relação.

A teoria do tamanho ideal do ovo prevê que o aumento no investimento energético em reprodução reflete na quantidade de ovos postados em detrimento do tamanho individual do ovo (Smith; Fretwell, 1974; Brockelman, 1975). As relações alométricas reprodutivas estabelecidas neste artigo, portanto, corroboram a afirmação que se sustenta no estudo analítico de metadados de alometria reprodutiva de quelônios realizado por Iverson, Lindeman e Lovich (2019).

Como exemplo, este grupo de pesquisadores reanalisou os dados de Portelinha et al. (2013) log-transformados. Os testes de regressão log-log resultaram no estabelecimento de relações alométricas positivas entre o tamanho da fêmea e a massa média dos ovos, que foi observada originalmente por Portelinha et al. (2013), mas sem significância estatística utilizando os dados originais. Tais resultados sustentam a tese de que populações de quelônios apresentam relações

hipoalométricas entre comprimento da carapaça e quantidade, massa e tamanho médios dos ovos (Iverson; Lindeman; Lovich, 2019).

As taxas de eclosão dos ninhos de *P. expansa* monitorados nas praias do André e do Monte Cristo diferiram significativamente entre si. Esses resultados são consequências da influência de parâmetros ambientais, como a granulometria do substrato, que permanece constante ao longo dos anos, e da altura dos ninhos em relação ao nível do rio (Fonseca, 2022). Segundo Vanzolini (2003), nenhum evento de eclosão de *Podocnemis* spp. terá um sucesso reprodutivo perfeito, pois a mortalidade de ninhos pode ser causada por fatores intrínsecos, relacionados a falhas de fertilização ou outros tipos de inviabilidade do desenvolvimento embrionário, predação ou alagamento.

Além desses fatores, em grandes populações de *P. expansa*, a nidificação ocorre agregadamente, e a perda de ovos pela remoção de ninhos pré-existentes por outras fêmeas em processo de nidificação pode ser alta (Pantoja-Lima et al., 2009; Miorando et al., 2019). No entanto, este último fator foi neutralizado pela metodologia aplicada neste estudo.

O teste de regressão log-log apresentou significativa relação entre comprimento retilíneo da carapaça e massa média do ovo, corroborando resultados semelhantes encontrados por Bonach, Piña e Verdade (2006). Embora P1 e P2 de ninhos de *P. expansa* possam não ser fatores diretamente responsáveis pelo sucesso reprodutivo, eles se correlacionam significativamente com outras variáveis que influenciam no desenvolvimento embrionário, tais como temperatura, umidade e granulometria do substrato (Ferreira Júnior; Castro; Castro, 2007). Além disso, eles também estão relacionados à probabilidade de predação e à coleta ilegal, riscos existentes no Tabuleiro do Monte Cristo.

Níveis muito elevados de umidade reduzem o sucesso de eclosão, pois esse fator ambiental interfere nas trocas gasosas entre ovos e atmosfera do interior do ninho. Isso ocorre devido à saturação deste microambiente, conforme observado em diferentes espécies de quelônios aquáticos que desovam próximos a corpos hídricos (Plummer, 1976; Ratterman; Ackerman, 1989; Rimkus; Hruska; Ackerman, 2002).

No caso de quelônios de água doce na Amazônia, este fator pode se agravar com a ocorrência de fortes chuvas durante o período de incubação, que tendem a encharcar o solo e alagar ninhos de menor profundidade inicial, localizados mais próximos à superfície. Assim, em decorrência da posição do ovo no ninho determinar as taxas de trocas de gás e a umidade (Ferreira Júnior, 2009), ovos localizados mais externamente e no fundo do ninho são mais propensos ao alagamento do que os localizados próximos à superfície e no interior do ninho. Dependendo da intensidade e periodicidade das chuvas durante o período de incubação, esses ninhos podem ser perdidos parcial ou totalmente.

A estratégia de nidificação de *P. expansa* em locais mais altos dos sítios reprodutivos está intrinsecamente relacionada ao nível do rio durante o período de desova e visa aumentar suas chances de sucesso reprodutivo ao evitar o alagamento que ocorre nos locais mais baixos das praias e dos bancos de areia (Ferreira Júnior; Castro, 2003; 2005; Ferreira Júnior, 2009). Fonseca (2022) encontrou que a altura do ninho em relação ao nível do rio correlacionou positivamente com a taxa de eclosão de *P. expansa*, assim como Pantoja-Lima et al. (2009) e Ferreira Júnior e Castro (2010).

A mesma estratégia também foi observada para *P. sextuberculata* (Pezzuti; Vogt, 1999) e *P. unifilis* (Pignati et al., 2013). Dessa forma, é indispensável analisar ALT em associação com o próprio nível do rio, pois para os quelônios de água doce que desovam nas margens dos corpos hídricos, uma das principais causas da perda natural de ninhos é o alagamento decorrente de cheias prematuras, que atingem os ninhos antes da eclosão dos ovos (Ferreira Júnior, 2009). Esse fator

pode ser particularmente agravado com a ocorrência de repiquetes, que são aumentos repentinos do nível do rio capazes de comprometer todos os ninhos de um determinado sítio reprodutivo que não seja elevado o suficiente, como registrado por Alho e Pádua (1982) e Von Hildebrand, Saenz e Pehuela (1988).

Em anos em que o nível do rio Tapajós se tornou fator limitante para o sucesso reprodutivo de *P. expansa*, a probabilidade de um ninho postado na praia do André ter sido alagado foi consideravelmente maior do que no Monte Cristo, devido à diferença de cerca de dois metros de altura entre elas. Isso resultou na perda total dos ninhos postados mais próximos ao nível do rio, ou mesmo de todos os ninhos, como observado no período reprodutivo de 2018.

No entanto, em anos em que o nível do rio não representou ameaça de alagamento aos ninhos postados, o sucesso reprodutivo de *P. expansa* foi consideravelmente maior na praia do André. Essa praia apresentou taxas de eclosão frequentemente próximas a 100%, em relação às taxas de eclosão de ninhos postado na praia do Monte Cristo. Um exemplo disso foi o período reprodutivo de 2015 (Fonseca, 2022).

Segundo Iverson, Lindeman e Lovich (2019), quelônios geralmente não buscam maximizar seu investimento energético em reprodução no curto prazo, a fim de aumentá-lo a longo prazo. Portanto, é necessário monitorar continuamente diferentes populações naturais para identificar alterações nas relações alométricas reprodutivas daquelas suscetíveis a variações ambientais severas e compará-las com as que vivem em ambientes mais previsíveis, por meio de análises de metadados.

No caso da população de *P. expansa* do Médio Tapajós, o monitoramento reprodutivo contínuo também permitirá identificar a plasticidade das relações alométricas entre fêmeas e ninhadas, considerando a tendência de aumento do tamanho médio das fêmeas adultas no decorrer dos anos.

Conclusão

Concluimos que as fêmeas de *P. expansa* que desovam no tabuleiro do Monte Cristo apresentam relações alométricas positivas com sua ninhada, e que fatores ambientais e populacionais influenciam em seu sucesso reprodutivo. Essa relação positiva tende a apresentar flutuações em nível populacional ao longo dos anos e deve ser frequentemente monitorada para observar se eventos climáticos capazes de alterar o pulso de inundação influenciam no investimento desta população em reprodução.

A altura do ninho em relação ao nível do rio e a qualidade do substrato são fatores ambientais limitantes e devem também ser monitorados. Entendemos que é necessário estudar o efeito da desova agregada em associação a métodos de estimativa de perdas de ninho, a fim de incluir esse fator em futuras análises de sucesso reprodutivo. Considerando que a granulometria do solo exerce influência na troca gasosa entre ovo e atmosfera interna do ninho, na temperatura de incubação e na retenção de umidade, recomendamos a coleta periódica de amostras de substrato das praias de desova e a inclusão do registro da temperatura e umidade de incubação dos ninhos monitorados no protocolo de monitoramento reprodutivo do PQA, ou a realização de estudos futuros com esse objetivo.

Para ampliar as ações de conservação de *P. expansa*, é necessário que o PQA avalie potenciais locais de desova na calha do rio Tapajós, mais precisamente a ocorrência de praias com granulometria, área e altura favoráveis. Isso possibilitaria a indução da desova com a finalidade de aumentar o número de sítios reprodutivos da espécie na região.

Agradecimentos

Gostaríamos de expressar a nossa sincera gratidão aos analistas ambientais Paulo Lopes Ribeiro e Rodrigo Numeriano de Souza, às biólogas Daniela Bianchi, Elaine Cristina da Silva Oliveira, Luiza Magalhães Figueira e Poliane Batista da Silva, aos alunos da Universidade Federal do Oeste do Pará Álvaro dos Santos Moreira, Andressa Kelly Silva de Jesus, Antônia dos Santos Costa, Cíntia Raissa dos Santos Wanderlei, Darliane Campos dos Santos, Darliene Araújo Prata, Luziana Rebelo da Silva, Atos Fábio da Silva, Graziela Vivine Gonçalves de Mota Silva, Heloína Pimentel de Sousa e Inácio Barros Júnior, aos monitores de praia do Programa Quelônios da Amazônia do Pará Antônio Souza de Araújo Filho “Tonho”, Ocenildo Silva Gonçalves “Bereta”, João Correa Moraes “Dunga”, Joarlison da Silva Moraes “Mirim” e José Sousa Lima Costa “Zeca”, pela colaboração inestimável nas coletas de dados de campo.

Nossos agradecimentos especiais ao Programa Quelônios da Amazônia do Pará pelo apoio logístico fundamental na coleta de dados.

Referências

- ALHO, C. J. R.; PÁDUA, L. F. M. Reproductive parameters and nesting behavior of the Amazon turtle *Podocnemis expansa* (Testudinata: Pelomedusidae) in Brazil. **Canadian Journal of Zoology**, v. 60, n. 1, p. 97-103. 1982a.
- ALHO, C. J. R.; PÁDUA, L. F. M. Sincronia entre o regime de vazante do rio e o comportamento de nidificação de tartaruga de Amazônia *Podocnemis expansa* (Testudinata: Pelomedusidae). **Acta Amazônica**, v. 12, p. 323-326. 1982b.
- ALHO, C. J. R.; DANNI T. M. S.; PÁDUA, L. F. M. Temperature-dependent sex determination in *Podocnemis expansa* (Testudinata: Pelomedusidae). **Biotropica**, v. 17, n. 1, p. 75-78. 1985.
- ALVES JÚNIOR J.; LUSTOSA, A.; BOSSO, A.; BALESTRA, R. A. M.; BASTOS, L.; MIRANDA L.; SANTOS, A. Reproductive indices in natural nests of giant Amazon river turtles *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) (Testudines, Podocnemididae) in the Environmental Protection Area Meanders of the Araguaia river. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n. 1, p. 199-203. 2012.
- BERNHARD, R.; LIMA, M. A.; BALESTRA, R. A. M.; FERRARA, C. R.; BERNARDES, V. C. D.; LUSTOSA, A. P. G. Monitoramento da nidificação e manejo de ovos de quelônios amazônicos. **Manejo conservacionista e monitoramento populacional de quelônios amazônicos**. Ed. Ibama, Brasília, Brasil, p. 11-14. 2016.
- BONACH, K.; PIÑA, C. I.; VERDADE, L. M. Allometry of reproduction of *Podocnemis expansa* in Southern Amazon basin. **Amphibia-Reptilia**, v. 27, n. 1, p. 55-61. 2006.
- BONACH, K.; LEWINGER, J. F.; SILVA, A. P.; VERDADE, L. M. Physical Characteristics of Giant Amazon Turtle (*Podocnemis expansa*) Nests. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 6, n. 2, p. 252-255. 2007.
- BROCKELMAN, W. Y. Competition, the fitness of offspring, and optimal clutch size. **American Naturalist**, v. 109, n. 970, p. 667-699. 1975.
- CAGLE, F. R. A system of marking turtles for future identification. **Copeia** v. 3, p. 170-173. 1939.
- CANTARELLI, V. H. **Alometria reprodutiva da tartaruga-da-Amazônia (*Podocnemis expansa*): bases biológicas para o manejo**. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo – USP, Brasil. 2006.
- CARNEIRO, C. C.; PEZZUTI, J. C. B. *Podocnemis expansa* post-reproductive migration. **Herpetological Review**, v. 46, p. 244-245. 2015.

- CARVALHO, J. O. P.; SILVA, J. N. M.; LOPES, J. C. A. Growth rate of a terra firme rain forest in Brazilian Amazonia over an eight-year period in response to logging. **Acta Amazonica**, v. 34, n. 2, p. 209-217. 2004.
- FARELLA, N.; LUCOTTE, M.; LOUCHOUARN, P.; ROULET, M. Deforestation modifying terrestrial organic transport in the Rio Tapajós, Brazilian Amazon. **Organic Geochemistry**, v. 32, n. 12, p. 1443-1458. 2001.
- FERRARA, C. R.; SCHNEIDER, L.; VOGT, R. C. Natural history notes: *Podocnemis expansa* (pre-nesting basking behavior). **Herpetological Review**, v. 41, n. 1, p. 72. 2010.
- FERRARA, C. R.; FAGUNDES, K. F.; OCARTTY, T. Q.; VOGT, R. C. **Quelônios Amazônicos: Guia de identificação e distribuição**. Ed. Wildlife Conservation Society, Manaus, Brasil, pp. 122. 2017.
- FERREIRA JÚNIOR, P. D.; CASTRO, P. D. T. A. Geological control of *Podocnemis expansa* and *Podocnemis unifilis* nesting areas in Rio Javaés, Bananal Island, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 33, p. 445-468. 2003.
- FERREIRA JÚNIOR, P. D.; CASTRO, P. D. T. A. Nest placement of the giant Amazon river turtle, *Podocnemis expansa*, in the Araguaia River, Goiás State, Brazil. **Ambio**, p. 212-217. 2005.
- FERREIRA JÚNIOR, P. D.; CASTRO, A. Z.; CASTRO, P. T. A. The importance of nidification environment in the *Podocnemis expansa* and *Podocnemis unifilis* phenotypes (Testudines: Podocnemididae). **South American Journal of Herpetology**, v. 2, n. 1, p. 39-46. 2007.
- FERREIRA JÚNIOR, P. D. Efeitos de fatores ambientais na reprodução de tartarugas. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 2, p. 319-334. 2009.
- FERREIRA JÚNIOR, P. D.; CASTRO, P. T. A. Nesting ecology of *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) and *Podocnemis unifilis* (Troschel, 1848) (Testudines, Podocnemididae) in the Javaés River, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 1, p. 85-94. 2010.
- FONSECA, R. A. **Ecologia e Conservação de *Podocnemis expansa* (Testudines, Podocnemididae) no Médio Tapajós, Brasil**. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Brasil. 2022.
- IVERSON, J. B. **A Checklist with Distribution Maps of the Turtles of the World**. Privately printed, Richmond, Indiana, EUA, pp. 363. 1986.
- IVERSON, J. B.; LINDEMAN, P. V.; LOVICH, J. E. Understanding reproductive allometry in turtles: A slippery “slope”. **Ecology and evolution**, v. 9, n. 20, p. 11891-11903. 2019.
- MIORANDO, P. S.; GIARRIZZO, T.; PEZZUTI, J. C. B. Population structure and allometry of *Podocnemis unifilis* (Testudines, Podocnemididae) in a protected area upstream Belo Monte dam in Xingu River, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, n. 4, p. 2067-2079. 2016.
- MIORANDO, P. S.; LACAVALA, R. V. L.; FONSECA, R. A. First Report of Female Giant South American River Turtles (*Podocnemis expansa*) Being Buried Alive During Nesting. **Chelonian Conservation and Biology**, 18: p. 82–85. 2019.
- PÁDUA, L. F. M.; ALHO, C. J. R. Avaliação do Comportamento de Nidificação em *Podocnemis expansa* (Testudinata, Pelomedusidae) durante cinco anos em áreas de proteção. Reserva Biológica do Rio Trombetas, Pará. **Brasil Florestal**, v. 13, n. 59, p. 59-61. 1984.
- PANTOJA-LIMA, J.; JUAREZ, C. B. P.; TEIXEIRA, A. S.; FÉLIX-SILVA, D.; REBÊLO, G. H.; MONJELÓ, L. A. S.; KEMENES, A. Selección de locales de nidificación y sobrevivencia de los nidos de las tortugas *Podocnemis* del bajo río Purus, Amazonas, Brasil. **Revista Colombiana de Ciencia Animal**, v. 1, n. 1, p. 37-59. 2009.
- PEARSE, D. E.; ARNDT, A. D.; VALENZUELA, N.; MILLER, B. A.; CANTARELLI, V.; SITES JR, J. W. Estimating population structure under nonequilibrium conditions in a conservation context: continent-wide population genetics of the giant Amazon river turtle, *Podocnemis expansa* (Chelonia; Podocnemididae). **Molecular Ecology**, v. 15, n. 4, p. 985-1006. 2006.

- PEZZUTI, J. C. B.; VOGT, R. C. Nesting ecology of *Podocnemis sextuberculata* (Testudines, Pelomedusidae) in the Japurá River, Amazonas, Brazil. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 3, n. 3, p. 419-424. 1999.
- PIGNATI, M. T.; FERNANDES, L. F.; MIORANDO, P. S.; FERREIRA, P. D.; PEZZUTI, J. C. B. Nesting site and hatching success of *Podocnemis unifilis* (Testudines: Podocnemididae) in a floodplain area in lower Amazon River, Pará, Brazil. **South American Journal of Herpetology**, v. 8, n. 3, p. 175-185. 2013.
- PLUMMER, M. V. Some aspects of nesting success in the turtle, *Trionyx muticus*. **Herpetologica**, v. 32, n. 4, p. 353-359. 1976.
- PORTELINHA, T. C.; MALVÁSIO, A.; PIÑA, C. I.; BERTOLUCI, J. Reproductive allometry of *Podocnemis expansa* (Testudines: Podocnemididae) in southern Brazilian Amazon. **Journal of Herpetology**, v. 47, n. 2, p. 232-236. 2013.
- RATTERMAN, R. J.; ACKERMAN, R. A. The water exchange and hydric microclimate of painted turtle (*Chrysemys picta*) eggs incubating in field nests. **Physiological Zoology**, v. 62, n. 5, p. 1059-1079. 1989.
- RHODIN, A. G. J.; VAN DIJK, P. P.; IVERSON, J. B.; SHAFFER, H. B. Turtles of the world, 2010 update: annotated checklist of taxonomy, synonymy, distribution, and conservation status. **Chelonian Research Monographs**, v. 5, n. 3, p. 85-164. 2010.
- RIMKUS, T. A.; HRUSKA, N.; ACKERMAN, R. A. Separating the effects of vapor pressure and heat exchange on water exchange by snapping turtle (*Chelydra serpentina*) eggs. **Copeia**, v. 2002, n. 3, p. 706-715. 2002.
- SMITH, C. C.; FRETWELL, S. D. The optimal balance between size and number of offspring. **American Naturalist**, v. 108, n. 962, p. 499-506. 1974.
- SANTOS, C.; BARROS, I.; WANZELER, R. T.; SERRÃO, E.; FARIAS, M.; LIMA, A. Regionalização hidroclimatológica da bacia hidrográfica do Rio Tapajós. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 91, n. 1, p. 32-51. 2015.
- STATSOFT, I. Statistica 7. Tulsa, EUA: Statsoft Inc., 2006.
- VALENZUELA, N. Constant, shift, and natural temperature effects on sex determination in *Podocnemis expansa* turtles. **Ecology**, v. 82, n. 11, p. 3010-3024. 2001a.
- VALENZUELA, N. Maternal effects on life-history traits in the Amazonian giant river turtle *Podocnemis expansa*. **Journal of Herpetology**, v. 35, n. 3, p. 368-378. 2001b.
- VANZOLINI, P. E. On clutch size and hatching success of the South American turtles *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) and *P. unifilis* (Troschel, 1848) (Testudines, Podocnemididae). **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, v. 75, p. 415 – 430. 2003.
- VON HILDEBRAND, P.; SAENZ, C.; PEHUELA, M. C.; CARO, C. Biología reproductiva y manejo de la tortuga Charapa (*Podocnemis expansa*) en el bajo río Caqueta. **Colombia Amazonica**, v. 3, n. 1, p. 89-102. 1988.
- ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**, 4th edition prentice-hall, New Jersey, EUA, pp.199, 1999.



O efeito dissuasório da multa ambiental e sua função balizadora na aplicação da conversão de multas ambientais

Alessandro Piazza Pinheiro¹

Resumo

O presente artigo tem como objetivo analisar o efeito dissuasório da multa ambiental e sua atuação como balizador na decisão de aplicação ou não da conversão de multas ambientais no exercício do poder de polícia ambiental pela Administração Pública. Para tal fim, parte-se de um panorama geral da formação e constituição da tutela jurídica do meio ambiente. A partir desse ponto, a pesquisa é direcionada para o âmbito da tutela administrativa ambiental, com a apresentação da responsabilização administrativa como instrumento de proteção e efetivação do direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado. O enfoque, então, é atribuído à multa simples, enquanto espécie de sanção administrativa ambiental aplicada diante da verificação de práticas transgressivas na esfera administrativa. Tal espécie de penalidade, como será demonstrado, pode ser substituída por sua conversão em serviços de preservação, melhoria e recuperação da qualidade do meio ambiente, tendo, como um de seus elementos balizadores, o efeito dissuasório da multa ambiental. Ao final, conclui-se que a medida adequada a cada situação transgressiva deflagrada pelo poder de polícia ambiental depende dos custos empreendidos pela Administração no exercício dessa atividade e da relação dos mesmos com a obtenção dos resultados pretendidos a partir de tais custos.

Palavras-chave: Poder de polícia ambiental; multa ambiental; efeito dissuasório; conversão de multas ambientais.

Abstract

The present article aims to analyze the deterrent effect of environmental fines and their role as a guiding factor in the decision to apply or not the conversion of environmental fines in the exercise of environmental police power by the Public Administration. To this end, it starts with a general overview of the formation and establishment of the legal protection of the environment. From this point on, the research focuses on the scope of environmental administrative protection, presenting administrative liability as an instrument for protecting and ensuring the right to an ecologically balanced environment. The emphasis is then placed on the simple fine as a type of environmental administrative sanction applied in response to transgressive practices in the administrative sphere. As demonstrated, this type of penalty can be replaced by its conversion into preservation, improvement,

¹ Bacharel em Direito pela Universidade Estadual do Tocantins – UNITINS. Especialista em Direito e Processo Tributário e em Direito Ambiental pela Faculdade CERS. Analista Ambiental no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. E-mail: alessandro.pinheiro@ibama.gov.br

and quality restoration environmental services, with one of its guiding elements being the deterrent effect of environmental fines. In conclusion, the appropriate measure for each transgressive situation triggered by environmental police power depends on the costs incurred by the Administration in exercising this activity and their relationship with achieving the intended results from such costs.

Keywords: Environmental police power; environmental fine; deterrent effect; conversion of environmental fines.

Introdução

O paradigma jurídico-constitucional inaugurado a partir da promulgação da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 (CRFB/88) no âmbito do direito ambiental representou grande avanço na tutela jurídica do meio ambiente, elevando-o ao *status* constitucional de direito fundamental ao prever o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado enquanto direito de todos.

A partir da norma constitucional, a Natureza passa a ocupar novo espaço na ordem jurídica brasileira, estabelecendo o mandamento e o dever de sua proteção, com efeitos sobre todas as instâncias normativas. Estas são incumbidas de assegurar níveis de proteção compatíveis com a relevância atribuída ao bem ambiental.

Dessa forma, cabe à legislação ambiental criar e efetivar os instrumentos adequados para a concretização da tutela objetivada, dentre os quais se encontra a responsabilidade administrativa ambiental, prevista constitucionalmente no § 3º do art. 225 da CRFB/88.

Para a concretização de tal instrumento, os órgãos ambientais competentes exercem o poder de polícia ambiental sobre todas as condutas e atividades que possam causar danos ao meio ambiente, apurando infrações administrativas e aplicando as respectivas penalidades previstas em lei.

A multa simples, enquanto espécie de sanção administrativa ambiental, possui como um de seus objetivos o efeito dissuasório da prática transgressiva. Esse elemento também constitui um critério a ser considerado pela autoridade competente para o deferimento de sua conversão em serviços de preservação, melhoria e recuperação da qualidade do meio ambiente.

Assim, diante da alternativa entre a aplicação de multa simples ou sua conversão em serviços ambientais em face da constatação de condutas enquadradas como infrações administrativas ambientais, cuja decisão, a ser proferida pela autoridade competente é balizada, entre outros critérios legais, pelo efeito dissuasório das multas ambientais, questiona-se: a conversão de multas ambientais pode garantir maior efeito dissuasório na tutela administrativa do meio ambiente em comparação com a aplicação da sanção administrativa de multa simples?

O objetivo geral da presente pesquisa consiste em efetuar uma análise comparativa entre a aplicação da sanção administrativa ambiental de multa simples e a conversão de multas ambientais, observando as implicações do efeito dissuasório na escolha da medida mais eficaz para o exercício da tutela ambiental.

Como objetivos específicos, a pesquisa visa a explicar o meio ambiente como bem tutelado juridicamente; introduzir a sistemática de responsabilização administrativa pelo exercício do poder de polícia ambiental; apresentar a multa simples como sanção administrativa ambiental e a conversão de multas ambientais; e analisar a multa simples comparativamente à sua conversão em serviços de proteção do meio ambiente, enfatizando o efeito dissuasório como critério de decisão da medida aplicada.

Para o desenvolvimento da pesquisa, utilizou-se o método dedutivo, com abordagem qualitativa e natureza exploratória. A coleta dos dados foi efetuada a partir do emprego da técnica de pesquisa bibliográfica.

A estruturação do presente artigo se dará em três capítulos. No primeiro, será abordada a tutela jurídica do meio ambiente no ordenamento jurídico brasileiro; no segundo, serão explanadas a multa simples e a conversão de multas ambientais como instrumentos de responsabilização administrativa ambiental; e, no terceiro capítulo, dissertar-se-á sobre o efeito dissuasório da multa ambiental e sua função balizadora na aplicação da conversão de multas ambientais.

A tutela do meio ambiente no ordenamento jurídico brasileiro

A tutela do meio ambiente pelo Direito, no âmbito de uma disciplina jurídica autônoma, consiste em uma construção contemporânea, erigida em resposta aos problemas vislumbrados e percebidos a partir da dinâmica social à qual o mundo tem se orientado.

A realidade contemporânea é caracterizada por um modelo de desenvolvimento que, em geral, preconiza a acumulação de capital em sua busca por um crescimento contínuo e linear. Sob esse aspecto, é inegável que o sistema econômico capitalista se mostrou especialmente eficiente na acumulação de riqueza, na geração de excedentes e na expansão. Essa expansão, porém, só foi alcançada a grandes custos. Entre suas principais consequências indesejadas, estão a opressão de grupos minoritários, a crescente desigualdade econômica, a reprodução e consequente naturalização de várias formas de desigualdade social e a exploração e destruição da Natureza, da qual são retirados os “recursos” para a manutenção dos altos padrões de produção e consumo capitalistas.

Embora parte da teoria econômica insista na capacidade autorreguladora do mercado, a prática mostra que o próprio sistema econômico capitalista não foi bem-sucedido em impor limites à sua atividade quando tais limites ameaçavam a acumulação imediata de capital (Marques, 2016). De particular interesse para nós é a degradação ambiental, que gera consequências indesejadas muito palpáveis para os “criadores” ou operadores desse sistema.

Tais impactos refletem não somente na vida humana, mas também em todas as outras formas de vidas e na Natureza, da qual todos fazemos parte. Ademais, “[...] o homem não pode estar em paz consigo mesmo enquanto estiver em guerra com a natureza” (Milaré, 2007, p. 736).

Nesse sentido, ideia de desenvolvimento percorre o caminho respaldado pelo mesmo sistema econômico, tem como principal premissa o crescimento contínuo a partir da obtenção e acumulação de riquezas. Segundo Silva,

O desenvolvimento econômico tem consistido, para a cultura ocidental, na aplicação direta de toda a tecnologia gerada pelo Homem no sentido de criar formas de substituir o que é oferecido pela Natureza, com vista, no mais das vezes, à obtenção de lucro em forma de dinheiro; e ter mais ou menos dinheiro é, muitas vezes, confundido com melhor ou pior qualidade de vida (Silva, 2004, p. 25).

De acordo com o autor, tal efeito, no Estado Brasileiro, ocorre em razão da importação de modelos de desenvolvimento de países que possuem características físicas e humanas diversas, sendo aqui aplicados sem considerar as singularidades do país (Silva, 2004).

Para Milaré (2007), a fascinação ocasionada pelos avanços tecnológicos relega para segundo plano a devida atenção e cuidado com a Natureza. Uma vez que nem todas as tecnologias

desenvolvidas possuem a necessária segurança ambiental, o equilíbrio entre os valores acaba por resultar em desvantagem ao meio ambiente, notadamente diante de riscos potenciais ou impactos não previstos.

Diante desse contexto, visando à prevenção e cura dos males que acometem a Natureza no mundo contemporâneo, o Direito surge como uma terapia ecológica. Ele age por meio da aplicação de normas que incorporam os valores de convivência harmônica entre o ser humano e a Natureza, para “coibir, com regras coercitivas, penalidades e imposições oficiais, a ordem e a preponderância dos poderosos (poluidores, no caso)” (Milaré, 2007, p. 735).

No ordenamento jurídico brasileiro, a introdução dos valores de proteção ambiental se deu de modo indireto, não tendo como objetivo precípuo, em um primeiro momento, a tutela de um bem jurídico compreendido holisticamente como o meio ambiente, mas sim a proteção de valores a ele relacionados.

Segundo Sarlet e Fensterseifer (2021), a evolução da legislação ambiental brasileira pode ser compreendida em um modelo composto por quatro fases legislativas.

A primeira fase proposta pelos autores consiste na *fase fragmentária-instrumental*, a qual remete ao período anterior à edição da Lei Federal nº 6.938/1981. Nesse momento, ainda não se verifica a existência de um sistema legislativo ecológico com a consagração dos respectivos valores no âmbito jurídico. Os interesses que respaldavam a regulamentação do uso de “recursos” naturais não tinham como fundo a proteção ecológica, mas sim elementos correlatos, atrelados, principalmente, à ordem econômica e à saúde pública, evidenciando a predominância de uma visão unicamente instrumental e utilitarista da Natureza (Sarlet; Fensterseifer, 2021).

A construção de uma fundamentação teórica para a gestão dos “recursos” naturais pautada na saúde pública, anteriormente à concepção do bem ambiental como objeto de tutela jurídica, é bem elucidada pelos ensinamentos de Benjamin:

Faltando uma base incontroversa de apoio na Constituição, o legislador ordinário foi buscar suporte na salvaguarda da *saúde*, sob o argumento de que ela não pode ser assegurada em ambiente degradado. Ou seja, degradação ambiental seria sinônimo de degradação sanitária. Uma argumentação de cunho estritamente homocêntrico, com indisfarçável conteúdo economicista e utilitarista (Benjamin, 1999, pp. 03-04).

A partir da promulgação da Lei Federal nº 6.938/1981, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), demarca-se o início da *fase sistemático-valorativa*, a qual representa o marco inicial do Direito Ambiental brasileiro, com a efetiva internalização dos valores ecológicos ao ordenamento jurídico. A edição do aludido diploma normativo caracteriza uma mudança na proteção jurídica do meio ambiente, a qual deixa de ser fragmentária, passando este a ser concebido como um bem jurídico autônomo, tutelado por uma normativa consolidada, constituída por objetivos, princípios, instrumentos gerais etc. (Sarlet; Fensterseifer, 2021).

Em sua formulação, Benjamin denomina a fase correspondente à indicada como *holística*, momento em que, segundo o autor, “o meio ambiente passa a ser protegido de maneira integral, vale dizer, como sistema ecológico integrado (resguardam-se as partes a partir do todo) e com autonomia valorativa (é, em si mesmo, bem jurídico)” (Benjamin, 1999, p. 03).

A terceira fase, conforme a classificação de Sarlet e Fensterseifer (2021), consiste na *fase da “constitucionalização” da proteção ambiental*. Nesta, destaca-se a introdução, na Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, da tutela do meio ambiente ecologicamente equilibrado,

com especial previsão em seu art. 225, consagrando a tutela constitucional ambiental (Sarlet; Fensterseifer, 2021).

A partir desse período, passam os valores ecológicos a assumir centralidade no ordenamento jurídico brasileiro, irradiando seus efeitos sobre todas as normas infraconstitucionais e influenciando todos os ramos jurídicos, notadamente diante da concepção do direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado como um direito-dever fundamental (Sarlet; Fensterseifer, 2021).

A última fase aduzida por Sarlet e Fensterseifer (2021) consiste em uma formulação recente. Trata-se da denominada *fase legislativa "Ecocêntrica"*, a qual tem como principal característica uma transição paradigmática rumo a um "Direito Ecológico", marcada pelo reconhecimento de valores intrínsecos e direitos aos animais não humanos e à Natureza.

No âmbito da tutela constitucional ambiental, destaca-se que a Constituição Federal de 1988 representou importante papel ao ser a primeira da República Federativa do Brasil a tratar deliberadamente sobre a matéria, trazendo, em seu texto, um capítulo específico sobre o meio ambiente, composto unicamente pelo art. 225 e seus parágrafos, apesar de o assunto permear horizontalmente por diversos outros dispositivos igualmente relevantes para a sua compreensão.

Afirma Antunes (2019) que a Constituição Federal de 1988 busca harmonizar as diversas disposições atinentes à tutela ambiental, devendo suas normas ambientais serem interpretadas a partir das diferentes conexões materiais e de sentido que apresentam, se expandindo, até mesmo, para outras áreas do Direito.

O direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, ponto focal da tutela constitucional do meio ambiente, é constituído por diversos aspectos que constituem sua natureza e sintetizam o relevante valor ecológico que expressa no interior da ordem jurídica.

Para Silva (2004), o art. 225 da Constituição Federal guarda, em sua estrutura, três conjuntos de normas. O primeiro, identificado em seu *caput*, descreve a *norma-princípio* ou *norma matriz*, na qual se afirma o direito de todos ao meio ambiente ecologicamente equilibrado.

O segundo conjunto normativo se encontra inscrito no § 1º do art. 225, no qual são estabelecidos os instrumentos de garantia da efetividade do direito previsto no *caput*. Tratam-se, segundo o autor, de normas-instrumento da eficácia da norma-princípio, outorgando direitos e impondo deveres que orientam e determinam a ação do Poder Público para a garantia do direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado (Silva, 2004).

O terceiro, por sua vez, se encontra previsto nos §§ 4º a 6º do art. 225. Consiste, segundo o autor, em um conjunto de determinações particulares sobre os objetos e setores referidos nas disposições, os quais constituem elementos sensíveis que demandam maior proteção pela ordem constitucional, uma vez que demonstram elevado conteúdo ecológico (Silva, 2004).

É importante destacar que a classificação formulada não considera o § 7º introduzido ao art. 225 posteriormente, pela Emenda Constitucional nº 96, de 2017. O dispositivo em questão não se insere em nenhum dos conjuntos de normas apontados por Silva (2004), constituindo, em verdade, determinação específica e complementar ao § 1º, na medida em que traça contornos à sua aplicação em face de critérios socioculturais. A particularidade apresentada permite a compreensão desse elemento em uma tipologia própria, relacionada ao delineamento da tutela ambiental frente a outros bens jurídicos tutelados.

O direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado possui, como uma de suas principais características, o *status* de *jusfundamentalidade*, sendo assim compreendido dentro do rol dos

direitos e garantias fundamentais tutelados pela Constituição Federal de 1988. Segundo Sarlet e Fensterseifer (2021), tal compreensão é obtida a partir de uma perspectiva material de seu conteúdo e de sua relação com os demais valores constitucionais, notadamente a dignidade da pessoa humana.

Na qualidade de direito fundamental, o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado está entre os direitos de terceira dimensão, uma vez que possui titularidade difusa, transcendendo aos limites de interesses individuais, de grupos sociais e, até mesmo, de Estados (Sarlet; Fensterseifer, 2021). Tal compreensão parte, além dos próprios aspectos materiais do direito, do texto constitucional que o assegura, ao prevê-lo como direito de todos e “bem de uso comum do povo”, abrangendo uma indeterminação de sujeitos.

A multa simples e a conversão de multas ambientais como instrumentos de responsabilização administrativa ambiental

O especial tratamento dispensado ao direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, em função de sua tutela constitucional e de sua elevação à condição de direito-dever fundamental, demanda instrumentos aptos a garantir sua efetiva proteção jurídica.

Nesse sentido, dentre os mecanismos estabelecidos pelo direito ambiental brasileiro que expressam a devida atenção aos danos ambientais, de modo a preveni-los e remediá-los, encontra-se a tríplice responsabilização penal, administrativa e civil. Esse instrumento possui como principal previsão normativa que fundamenta sua existência e manutenção o próprio art. 225 da Constituição Federal, o qual disciplina, em seu § 3º, que “as condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados” (Brasil, 1988).

Observa-se, ainda, que, previamente à aludida previsão no texto constitucional, o ordenamento jurídico já estabelecia tal sistemática de tríplice responsabilização ambiental, conforme observado no § 1º do art. 14 da Política Nacional do Meio Ambiente:

Art. 14 [...].

§ 1º - Sem obstar a aplicação das penalidades previstas neste artigo, é o poluidor obrigado, independentemente da existência de culpa, a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, afetados por sua atividade. O Ministério Público da União e dos Estados terá legitimidade para propor ação de responsabilidade civil e criminal, por danos causados ao meio ambiente (Brasil, 1981).

Segundo Milaré (2007), a defesa do meio ambiente se desenvolve, simultaneamente, a partir de ações de natureza preventiva, reparatória e repressiva. Dentre estas, classificam-se as responsabilidades administrativa e penal como instrumentos de repressão às condutas lesivas, diferenciando-se da responsabilização civil, de natureza predominantemente reparatória.

Para Fiorillo (2019), os ilícitos de natureza civil, administrativa e penal se encontram imersos em uma igual noção de antijuridicidade, constituindo as três esferas de responsabilidade e formas de reação do ordenamento jurídico contra práticas transgressivas. Por outro lado, no tocante às sanções decorrentes de tais formas de resposta, verifica-se que as mesmas se diferenciam pelo órgão de sua aplicação e, também, pelo objeto precípua da tutela visada.

Nesse sentido, leciona o autor, relativamente à responsabilidade administrativa, que

Se tratarmos de *sanção administrativa* é porque o objeto de tutela precípua são os *interesses da administração* (que acarretará a limitação dos excessos do individualismo). Terá lugar aludida sanção devido ao descumprimento das regras e princípios deontológicos do sistema violado (Fiorillo, 2019, pp. 120-121).

Visa a responsabilidade administrativa, em matéria ambiental, a obrigar os órgãos vinculados, direta ou indiretamente, aos entes estatais, à defesa e preservação dos bens ambientais, de modo que possam satisfazer as necessidades das presentes e futuras gerações, em consonância com a normativa constitucional acerca da matéria (Fiorillo, 2019).

No âmbito da PNMA, observa-se que tal responsabilidade é classificada expressamente como um dos instrumentos da Política, conforme constatado no inciso IX de seu art. 9º. Para a efetivação do referido instrumento, por meio da aplicação das respectivas penalidades administrativas em razão da prática de infrações que nelas resultam, estabelece o diploma normativo a incumbência dos órgãos ambientais integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente (Sisnama), os quais o fazem a partir do exercício do poder de polícia ambiental.

Nessa mesma linha, leciona Milaré que

A investigação de supostas infrações e a aplicação de sanções administrativas figuram entre as mais importantes expressões do poder de polícia conferido à Administração Pública. A coercibilidade é um dos atributos desse poder, externado através de *penalidades administrativas*, previstas abstratamente em lei e aplicadas concretamente por agentes credenciados do Poder Público (Milaré, 2007, p. 828).

O exercício do poder de polícia consiste em uma das prerrogativas da Administração Pública. Segundo Di Pietro, trata-se da “atividade do Estado consistente em limitar o exercício dos direitos individuais em benefício do interesse público” (Di Pietro, 2022, p. 365).

Carvalho filho, por sua vez, conceitua o poder de polícia como “[...] a prerrogativa de direito público que, calcada na lei, autoriza a Administração Pública a restringir o uso e o gozo da liberdade e da propriedade em favor do interesse da sociedade” (Carvalho Filho, 2019, p. 172).

No exercício da tutela ambiental, o poder de polícia adquire contornos específicos, delineados, idealmente, em consonância com a respectiva finalidade. Assim, a restrição de liberdades individuais pelo poder público sempre deve se orientar pela proteção do meio ambiente, de interesse público primário. É claro que, em termos concretos, o exercício do poder de polícia – inclusive em tema ambiental – também esbarra em limitações de ordem técnica, operacional, política e mesmo cultural, que, na prática, podem resultar em desvios em relação a tal finalidade. Para os fins desta pesquisa, contudo, podemos abstrair desses problemas de natureza mais concreta, para nos ater à reconstituição dos marcos legais que balizam o exercício do poder de polícia.

O poder de polícia ambiental possui fundamento constitucional no art. 225 da CRFB, decorrendo lógica e diretamente da competência estabelecida para o exercício da tutela administrativa do meio ambiente (Milaré, 2007). Segundo Sarlet e Fensterseifer (2021), seu exercício não é discricionário, mas consiste em um poder-dever, resultando a sua omissão ou atuação insuficiente, até mesmo, em responsabilização estatal.

O exercício do poder de polícia ocorre tanto de modo preventivo, como instrumento de controle, quanto de modo repressivo, por meio da verificação e apuração de infrações às normas ambientais. Nesse sentido, leciona Milaré que

É intrínseca à ação policial de qualquer natureza a permanente vigilância sobre pessoas ou bens em causa. Nisto se incluem ações preventivas, advertências, cominações e outras medidas para evitar, quanto possível, ações corretivas e – mais ainda – para coibir a prática de infrações (MILARÉ, 2007, p. 824).

As limitações estabelecidas no exercício do poder de polícia ambiental, como expressão da tutela administrativa do meio ambiente, têm como principal fonte normativa, que orienta a atuação repressiva dos órgãos ambientais, a Lei Federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998.

Dispõe o aludido diploma legal sobre sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, tipificando os crimes ambientais e definindo as infrações administrativas ambientais, enquanto estabelece, também, o regime jurídico aplicável a estas.

Nos termos do art. 70 da Lei Federal nº 9.605/1998, é considerada infração administrativa ambiental “toda ação ou omissão que viole as regras jurídicas de uso, gozo, promoção, proteção e recuperação do meio ambiente”.

Como observado, o dispositivo legal se constitui em uma previsão normativa genérica, que, diversamente dos crimes ambientais, não tipifica, na própria lei, as infrações administrativas ambientais. Para tanto, complementando o diploma e cumprindo esse papel, foi editado o Decreto Federal nº 6.514, de 22 de julho de 2008.

Em que pese a não previsão expressa das infrações administrativas ambientais na Lei Federal nº 9.605/1998, estabeleceu a mesma, em seu art. 72, as sanções cabíveis a serem aplicadas diante da prática das aludidas condutas transgressivas.

Segundo Lazzarini, a sanção administrativa ambiental pode ser compreendida como uma “pena administrativa prevista expressamente em lei para ser imposta pela autoridade competente quando violada norma de regência da situação ambiental policiada” (Lazzarini, 1997, pp. 170-171). Para o autor, as sanções administrativas ambientais podem ser classificadas em duas espécies: as sanções pecuniárias, compreendendo as multas aplicadas diante da inobservância de normas ambientais, e as sanções objetivas, que envolvem bens e/ou serviços, como apreensões, embargos, etc. (Lazzarini, 1997).

A multa simples, classificada como sanção pecuniária, é aplicada, nos termos do § 3º do art. 72 da Lei Federal nº 9.605/1998, nas hipóteses em que o agente, atuando com negligência ou dolo:

- I - advertido por irregularidades que tenham sido praticadas, deixar de saná-las, no prazo assinalado por órgão competente do SISNAMA ou pela Capitania dos Portos, do Ministério da Marinha;
- II - opuser embaraço à fiscalização dos órgãos do SISNAMA ou da Capitania dos Portos, do Ministério da Marinha.

As infrações sobre as quais recaem a penalidade de multa simples, segundo Antunes (2019), são as denominadas infrações instantâneas, quais sejam aquelas que se esgotam em si mesmas. A incidência da sanção se dá sobre o patrimônio do particular infrator, podendo ser estabelecida na faixa de R\$ 50,00 (cinquenta reais) a R\$ 50.000.000,00 (cinquenta milhões de reais), em consonância com o art. 9º do Decreto Federal nº 6.514/2008.

Nos termos do § 4º do art. 72 da Lei Federal nº 9.605/1998, a multa simples poderá ser convertida em serviços de preservação, melhoria e recuperação da qualidade do meio ambiente. Tal disposição é regulamentada pelo Decreto Federal nº 6.514/2008, o qual dispõe o procedimento a ser observado em seus arts. 139 a 148.

A regulamentação da matéria, instituindo efetivamente o Programa de Conversão de Multas Ambientais, se deu a partir da edição do Decreto Federal nº 9.179, de 24 de outubro de 2017, o qual alterou as disposições do Decreto Federal nº 6.514/2008. Posteriormente, este foi alterado, novamente, pelos Decretos Federais nº 9.760, de 11 de abril de 2019, nº 11.080, de 24 de maio de 2022, e nº 11.373, de 1º de janeiro de 2023.

Em conformidade com o texto das disposições regulamentares sobre a conversão de multas ambientais, notadamente o art. 139, parágrafo único, do Decreto Federal nº 6.514/2008, consiste a implementação da medida em faculdade da autoridade julgadora competente, não constituindo, assim, direito do autuado. Ademais, estabelece o mesmo dispositivo a inaplicabilidade do instrumento às infrações das quais tenha decorrido morte humana e às outras situações que sejam disciplinadas em regulamento do órgão ambiental.

De igual modo, a conversão não pode ser revertida para a reparação dos danos causados pela própria infração (art. 141) ou eximir o infrator de tal obrigação (art. 143, § 1º). Isso porque, como ressaltado por Sarlet e Fensterseifer (2021), constitui tal providência parte da responsabilidade civil ambiental, independentemente, portanto, da aplicação da sanção administrativa.

Para os fins objetivados pelo Programa de Conversão de Multas Ambientais, os projetos contemplados devem apresentar atividades e obras com, no mínimo, um dos objetivos ambientais previstos no art. 140 do Decreto Federal nº 6.514/2008.

Em conformidade com o art. 142-A da aludida norma regulamentadora, o pedido de conversão de multas pode se dar por duas modalidades: conversão direta, com a apresentação e implementação de projeto pelos próprios meios do autuado, respeitadas as diretrizes definidas pelo órgão federal emissor da multa; e conversão indireta, com a adesão do autuado a projeto previamente selecionado pelo órgão federal emissor da multa, podendo ser delegados a este poderes para a escolha do projeto a ser contemplado. Em ambos os casos, o órgão ou entidade ambiental responsável pela apuração da infração deverá detalhar as regras de operacionalização da conversão, bem como definir as diretrizes e critérios para os projetos a serem executados.

Vale destacar, ainda, que o valor dos custos dos serviços ambientais deverá ser igual ou superior ao valor da multa convertida, aplicando-se, sobre o valor consolidado, o desconto de trinta e cinco, quarenta, cinquenta ou sessenta por cento, em consonância com o § 2º do art. 143 do Decreto Federal nº 6.514/2008. No entanto, o valor resultante não pode ser inferior ao valor mínimo legal aplicável à infração, conforme o § 7º do mesmo dispositivo legal.

Por fim, uma vez deferido o pedido de conversão de multa, em consonância com os critérios estatuidos no § 1º do art. 145 do diploma regulamentador, deverá o autuado assinar termo de compromisso, vinculando-o ao objeto da conversão durante todo o prazo de execução do projeto.

O efeito dissuasório da multa ambiental e sua função balizadora na aplicação da conversão de multas ambientais

Como elementos balizadores para o deferimento do pedido de conversão de multas em serviços ambientais, disciplina o § 1º do art. 145 do Decreto Federal nº 6.514/2008 que deverão ser consideradas as peculiaridades do caso concreto, os antecedentes do infrator e o efeito dissuasório da multa ambiental. Os dois primeiros critérios não merecem grandes explicações para os fins desta pesquisa, de modo que se debruçará, adiante, no terceiro critério, relativo ao efeito dissuasório da multa ambiental.

Esse efeito dissuasório pode ser compreendido dentro do caráter preventivo das sanções administrativas ambientais. Nessa alçada, afirma Lazzarini que tais penalidades apresentam duplo objetivo, visando tanto à correção do infrator, ocasião em que age como forma de castigo para que o agente melhore sua conduta em respeito às normas ambientais, como à prevenção de novas infrações, ao atuar como alerta, para a sociedade e para o próprio infrator, sobre as consequências resultantes da prática da infração (Lazzarini, 1997).

A dinâmica do efeito dissuasório gerado a partir da aplicação de multas simples no desempenho do poder de polícia ambiental pode ser compreendida a partir da Análise Econômica do Direito (AED), cujos estudos observam o comportamento humano diante das influências construídas pelas normas jurídicas.

Segundo Alvarez, a AED consiste em um “movimento contemporâneo que combina as ciências econômica e jurídica numa tentativa de estudo interdisciplinar, tendo como característica [...] a aplicação de teoria microeconômica neoclássica do bem-estar para analisar e reformular tanto as instituições particulares como do sistema jurídico em seu conjunto” (Alvarez, 2006, p. 50). Nesse esforço, busca-se compreender o pensamento jurídico a partir de uma teoria capaz de explicar o comportamento dos indivíduos perante as regras e os efeitos destas para a obtenção de resultados eficientes. Para o autor, o direito exerce uma influência de natureza econômica sobre o comportamento dos indivíduos, agindo, dentre outras formas, pela fixação de “preços” para determinadas condutas (Alvarez, 2006).

Embora, como mostra Alvarez (2006, 49-52), a AED não seja a única perspectiva teórica que se propõe a promover o diálogo entre a teoria do direito e as ciências sociais, e embora alguns dos pressupostos da AED sejam alvos de críticas dessas e de outras correntes de pensamento nas ciências sociais, optou-se aqui em adotar a perspectiva da AED, dado o escopo exploratório desta pesquisa e a impossibilidade de discutir a fundo, aqui, tais críticas.

Por meio dessa sistemática, assume-se que as pessoas são racionais e, portanto, fazem suas escolhas sempre de modo a lhes proporcionar maior satisfação, mediante alternativas em que os benefícios esperados sejam superiores aos custos despendidos (Carneiro; Nicolitt, 2018). Nesse contexto, a decisão pelo cumprimento ou não de uma obrigação parte de uma análise da relação entre o custo relativo de seu descumprimento e o custo relativo de seu cumprimento. Da mesma forma, a decisão sobre o exercício de determinada atividade pelo agente se encontra atrelada aos custos incorridos a partir do cumprimento ou não das respectivas normas (Alvarez, 2006).

Dentro dessa perspectiva, assevera Silva Júnior (2021) que a sanção administrativa figura como o preço a ser pago diante da violação de uma norma administrativa, constituindo contraprestação à conduta reprovável.

Visando a maximizar os seus interesses, o agente infrator, ao tomar a decisão de praticar ou não a conduta transgressiva, leva em consideração os ganhos esperados a partir de sua ação, a probabilidade de sua condenação e o preço a ser pago pela ofensa causada. O poder público, por sua vez, ao executar suas políticas de prevenção e repressão, considera os custos para a identificação e processamento das ocorrências e para a aplicação das respectivas sanções, de modo que deve buscar um equilíbrio entre os gastos gerados e o efeito dos mesmos para a consecução dos objetivos desejados (Carvalho, 2022).

Nesse contexto, verifica-se, em ambas as perspectivas, uma análise do custo-benefício para a orientação do melhor caminho a ser seguido em consonância com os interesses visados. De tal modo, a estruturação das normas jurídicas deve considerar todas as nuances para a construção de um sistema de proteção eficiente, assegurando o maior retorno possível, exprimido por meio da efetiva dissuasão da prática delituosa, com o menor emprego de recursos (Silva Júnior, 2021).

Desse modo, para a efetiva irradiação dos efeitos dissuasórios da sanção, deve a mesma representar maior custo que os ganhos obtidos pelo infrator, medidos juntamente com a probabilidade de sua descoberta e punição (Carvalho, 2022). Isso porque, para o autor da transgressão, ainda que havendo riscos, o ilícito se torna vantajoso diante da baixa expectativa de aplicação das sanções (Silva Júnior, 2021).

Nessa mesma linha, complementando a ideia, afirma Silva Júnior que a máxima efetividade dissuasória da sanção será obtida quando

o custo marginal de se aumentarem elementos que proporcionem a dissuasão (o que engloba os custos das apurações, dos controles para identificação de irregularidades e decorrentes das próprias imposições legais que atribuem deveres) tornar-se igual ao benefício marginal da redução de práticas ilícitas (Silva Júnior, 2021, pp. 41-42).

Assim, verifica-se que na organização do poder de polícia ambiental, com especial foco no objetivo de prevenção observado na multa simples, enquanto sanção administrativa ambiental, deve haver investimento na apuração, procedimento e aplicação das penalidades. Entretanto, o custo despendido em tais atividades não pode ser maior que o resultado pretendido, qual seja o efeito dissuasório da multa simples. Portanto, se deve buscar a eficiência na estruturação de tal instrumento de política ambiental com o fim de tornar efetiva a tutela pretendida.

Nesse sentido, devem a capitulação legal dos tipos administrativos ambientais e a respectiva cominação de suas sanções, também, ser pensadas de modo a tornar desvantajosas as condutas transgressivas à ordem pública ambiental. Isso porque, na análise de custo-benefício dos agentes potencialmente infratores, tal elemento é levantado como um custo.

De igual modo, não se mostra eficaz a previsão legal de infrações ambientais com a razoabilidade esperada para se opor aos ilícitos se não há expectativa de apuração e punição sobre os infratores em razão da ausência de uma estruturação adequada dos órgãos competentes para tanto. Isso porque esse fator também constitui custo a ser considerado na decisão dos agentes sobre a adoção ou não de conduta transgressiva.

Tais questões são fundamentais para a aferição da conversão de multa simples em serviços ambientais como medida adequada a ser aplicada a cada caso apreciado, vez que permitem construir um panorama prévio sobre a alternativa mais eficaz diante das particularidades de cada infração praticada.

Dessa forma, somando-se às particularidades do caso concreto e aos antecedentes do infrator, se verificado que para a Administração Pública o custo da movimentação da máquina pública para a deflagração do exercício do poder de polícia ambiental é maior do que o efeito dissuasório pretendido, pode a conversão da multa simples em serviços ambientais se mostrar uma alternativa adequada.

Hipótese diversa, mas com igual resolução possível, a depender das peculiaridades da situação concreta, seria o caso de infrator primário, sem antecedentes, que pratica infração administrativa ambiental em um contexto de desinformação evitável sobre a tipicidade da conduta. Nesse caso, o custo despendido pelos órgãos ambientais, muitas vezes com altas demandas para apreciação, pode ser superior ao benefício obtido com a dissuasão do autor, que, apesar de potencialmente alcançada pela aplicação da multa ambiental, se mostra pouco relevante.

De outro prisma, considerando as peculiaridades do caso concreto, situação em que infrator, já com antecedentes, apresentando condições de ter conhecimento pleno da tipicidade da conduta transgressiva, pratica infração administrativa ambiental com alto nível de gravidade, pode ter como melhor resposta a aplicação de multa simples. Nesse caso, deve-se considerar a maior relevância

atribuída ao efeito dissuasório da sanção administrativa, de modo a demonstrar a não vantajosidade da prática do ilícito pelo autor, gerando-lhe, assim, o custo na sua tomada de decisão sobre adotar ou não determinada conduta.

Cabe destacar que o procedimento de conversão de multa simples em serviços de preservação, melhoria e recuperação da qualidade do meio ambiente não tem o condão de substituir o papel das multas ambientais. Pelo contrário, ele complementa e, ao mesmo tempo, permite uma destinação direta e facilitada dos recursos arrecadados para ações ambientais. Nesse sentido, vale apresentar o ensinamento de Milaré sobre a relevância da atuação punitiva, ainda que não abandonando a necessária presença do caráter pedagógico:

Cabe nota que o poder de polícia ambiental, a serviço da comunidade e na defesa do patrimônio público, nunca será eficazmente exercido sem uma pedagogia adequada às situações. Ainda que *ignorantia legis neminem excusat*, constatamos e entendemos que muitos desvios nocivos ao meio ambiente provêm de velhos vícios culturais, da falta de consciência sobre os problemas e exigências ambientais, assim como da compulsão de hábitos arraigados na população em geral. É mais nobre educar do que punir, sem dúvida. Entretanto, há casos em que a punição integra o processo pedagógico (Milaré, 2007, p. 824).

Dessa forma, em que pese a criação da conversão de multas ambientais como um instrumento alternativo à aplicação da sanção administrativa de multa simples no âmbito da política ambiental brasileira, ambos coexistem e podem ter maior ou menor adequação à situação infracional. Tal aferição deve ser realizada em consonância com as especificidades do caso concreto, considerando-se, para a tomada de decisão, os custos desprendidos e os benefícios obtidos pelo Poder Público no exercício de seu poder de polícia.

Conclusão

A construção teórica do direito ambiental, como disciplina jurídica autônoma, se deu a partir dos “avanços” obtidos pela ciência rumo a um progresso sem a necessária atenção despendida às questões socioambientais que compõem a realidade social. Essa evolução ocorreu com o fim de garantir níveis mínimos de proteção a estes interesses mediante a imposição de normas jurídicas restritivas à atuação do particular.

No direito brasileiro, a proteção jurídica do meio ambiente avançou progressivamente até alcançar o *status constitucional* a partir da previsão do direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado no art. 225 da CRFB, sendo percebido enquanto direito fundamental de titularidade difusa.

A partir da elevação do direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado à estatura constitucional, sua tutela adquire contornos de maior relevância, merecendo atenção pelos diversos mecanismos legais disponíveis na ordem jurídica. Dentre estes, se encontra a responsabilização do agente infrator que incorre em conduta lesiva ao meio ambiente, o qual pode ser punido penal e administrativamente e, ainda, na esfera cível, ser obrigado à reparação do dano.

No âmbito administrativo, a Administração Pública age no exercício de seu poder de polícia ambiental, por meio do qual, dentre outras atuações, são aplicadas as sanções administrativas cabíveis diante das infrações ambientais verificadas.

Nessa alçada, a multa simples surge como espécie de sanção administrativa ambiental, possuindo como um de seus objetivos o efeito dissuasório ou preventivo da prática de novas infrações ambientais.

Como alternativa à aplicação da multa ambiental, previu a Lei Federal nº 9.605/1998 a possibilidade de sua conversão em serviços de preservação, melhoria e recuperação da qualidade do meio ambiente. Essa norma foi implementada por meio da regulamentação efetuada pelo Decreto Federal nº 6.514/2008, o qual instituiu o Programa de Conversão de Multas Ambientais.

Nos termos do aludido decreto, para o deferimento da conversão de multas ambientais pela autoridade competente, deve ser observado, dentre os critérios balizadores da decisão, o efeito dissuasório da multa. Assim, tal efeito pode ser levantado como um ponto-chave sobre a escolha da medida mais adequada para o alcance dos resultados desejados.

Nessa linha, visando à decisão mais acertada para o uso do instrumento mais eficaz em cada situação deflagrada, pode-se valer da Análise Econômica do Direito, mediante uma análise de custo-benefício.

Desse modo, diante das alternativas de aplicação da sanção administrativa ambiental de multa simples ou de sua conversão em serviços ambientais, a medida mais eficaz para os fins dissuasórios pretendidos dependerá da análise das particularidades de cada caso. Isso envolve considerar os custos empreendidos pela Administração no exercício de sua atividade de polícia ambiental e a relação dos mesmos com a obtenção dos resultados pretendidos a partir de tais custos.

Referências

ALVAREZ, Alejandro Bugallo. Análise econômica do direito: contribuições e desmistificações. **Direito, Estado e Sociedade**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 29, p. 49-68, jul./dez. 2006. Disponível em: <https://revistades.jur.puc-rio.br/index.php/revistades/article/view/287/260>. Acesso em: 29 nov. 2022.

ANTUNES, Paulo de Bessa. **Direito Ambiental**. 20. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

BENJAMIN, Antonio Herman de Vasconcellos e. Introdução ao direito ambiental brasileiro. **Revista de Direito Ambiental**: RDA, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 48-82, abr./jun., 1999. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5337701/mod_resource/content/1/Texto%2001%20Introdu%C3%A7%C3%A3o%20ao%20Direito%20Ambiental%20-%20Herman%20Benjamin.pdf. Acesso em: 22 nov. 2022.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 29 nov. 2022.

BRASIL. **Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008**. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República [2008]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm. Acesso em: 22 mar. 2023.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República [1981]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 29 nov. 2022.

BRASIL. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República [1998]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm. Acesso em: 22 mar. 2023.

CARNEIRO, Claudio; NICOLITT, André. Análise econômica do direito de punir e a falência do cárcere no Brasil: uma questão de políticas públicas. **Revista Jurídica (FURB)**, v. 22, n. 48, p. e7875, maio/ago., 2018. Disponível em: <https://proxy.furb.br/ojs/index.php/juridica/article/view/7875>. Acesso em: 29 nov. 2022.

CARVALHO, Adilson Santana de. **Poder dissuasório das multas do CADE**: um estudo sob a ótica da multa econômica ótima. Orientador: Sérgio Goldbaum. 2022. 119 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Escola de Políticas Públicas e Governo, Fundação Getúlio Vargas, Brasília, 2022. Disponível em: <https://repositorio.fgv.br/server/api/core/bitstreams/4d1c6a84-8573-4657-9c42-445fe98c0069/content>. Acesso em: 13 dez. 2022.

CARVALHO FILHO, José dos Santos. **Manual de Direito Administrativo**. 33. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

DI PIETRO, Maria Sylvia Zanella. **Direito administrativo**. 35. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2022.

FIORILLO, Celso Antônio Pacheco. **Curso de direito ambiental brasileiro**. 19. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2019.

LAZZARINI, Álvaro. Sanções administrativas ambientais. **Revista de Informação Legislativa**, Brasília, n. 134, p. 165-174, abr./jun. 1997. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/233/r134-14.PDF?sequence=4>. Acesso em: 23 nov. 2022.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito ambiental brasileiro**. 21. ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2013.

MARQUES, Luiz. **Capitalismo e colapso ambiental**. 2. Ed. Campinas: Editora UNICAMP, 2016.

MILARÉ, Edis. **Direito do ambiente**: doutrina, jurisprudência, glossário. 5. ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2007.

SARLET, Ingo Wolfgang; FENSTERSEIFER, Tiago. **Curso de Direito Ambiental**. 2. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2021.

SILVA, José Afonso da. **Direito Ambiental Constitucional**. 5. Ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2004.

SILVA JÚNIOR, Waldir João Ferreira da. **Sanção a servidor público federal** penalidade administrativa de advertência em comparação à sanção pecuniária: uma atualização do tipo de punição administrativa? Orientador: Carlos Vinicius Alves Ribeiro. 2021. 64 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Direito) – Escola de Direito e Administração Pública, Instituto Brasileiro de Ensino, Pesquisa e Desenvolvimento. Brasília, 2021. Disponível em: https://repositorio.idp.edu.br/bitstream/123456789/3808/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O_%20WALDIR%20JO%c3%83O%20FERREIRA%20DA%20SILVA%20JUNIOR%20%20_%20MESTRADO%20PROFISSIONAL%20EM%20DIREITO.pdf. Acesso em: 12 dez. 2022.

SIRVINSKAS, Luís Paulo. **Manual de direito ambiental**. 18. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2020.



Inteligência artificial no auxílio ao gerenciamento de dados de relatórios de auditoria ambiental

Luiz Augusto de Oliveira Costa¹

Resumo

A produção de informações em formatos não estruturados, como imagens, sons e textos, constitui um volume significativamente maior em escala global do que informações estruturadas, como aquelas presentes em planilhas e bancos de dados. Isso torna-se um desafio para o desenvolvimento de métodos para estruturação e classificação dessas informações para posterior uso qualificado. No contexto específico do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (Ibama), há inúmeras informações protocoladas no âmbito dos processos administrativos em formato de relatórios, estudos, cartas e demais documentos em texto não padronizados. Esses documentos demandam um tempo expressivo de seu corpo técnico para leitura, compreensão e definição de tratativas. Este trabalho teve como objetivo a extração de informações relevantes de relatórios de auditoria ambiental entregues ao Ibama, através do desenvolvimento de diferentes tipos modelos em Inteligência Artificial: *Naive-Bayes*, *Support Vector Machine*, Redes Neurais Profundas e em *Transformers*. O modelo baseado em *Transformers* demonstrou o melhor desempenho para o conjunto de dados de teste, resultando em um ganho expressivo de tempo em comparação à extração manual.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, Processamento de Linguagem Natural, *Transformers*, Relatórios de Auditorias Ambientais.

Abstract

Information production in unstructured formats such as images, sounds and texts, constitutes a significantly larger volume on a global scale than structured information, such as that found in spreadsheets and databases. This presents a challenge in developing methods to structure and classify this information for later qualified use. In the specific context of the Brazilian Institute for the Environment and Renewable Resources (IBAMA), a substantial amount of information is filed as part of administrative processes in the form of reports, studies, letters, and other non-standardized text documents. These documents require a significant amount of time from its technical staff to read, understand and determine the course of action. The aim of this work was to extract relevant information from environmental audit reports submitted to IBAMA by developing different types of Artificial Intelligence models: *Naive-Bayes*, *Support Vector Machine*, *Deep Neural Networks*

¹ Mestre em Engenharia Ambiental, especialista em Data Science e Analytics. Analista Ambiental da DILIC/CGMAC/COPROD. Email:luiz-augusto.costa@ibama.gov.br

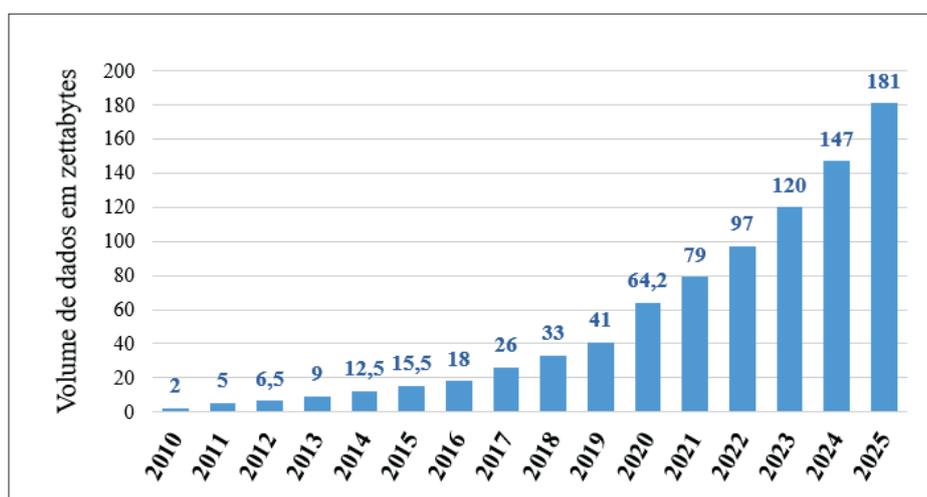
and Transformers. The latter performed best for the test data set, and the proposed automated extraction of information of interest in text content resulted in significant time savings compared to manual extraction.

Keywords: Artificial Intelligence, Natural Language Processing, Transformers, Environmental Audit Reports.

Introdução

O volume total de dados criados, capturados, copiados e consumidos globalmente está em constante aumento. Projeções indicam que até 2025, é esperado um crescimento para mais de 180 zettabytes² (Taylor, 2022), conforme observado na Figura 1.

Figura 1 – Volume de dados/informações criadas, capturadas, copiadas e consumidas no mundo de 2010 a 2020, e projeção de 2021 a 2025



Fonte: Adaptado de Taylor, 2022

Conforme Sarker (2021), os dados podem ser:

- 1. Estruturados:** possuem uma estrutura bem definida, obedecem a um modelo de dados seguindo uma ordem padrão, são altamente organizados e de fácil acesso. Geralmente são utilizados por entidades ou programas de computador. Em esquemas bem definidos, como bancos de dados relacionais, os dados estruturados são normalmente armazenados em formato tabular. Por exemplo, nomes, datas, endereços, números de cartão de crédito, informações de estoque, geolocalização, entre outros.
- 2. Não estruturados:** não há um formato ou organização pré-definida para dados não estruturados, tornando-os muito mais difícil de capturar, processar e analisar. Esses dados geralmente consistem principalmente em texto e material multimídia. Exemplos incluem dados de sensores, e-mails, entradas de blog, wikis e documentos de processamento de texto, arquivos PDF, arquivos de áudio, vídeos, imagens, apresentações, páginas da web, entre muitos outros tipos de documentos comerciais.

² N. do E. - Zettabyte é uma unidade de informação ou memória que corresponde a 1.000.000.000.000.000.000 (10²¹) ou 1180591620717411303424 (2⁷⁰) Bytes, dependendo do contexto.

3. **Semiestruturado:** Os dados semiestruturados não são armazenados em um banco de dados relacional, como os dados estruturados mencionados acima, mas possuem certas propriedades organizacionais que facilitam a análise. Exemplos incluem documentos HTML, XML, JSON, bancos de dados NoSQL, entre outros.

Segundo Minelli (2013), a maioria dos novos dados assume a forma não-estruturada, representando cerca de 95% dos novos dados. Esses dados não estruturados têm a tendência de crescer exponencialmente ao longo do tempo, enquanto os dados estruturados apresentam uma tendência de crescimento linear.

Nesse contexto, torna-se essencial a utilização de técnicas para extrair valor de dados não-estruturados. O uso de técnicas de aprendizado de máquina tem se mostrado aplicável em variados estudos.

No caso específico do Ibama, há uma variedade significativa de dados não-estruturados, abrangendo textos no âmbito dos processos administrativos, como cartas, pareceres, estudos ambientais, relatórios de auditoria, pareceres técnicos, além de outras fontes externas, como dados de imagem de sensoriamento remoto via satélite, arquivos de sons com monitoramento acústico submarino da fauna, entre outros. Torna-se essencial a constante incorporação de técnicas que auxiliem o trabalho da autarquia diante dessa diversidade de dados.

Diante desse cenário, observou-se, para este trabalho, a oportunidade de extrair valor de informações relevantes presentes em relatórios de auditorias ambientais entregues pelas empresas de produção de petróleo licenciadas pelo Ibama, em conformidade com a Resolução Conama 306/2007. O objetivo é estruturar e unificar essas informações, proporcionando suporte à tomada de decisão e ao acompanhamento das atividades licenciadas.

Material e Métodos

Estruturação de dados a partir de informações não estruturadas.

Foram extraídas as ditas “constatações de auditoria” presentes nos Relatórios de Auditoria Ambiental (RAA) por meio da utilização de técnicas de Processamento de Linguagem Natural (PLN) e de *Machine Learning* (ML).

O RAA é um documento entregue ao órgão ambiental para atendimento à Resolução Conama nº 306/2002. Este relatório consiste em conjunto de relatos da atividade de auditoria executada por equipe auditora em determinada plataforma de petróleo. O documento, escrito em texto corrido sem formato padronizado, possui em média 200 páginas, (podendo atingir até 400 páginas), em formato “*Portable Document Format*”, ou PDF, e reúne a descrição da instalação, dos sistemas e do processo, definição de escopo e critérios da auditoria, análise de sistemas críticos, relatos das entrevistas, listas e análise de documentos, entre outros. O foco da extração de informações está nas “constatações de auditoria”, que constituem o objeto de interesse.

Foram criados diferentes modelos para detecção/extração de conteúdos de interesse de textos. Utilizou-se o PLN em modelos de redes neurais profundas, *Support Vector Machine* (SVM), *Naive Bayes* (NB) e *Bidirectional Encoder Representations for Transformers* (BERT). As bibliotecas empregadas incluíram *nltk*, *spacy*, *tensorflow*, *scikit-learn* e *transformers*.

Foi extraído todo o conteúdo do texto de cada um dos relatórios, dividindo-o em períodos separados por pontos. Cada período foi então submetido a um modelo previamente treinado e selecionado para a classificação/identificação de constatações de auditoria. O processo envolveu

as seguintes etapas: pré-tratamento e vetorização do banco de dados utilizado para treino/teste; desenvolvimento/treinamento de modelos de classificação com redes neurais profundas, SVM e NB a partir de conjunto de dados de treino; avaliação e escolha do melhor modelo de classificação a partir das métricas obtidas ao aplicá-lo ao conjunto de dados de testes.

Pré-tratamento e vetorização do banco utilizado para treino/teste.

O modelo foi desenvolvido a partir de um conjunto de treinamento contendo exemplos de textos classificados como constatações de auditoria (valor atribuído 1), e outros que não são (valor atribuído 0), conforme ilustrado na Tabela 1:

Tabela 1– Exemplo ilustrativo de sentenças para treinamento do modelo.

Sentença/Texto	constatação
“constatou-se através de fotos recebidas da auditada, coletores de resíduos localizados sem suas respectivas identificações, em desacordo com a NT 01/2011”	1
“vazamento de óleo hidráulico pela base do guindaste”	1
“não foi evidenciado o teste hidrostático do mangote utilizado para transferência de diesel”	1
“evidenciado o descarte de efluentes de águas servidas, sem passarem por sistema de tratamento”	1
"análise das condições de operação e de manutenção das instalações relacionados aos aspectos ambientais"	0
“os desvios com incidentes no mar são registrados no sistema cadinc - cadastro de incidentes / sistema de controle e comunicação de incidentes evidenciado padrão pp-3e7-01884-0, de 26/12/2016 - comunicação de ocorrência”	0
“conforme informado, as não conformidades ambientais detectadas nos processos das auditorias, de um modo geral, possuem as ações corretivas com acompanhamento em plano de ação”	0
“não-conformidade - constatação de não atendimento a um requisito legal especificado em legislação ambiental aplicável à instalação auditada”	0

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Seguindo-se os conceitos descritos por Santos (2022), cada sentença foi submetida aos seguintes processos:

- divisão em uma lista constituída por 1 (uma) única palavra (conhecido processo de “tokenização”);
- retirada de símbolos e sinais de pontuação (por exemplo: “!”, “@”, “#”, “\$”, “%”);
- retirada de palavras sem relevância para o contexto do trabalho – em processo conhecido como retirada de *stopwords*, como artigos (“a”, “o”, “as”, “os”), preposições (“de”), conjunções (“e”), entre outros. Foram treinados modelos considerando tanto a retirada de *stopwords* como a não retirada, para efeito de comparação.
- redução da palavra para sua forma base, em processo conhecido como “lematização” e, também, redução ao seu radical, em processo conhecido como “stemização”. Esses processos visam reduzir o número de variáveis. Além disso, foi considerada a não redução, utilizando a sentença bruta com retirada apenas de símbolos e nomes;

Exemplo ilustrativo:

Sentença bruta “evidenciado o descarte de efluentes de águas servidas, sem passarem por sistema de tratamento

Sentença “lematizada” “evidenciar descarte efluente água servir passar sistema tratamento”

Sentença “stemizada” “evidenci descart eflu águ serv pass sistem trat”

Para estas etapas, foram utilizadas bibliotecas *nlTK* e *spacy*, além de aplicado o conjunto de dados previamente trabalhados em língua portuguesa “pt_core_news_lg-3.4.0”³.

Para os modelos SVM, NB e redes neurais profundas, foi realizada a vetorização de cada sentença tratada (“lematizada” e “stemizada”), por meio do processo conhecido como “*Bag of Words*” (BoW), utilizando o *CountVectorizer*, do *sklearn*. Cada sentença foi transformada em uma sequência de números (vetores) que representaram a frequência de aparecimento da palavra, comparada a todo conjunto de palavras únicas.

O banco utilizado para desenvolver os modelos, com a discriminação de constatação ou não, foi dividido em treino e teste. Composto por 567 sentenças rotuladas, sendo 312 (55%) para treino e 255 (45%) para teste.

Desenvolvimento de modelo em Transformers para classificação do texto de constatações de auditorias ambientais.

Segundo apresentado em Devlin *et al.* (2018), o modelo BERT alcançou resultados de estado da arte em várias tarefas de processamento de linguagem natural. Por essa razão, foi escolhido para ser treinado e testado no conjunto de dados específico deste trabalho.

A partir do banco de treinamento, cada sentença foi vetorizada (com e sem *stopwords*, normal, stemizada e lematizada) com números dos identificadores dos tokens individuais de cada palavra obtidos aplicando-se a base aberta BERT de Souza *et al.*, 2020, em português do Brasil. Essa base possui cerca de 110 milhões de parâmetros e 12 camadas.

Foi realizada a transferência de aprendizagem a partir do modelo de Souza *et al.*, 2020, obtendo-se um novo modelo com o ajuste dos parâmetros. Esse modelo foi aplicado ao conjunto rotulado dos dados de teste deste trabalho para a classificação de constatações de RAA. Utilizou-se uma taxa de aprendizado de 2×10^{-5} e 50 épocas.

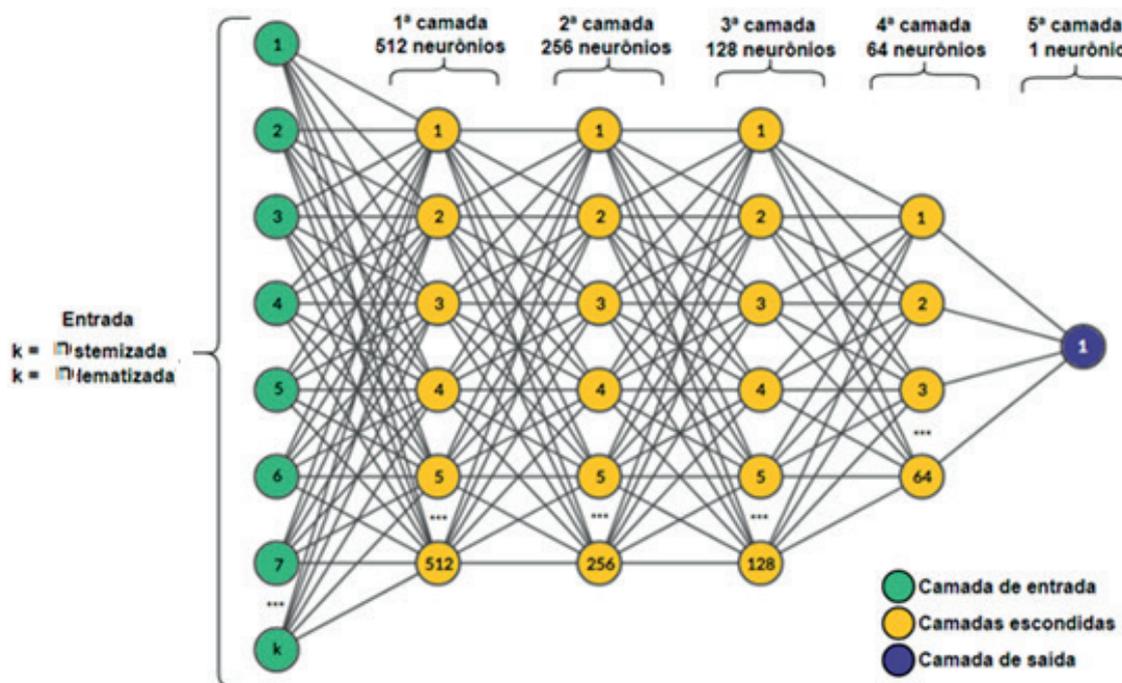
Desenvolvimento de modelo com redes neurais profundas para a execução da classificação do texto de constatações de auditorias ambientais.

Foram desenvolvidas e testadas diversas arquiteturas de redes neurais, escolhendo-se a métrica de acurácia para a seleção. Optou-se pela rede sequencial de 5 camadas densas regulares.

A camada de entrada, representada em verde na Figura 2, utiliza a quantidade de variáveis resultante da etapa de vetorização das sentenças. Essa quantidade corresponde ao número de palavras únicas no conjunto total após cada tratamento (por “stemização” ou por “lematização”). Para as 4 primeiras camadas de neurônios em amarelo, optou-se pela função de ativação “*ReLU*” – *Rectified Linear Units* (unidade linear retificada), que retorna zero para valores negativos ou o próprio valor para valores positivos conforme a equação (1). CUI *et al.* (2017) apontam que o uso da “*ReLU*” melhorou os resultados da classificação e ajudou a evitar o problema de “*overfitting*”.

³ Disponível em: https://github.com/explosion/spacy-models/releases/tag/pt_core_news_lg-3.4.0.

Figura 2 – Arquitetura de rede neural artificial utilizada.



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2023.

A quinta e última camada, representada em azul e composta por 1 neurônio, utiliza a função sigmoide, ou função logística. Essa função produz valores no intervalo de [0,1] para todo valor real de entrada conforme a equação (2).

$$ReLU \rightarrow \begin{cases} f(x) = 0, & \text{se } x \leq 0; \\ f(x) = x, & \text{se } x > 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$Sigmoide \rightarrow f(x) = 1/(1 + e^{-x}) \quad (2)$$

Foi escolhido o otimizador "Adam" ("Adaptive moment estimation"), destacado por KINGMA e BA (2015) como um algoritmo simples de implementar, computacionalmente eficiente e com baixo consumo de memória, adequado para problemas com grande quantidade de parâmetros.

Tato e Nkambou (2018) destacam que o objetivo de um otimizador é minimizar uma função custo, que consiste, intuitivamente, na representação da diferença entre os dados previstos e os valores esperados. A minimização consiste em encontrar o conjunto de parâmetros da arquitetura que proporcione melhores resultados nas tarefas de classificação, previsão ou agrupamento.

Na camada de saída, foi utilizado um único neurônio que produz a resposta para a classificação (constatação ou não) representados respectivamente por 1 ou 0. Utilizou-se a função custo "binary-cross-entropy", apropriada para os casos de classificação binária, conforme indicado por Hassan *et al.* (2016).

Desenvolvimento de modelo com SVM para a execução da classificação do texto de constatações de auditorias ambientais.

Colas e Brazdil (2006) apontam que os algoritmos de SVM apresentam bom desempenho na classificação de textos, podendo alcançar métricas sólidas, como precisão, recall e F1-score.

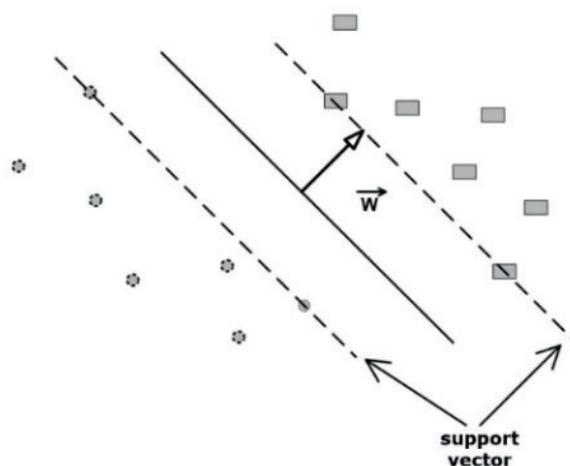
Segundo Liu *et al.* (2010), o SVM resolve problemas de duas classes, estabelecendo um hiperplano de separação em um espaço multidimensional capaz de dividir, de forma eficiente, os dados conhecidos, conforme exemplificado:

- A função de classificação linear $f(x)$ é apresentada na equação (3), onde w^T é um vetor e b é um desvio:

$$f(x) = w^T + b \quad (3)$$

- O objetivo é determinar os valores de w^T e b para determinar o classificador, visando maximizar as distâncias do hiperplano ao conjunto de cada grupos, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 – Exemplo de hiperplano.



Fonte: Liu et al., 2010

Para o presente trabalho, foram adotados os mesmos hiper parâmetros que resultaram nos melhores resultados de classificação de texto adotados em Kalcheva *et al.* (2020).

Desenvolvimento de modelo supervisionado em Naive Bayes e execução da classificação do texto de constatações de auditorias ambientais.

O algoritmo Naive Bayes [NB] é usado para reconhecimento e classificação de padrões, que se enquadram em diferentes variações nos classificadores de padrões para a probabilidade básica. A maneira mais simples de classificação de texto é através da aplicação da conhecida fórmula de Bayes (Luo, 2021). O algoritmo consiste no cálculo de probabilidades de determinado evento que se deseja saber, dado o histórico de probabilidades da ocorrência de eventos conhecidos. Esse conceito foi aplicado ao aparecimento das palavras no âmbito de cada sentença comparada ao BOW.

Métricas utilizadas para comparação e escolha do melhor modelo de constatações de auditoria.

Foram utilizadas algumas métricas de referência mencionadas por Powers (2008) e Fávero e Belfiore (2017) para comparar o desempenho de modelo no conjunto de dados de testes. Essas métricas incluem: Eficiência Global do Modelo, Sensitividade, Especificidade e "F1-Score".

Para ilustrar, a Tabela 2 destaca a contagem de eventos reais em comparação com os eventos previstos pelo modelo, resultando a conhecida matriz de confusão para um evento booleano.

Tabela 2 – Tabela de classificação genérica, ou matriz de confusão.

Valor		Previsto pelo modelo	
		Negativo	Positivo
Real	Negativo	Verdadeiro Negativo (VN)	Falso Positivo (FP)
	Positivo	Falso Negativo (FN)	Verdadeiro Positivo (VP)

Fonte: Adaptado de Powers, 2008.

Foram utilizadas as seguintes métricas, seguidas de suas equações:

- Eficiência Global do Modelo ou acurácia – corresponde ao percentual de acerto da classificação, conforme equação (4):

$$Acurácia = (VN+VP)/(VN+FP+FN+VP) \quad (4)$$

- Sensitividade (ou “recall”) – percentual de acerto positivo considerando-se apenas as observações que são evento, conforme equação (5):

$$Sensitividade = VP/(VP+FN) \quad (5)$$

- Precisão – proporção entre os casos previstos positivos com o que são realmente positivos, conforme equação (6):

$$Precisão = VP/(VP+FP) \quad (6)$$

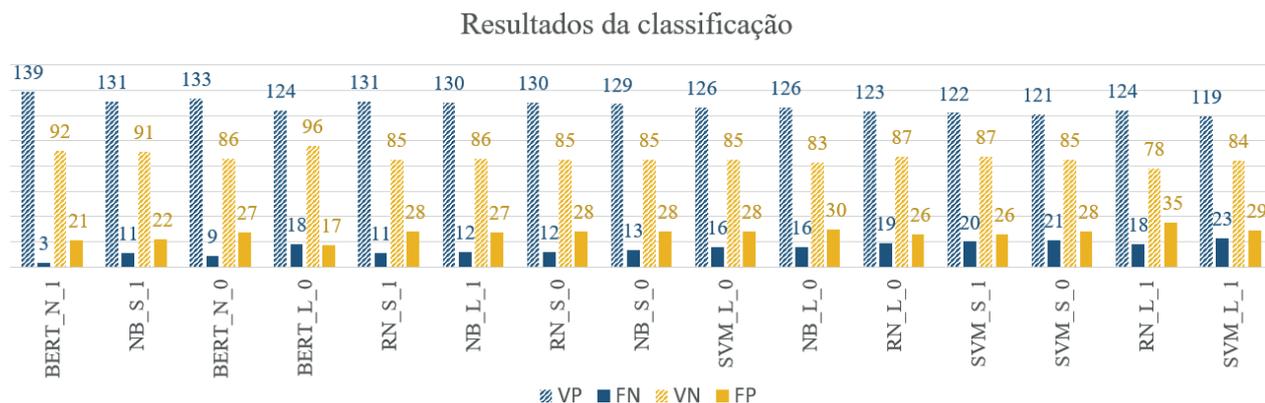
- “F1-Score” – é definida como a média harmônica entre a *Precisão* e a *Sensitividade*, conforme equação (7):

$$F1score = (2.Sensitividade.Precisão)/(Sensitividade+Precisão) \quad (7)$$

Resultados e Discussão

A Figura 4 apresenta os resultados após aplicação do modelo no banco de teste, que possuía o total de 255 sentenças: 142 delas eram constatações de auditoria, enquanto as outras 113 não eram. Destaca-se o modelo “BERT_N_1”, em *transformers*, utilizando texto natural (sem lematização ou stemização), e *stopwords*. Esse modelo obteve o maior valor de “Verdadeiro Positivo” (que o modelo previu corretamente ser constatação de auditoria), além do menor número de “Falso Negativo” (que o modelo previu de forma equivocada não ser constatação de auditoria). As siglas dos modelos estão especificadas na Tabela 3.

Figura 4 – Resultados: Verdadeiro Positivo (VP); Falso Negativo (FN); Verdadeiro Negativo (VN); Falso Positivo (FP).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Na Tabela 3, encontra-se o comparativo entre as métricas obtidas por meio da aplicação de cada um dos modelos treinados, ordenados por *F1-Score*. Nota-se que o modelo obtido a partir da utilização Transformers (“BERT_N_1”), obteve a maior acurácia, sensibilidade e “F-1 Score” (média harmônica entre precisão e sensibilidade) quando submetido ao conjunto de dados para testes. Portanto, esse modelo foi adotado para a classificação das constatações de auditoria.

Tabela 3 – Resultados das métricas dos modelos de previsão testados.

Modelos ^{(1) (2) (3)}	Acurácia	Precisão	Sensibilidade	F1-Score
BERT_N_1	90,6%	86,9%	97,9%	0,921
NB_S_1	87,1%	85,6%	92,3%	0,888
BERT_N_0	85,9%	83,1%	93,7%	0,881
BERT_L_0	86,3%	87,9%	87,3%	0,876
RN_S_1	84,7%	82,4%	92,3%	0,870
NB_L_1	84,7%	82,8%	91,5%	0,870
RN_S_0	84,3%	82,3%	91,5%	0,867
NB_S_0	83,9%	82,2%	90,8%	0,863
SVM_L_0	82,7%	81,8%	88,7%	0,851
NB_L_0	81,9%	80,8%	88,7%	0,846
RN_L_0	82,4%	82,6%	86,6%	0,845
SVM_S_1	82,0%	82,4%	85,9%	0,841
SVM_S_0	80,8%	81,2%	85,2%	0,832
RN_L_1	79,2%	78,0%	87,3%	0,824
SVM_L_1	79,6%	80,4%	83,8%	0,821

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

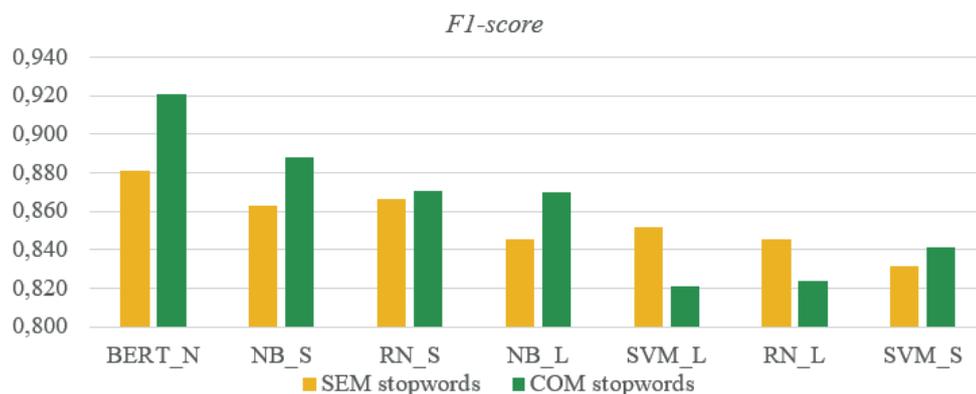
⁽¹⁾ Redes Neurais [RN]; *Support Vector Machine* [SVM]; *Naive Bayes* [NB]; *Bidirectional Encoder Representations for Transformers* [BERT]

⁽²⁾ Sigla com “_S”: PNL Stematizado; Sigla com “_L”: PLN Lematizado;

⁽³⁾ Sigla com “0”: sem *stopwords*; Sigla com “1”: com *stopwords*

A Figura 5 apresenta os resultados dos modelos sem e com as *stopwords*. Observa-se que a não exclusão das *stopwords* (coluna em verde) representaram melhor F1-score comparativamente à exclusão (coluna em amarelo) em 5/7 dos modelos (71,4%). Desta forma, considera-se que as *stopwords* podem não necessariamente constituir ruídos para o modelo, devendo ser analisadas caso-a-caso.

Figura 5 – Resultados: Verdadeiro Positivo (VP); Falso Negativo (FN); Verdadeiro Negativo (VN); Falso Positivo (FP).

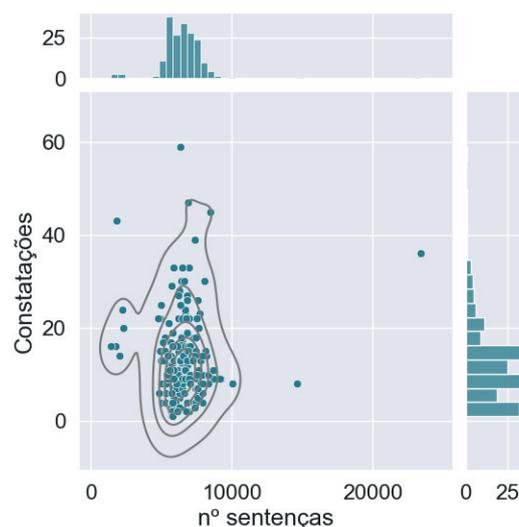


Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

O processo de extração das constatações de auditorias ambientais por meio de um modelo de aprendizado profundo resultou em expressiva economia de tempo. O algoritmo de classificação levou aproximadamente 20 minutos para extrair e classificar todo o conjunto de cerca de 1,2 milhão de sentenças. Estima-se um ser humano levaria cerca de 1 a 2 meses, trabalhando 8h por dia sem pausa, para localizar aproximadamente 2,4 mil sentenças que são constatações de auditoria.

A Figura 6 apresenta, para cada relatório de auditoria (cada ponto verde), a quantidade total de sentenças e quantas destas são constatações de auditoria, incluindo as distribuições de frequências. A maioria dos relatórios possui a ordem de 7 mil sentenças, das quais cerca de 10 são constatações.

Figura 6 – Número de total de sentenças e de constatações para cada relatório, e respectivas distribuições de frequências – resultantes da aplicação da rede neural profunda.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Conclusão

A aplicação da Inteligência Artificial na estruturação de dados de relatórios de auditorias ambientais, por meio do desenvolvimento de modelos de classificação de texto, proporcionou ganhos significativos. Esse avanço contribuiu para a redução do tempo previamente gasto na extração manual de informações, especialmente constatações de auditorias. Além disso, possibilitou o aumento da abrangência, com a inclusão de resultados de extenso conteúdo não estruturado presentes nos relatórios de texto.

O modelo construído em *Transformers* foi o que obteve o melhor desempenho para o conjunto de dados em questão. Este modelo superou os demais treinados em "*Support Vector Machine*",

“*Naive Bayes*” ou redes neurais. Esses resultados corroboram com os estudos atuais que apontam que modelos baseados em *Transformers* estão no estado da arte em PLN.

No caso das *stopwords*, frequentemente consideradas como ruídos para os modelos de classificação e, portanto, excluídas, a sua manutenção nos textos demonstrou ser essencial. Essa abordagem possibilitou a obtenção de melhores resultados na aplicação do modelo em *Transformers*, apresentando a melhor média harmônica entre sensibilidade e precisão (ou F1-score) e de maior acurácia.

Há um potencial significativo para a aplicação da Inteligência Artificial no âmbito do Ibama, indo além da estruturação de dados aplicados a conteúdos de textos de auditorias. Essa tecnologia pode ser utilizada em diversas frentes, como a classificação de imagens, vídeos, sons, estudos, denúncias, e dados de sistemas. Essas técnicas podem corroborar para a eficiência de inúmeras atividades da autarquia, incluindo o combate ao tráfico de animais silvestres através de análise de fotos ou vídeos trafegados pela internet, a detecção de crimes a partir de conteúdo de texto trafegados e a detecção de vazamentos de petróleo no mar, ou desmatamentos, por meio de imagens de satélite. Portanto, é fundamental para a autarquia continuar aprofundando seus conhecimentos e desenvolvendo *expertise* nesta área, promovendo a eficiência e oferecendo suporte à tomada de decisão na administração pública.

Referências

COLAS, F.; BRAZDIL, P. **Comparison of SVM and Some Older Classification Algorithms in Text Classification Tasks**. IFIP International Conference on Artificial Intelligence in Theory and Practice - IFIP AI 2006: Artificial Intelligence in Theory and Practice pp 169–178. 2006. Disponível em < https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-0-387-34747-9_18.pdf > Acesso em: 11 nov. 2021.

CUI, J.; QIU, S.; JIANG, M.; PEI, Z.; LU, Y. **Text Classification Based on ReLU Activation Function of SAE Algorithm**. Lecture Notes in Computer Science - LNTCS, volume 10261, p.44–50. 2017.

DEVLIN, J.; CHANG, M.-W.; LEE, K.; TOUTANOVA, K. **Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding**. Google AI Language. Conference Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP). *arXiv preprint arXiv:1810.04805*. 2018.

FÁVERO, L. P. L.; BELFIORE, P. P. **Manual de análise de dados: estatística e modelagem multivariada com excel, SPSS e stata**. Rio de Janeiro: Elsevier. 2017.

HASSAN, A.; AMIN, M.R.; AZAD, A.K.; MOHAMMED, N. **Sentiment analysis on bangla and romanized bangla text using deep recurrent models**. IEEE 2016 International Workshop on Computational Intelligence (IWCI) - Dhaka, Bangladesh (2016.12.12-2016.12.13) 2016 International Workshop on Computational Intelligence (IWCI) - 51–56. 2016.

KALCHEVA, N.; KAROVA, M.; PENEV, I. **Comparison of the accuracy of SVM kernel functions in text classification**. 2020 International Conference on Biomedical Innovations and Applications (BIA), pp. 141-145. 2020.

KHAN, A.; BAHARUDIN, B.; LEE, L. H.; KHAN, K. **A review of machine learning algorithms for text-documents classification**. Journal of advances in information technology, v. 1, n. 1, p. 4-20. 2010.

KINGMA, D.P.; BA, J.L. **Adam: A Method for Stochastic Optimization**. 3rd International Conference for Learning Representations, San Diego. 2015. Disponível em < <https://arxiv.org/pdf/1412.6980v8.pdf> >. Acesso em: 2 fev. 2022.

LIU Z.; LV, X.; LIU, K.; SHI, S. **Study on SVM compared with the other text classification methods**. In 2010 Second international workshop on education technology and computer science (Vol. 1, pp. 219-222). IEEE. 2010.

LUO, X. **Efficient English text classification using selected Machine Learning Techniques**. *Alexandria Engineering Journal*. 60. 3401-3409. 2021.

MINELLI, M.; CHAMBERS, M.; DHIRAJ, A. **Big data, big analytics: emerging business intelligence and analytic trends for today’s businesses**. Vol. 578. John Wiley & Sons. 2013.

POWERS, D. M. W. **Evaluation: From Precision, Recall and F-Factor to ROC, Informedness, Markedness & Correlation.** *Journal of Machine Learning Technologies*. 2 (1): 37–63. 2008. Disponível em < https://www.researchgate.net/publication/228529307_Evaluation_From_Precision_Recall_and_F-Factor_to_ROC_Informedness_Markedness_Correlation > Acesso em: 15 jan. 2022.

SANTOS, R. **Detecção automática de notícias falsas em português.** Tese (Doutorado em Ciência da Computação e Matemática Computacional). Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brasil. 2022.

SARKER, I.H. **Machine Learning: Algorithms, Real-World Applications and Research Directions.** SN COMPUT. SCI. 2, 160. <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00592-x>. 2021.

SOUZA, Fábio; NOGUEIRA, Rodrigo; LOTUFO, Roberto. **BERTimbau: modelos pré-treinados BERT para o português brasileiro.** In: 9ª Conferência Brasileira sobre Sistemas Inteligentes (BRACIS), Rio Grande do Sul, Brasil, 20-23 de outubro, 2020.

TAYLOR, Petroc. **Volume of data/information created, captured, copied, and consumed worldwide from 2010 to 2020, with forecasts from 2021 to 2025.** Statista-The Statistics Portal. Retrieved February, v. 9, p. 2023, 2022.

TATO, A; NKAMBOU, R. **Improving Adam Optimizer.** International Conference on Learning Representations (ICLR). 2018. Disponível em < <https://openreview.net/pdf?id=HJfpZq1DM> >. Acesso em 10 jan. 2022.



Manejo de controle da espécie exótica *Sus scrofa* Linnaeus 1758 através do Sistema Integrado de Manejo de Fauna – Simaf, no estado do Pará

Matheus Santos dos Anjos¹,
Robson Cruz Santos²,
Luiz Nélio Saldanha Palheta³,
Luiz Paulo Printes Albareli⁴,
Marcio Borba da Silva⁵

Resumo

A espécie exótica invasora *Sus scrofa* Linnaeus, 1758 figura como uma das 100 espécies exóticas invasoras mais nocivas do mundo. Regulações em vista do seu controle foram produzidas desde a década de 1990, limitando as atividades de criação, transporte e importação da espécie e qualificando-a como nociva, permitindo o controle letal por manejadores autorizados. Foram propostos instrumentos para a gestão do manejo de controle de javali, como a criação do Sistema Integrado de Manejo de Fauna (Simaf). O presente trabalho objetivou produzir informações úteis a partir da análise exploratória de dados referentes às solicitações de autorizações de manejo de controle de *Sus scrofa*, prestadas na plataforma do Simaf, entre 2019 e 2022, para o estado do Pará. Os dados foram analisados produzindo informações sobre o estado atual das solicitações, em sua grande parte já finalizadas, reconhecendo um aumento no número de solicitações no decorrer dos três anos de implementação do Simaf, de 24 solicitações no ano de 2019 a 569 em 2022; uma distribuição heterogênea dos tipos de manejo mais adotados, destacando-se o tipo de manejo “espera”; uma quantidade reduzida de manejadores proprietários das terras em que realizam manejo, somente 16,5% deles, e uma parcela considerável das solicitações concentradas espacialmente no sudeste Paraense. Um número de 662 animais abatidos, predominantemente utilizando o método de “espera” como forma de captura; uso de armas de fogo como forma de abate, de 310 dos 662 javalis abatidos; distribuição dos relatos de abate, em parte, concentrados no sudeste e sudoeste paraense.

Palavras-Chaves: *Sus scrofa*, Manejo de controle, Simaf

¹ Bacharel em Ciências Biológicas, Universidade Federal da Bahia. Técnico Ambiental - Ibama, E-mail: matheus-santos.anjos@ibama.gov.br

² Bacharel em Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural da Amazônia. Analista Ambiental – Ibama, E-mail: robson.santos@ibama.gov.br

³ Mestre em Zoologia, Museu Paraense Emílio Goeldi, MPEG, Brasil. Analista Ambiental – Ibama, E-mail: luiz.palheta@ibama.gov.br

⁴ Mestre em Zoologia, Universidade Federal do Pará, UFPA, Brasil. Analista Ambiental – Ibama, E-mail: luiz.castro@ibama.gov.br

⁵ Doutor em Ecologia e Biomonitoramento, Universidade Federal da Bahia, UFBA, Brasil. Professor Associado com Dedicção Exclusiva do Instituto Multidisciplinar de Saúde, Campus Anísio Teixeira, Universidade Federal da Bahia. E-mail: biologomarciorborba@gmail.com

Abstract

The alien invasive species *Sus scrofa* Linnaeus, 1758 ranks as one of the 100 most harmful alien invasive species in the world. Regulations in view of its control have been produced since the 1990s, limiting the activities of breeding, transport and importation of the species and qualifying it as harmful, allowing lethal control by authorized handlers. Instruments were proposed for the management of wild boar control, such as the creation of the Integrated Fauna Management System (Simaf). The present work aimed to produce useful information from the exploratory analysis of data referring to requests for authorizations for the control of *Sus scrofa*, provided on the Simaf platform, between 2019 and 2022, for the state of Pará. The data were analyzed producing information on the current status of requests, most of which have already been completed, recognizing an increase in the number of requests over the three years of Simaf implementation, from 24 requests in 2019 to 569 in 2022; a heterogeneous distribution of the most adopted types of management, highlighting the type of “waiting” management; a reduced number of managers who own the land they manage, only 16.5% of them, and a considerable portion of requests are spatially concentrated in southeastern Pará. A number of 662 animals slaughtered, predominantly using the “waiting” method as a form of capture; use of firearms as a means of slaughter, of 310 of the 662 wild boars slaughtered; distribution of slaughter reports, in part, concentrated in the southeast and southwest of Pará.

Keywords: *Sus scrofa*, Control management, Simaf.

Introdução

A conservação dos componentes da biodiversidade nacional constitui um dos desafios do século. São considerados recursos estratégicos no cenário político nacional e mundial e objetos de interesse das agendas de conservação (Tescari, 2021). No entanto, são crescentes as ameaças, especialmente antropogênicas, a manutenção do meio ambiente ecologicamente equilibrado. Entre os fatores que impulsionam a perda de biodiversidade e a alteração adversa das características dos ecossistemas, ressalta-se a expansão, qualitativa e quantitativa, das espécies exóticas invasoras (Butchart *et al.*, 2010; Brondizio *et al.*, 2019; Kurth *et al.*, 2021). Estas podem ser compreendidas como organismos que sofreram um processo de dispersão, ocasionada ou não pela ação antrópica, para fora da sua área de origem ecológica, vindo a ameaçar, em seu processo de expansão de distribuição (dadas as suas interações particulares) a biodiversidade nativa e a qualidade dos recursos ambientais do novo território (Chame, 2009; Andrade, 2006).

A espécie de origem europeia, *Sus scrofa* Linnaeus 1758, conhecida popularmente como Javali ou Javaporco, figura como uma das 100 espécies exóticas invasoras mais nocivas do mundo, sendo responsável por causar modificações naturais adversas em seu processo de desenvolvimento animal (hábitos de deslocamento, reprodução e alimentação) como alterações do solo, dos bancos de sementes naturais, pressão de competição e predação sobre as espécies da fauna e flora nativa, destruição de habitats naturais, culturas agrícolas e de propriedades privadas além da disseminação de doenças (Lowe, 2000; Luque, 2014; Moura *et al.*, 2020). Conforme apresentado por Hegel *et al.* (2022), os primeiros relatos de introduções deliberadas da espécie no Brasil foram datados de 1960, possivelmente derivadas de atividades de importação com finalidade comercial e cinagética. A partir do final da década de 1980, ocorreu uma expansão considerável dos javalis, partindo de municípios na região sul do país e progredindo aceleradamente, nos últimos 40 anos, para os demais estados

e municípios brasileiros; cujos números de municípios invadidos, a título de exemplo, progrediram de 20 nos anos 2000 para 472 em 2015, um aumento de 2360% no número de municípios afetados no decorrer de 15 anos (Pedrosa *et al.* 2015; Hegel, 2021). Conforme relatórios recentes (Ibama, 2019b), houve ocorrências de registros de *Sus scrofa* em 1536 municípios, cerca de 27,5% dos municípios do País (IBGE, 2016).

Uma série de estudos e políticas públicas buscaram estabelecer o conhecimento sobre a origem da sua introdução na América do Sul e no Brasil; sua caracterização ecológica e morfofisiológica; seu processo de expansão territorial, possíveis rotas de dispersão entre os estados brasileiros, e estratégias de manejo efetivas, em vista da criação de planos de manejo adequados às particularidades brasileiras (Deberdt & Scherer, 2007; Salvador, 2012; MMA e Mapa, 2017; Rosa, 2018b; Rosa, 2018c; Hegel, 2021; Hegel *et al.*, 2022). Alguns destes trabalhos, com base nas possíveis rotas de dispersão da espécie e no conhecimento do histórico da invasão no País, sustentam previsões acerca das possíveis rotas e direções futuras da expansão territorial dos javalis, dando ênfase ao movimento de dispersão para a região Norte do País (Hegel, 2021; Hegel *et al.*, 2022). Compreender a dinâmica de expansão desta espécie é condição essencial para o desenvolvimento de estratégias de controle e manejo populacional adequadas, prevenindo a expansão para novas áreas, especialmente as de domínio amazônico, áreas de especial interesse de proteção.

A Constituição Federal de 1988, ao estabelecer em seu artigo 225 o direito difuso ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, essencial à sadia qualidade de vida, impõe ao poder público e à coletividade o dever de preservar e defender o meio ambiente; e, ademais, de modo especial, quando complementada pela Lei complementar nº 140/2011, atribui à União a competência, em seu Art. 7º, inciso XVII, para controlar a introdução no País de espécies exóticas potencialmente invasoras que possam ameaçar os ecossistemas, habitats e espécies nativas. Além disso, o Brasil, através da ratificação de compromisso, derivada da Convenção Sobre a Diversidade Biológica (CDB) de 1992, se compromete a “impedir que se introduzam, controlar ou erradicar espécies exóticas que ameacem os ecossistemas, habitats ou espécies (Brasil, 1988; Brasil, 1994; Brasil, 2011).

Os atos de regulamentação criados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), órgão executor da Política Nacional de Meio Ambiente (PNAMA), que exerceram influência no tocante à gestão do manejo da espécie exótica *Sus Scrofa*, iniciaram-se em 1994 a partir da emissão de licenças de importação (Ibama, 1994). A partir daí, sucederam-se diversos atos, como a permissão de controle populacional em áreas no Rio Grande do Sul (Ibama, 1995; Ibama, 2002; Ibama, 2004; Ibama, 2005), proibição de abertura de novas fazendas comerciais (Ibama, 1998a), suspensão de todas as importações de animais (Ibama, 1998b) e, mais recentemente, em 2013, a declaração da espécie como nociva, liberando o controle populacional letal, como principal estratégia de manejo da espécie (Ibama, 2013a).

Em 2017, foi proposto o Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Javali (MMA e Mapa, 2017) e, no decorrer de sua implementação, ocorreu a criação do Sistema Integrado de Monitoramento de Fauna, através da Instrução Normativa 12/2019 (Ibama, 2019a). Este sistema digital possibilita a gestão eletrônica dos procedimentos administrativos referentes ao manejo de controle dos javalis, garantindo maior celeridade na gestão das autorizações de manejo, prestação de relatório das atividades e gestão de cadastro dos manejadores.

Considerando a importância da política ambiental relacionada à gestão do manejo de controle dos javalis no estado do Pará, este artigo avaliou o perfil das solicitações de autorização e relatórios de manejo de controle de *Sus scrofa*, observadas para o estado do Pará, através do Simaf, entre os anos de 2019 e 2022.

Material e Métodos

Área de estudo

Localizado na região Norte do país, o Pará (Figura 1), segundo maior estado em extensão territorial do Brasil, possui uma área de 1.245.870.700 Km², ocupando cerca de 14,6% do território nacional. O estado é composto por 144 municípios distribuídos em 12 regiões de integração, organizadas de forma a representar espaços com semelhanças de ocupação, nível social e dinamismo econômico, e cujos municípios mantenham integração entre si, quer física quer economicamente, conforme estabelecido pelo Decreto nº 1.066, de 19 de Junho de 2008.

O estado está inserido no bioma amazônico, um dos territórios da Amazônia Legal, e seu clima pode ser classificado, com base na classificação climática de Köppen-Geiger (1928), como do Tipo “A” – tropical úmido, com altos índices pluviométricos, acima de 1600 mm anuais, e elevadas temperaturas, com médias superiores a 23°C (Menezes; Fernandes; Rocha, 2015; Silva; Silva; Chagas, 2015; IBGE, 2021). Em vista das finalidades deste artigo, as regiões do estado foram descritas em mesorregiões, a saber: Baixo Amazonas, Zona Metropolitana de Belém, Nordeste Paraense, Sudeste Paraense e Sudoeste Paraense.

Análise de Dados

Sistema de Informação de Manejo de Fauna (Simaf)

Conforme Ibama (2019c):

O Sistema de Informação de Manejo de Fauna (Simaf) é o sistema eletrônico de informação, disponível nos serviços online do Ibama, que o cidadão deve acessar para encaminhar documentos referentes ao manejo de javalis. Trata-se, portanto, de um sistema automatizado, interativo e simplificado de atendimento à distância e de informação, que visa melhorar o atendimento e a prestação de serviços junto aos interessados em geral. [...] e será ferramenta essencial para a solicitação das autorizações de manejo e apresentação dos relatórios trimestrais, conforme previsto na norma vigente.

Coleta e processamento de dados

Os dados foram obtidos a partir do banco de dados do Simaf, relativos às solicitações de autorização de manejo de controle e relatórios de manejo efetuadas entre os meses de maio de 2019 a outubro de 2022, em formato “.xlsx”, contendo algumas das informações fornecidas pelos pretensos manejadores quando das solicitações de autorização de manejo. Essas informações incluem: nome do pretenso manejador, identificação da propriedade ou área objeto da solicitação de manejo, identificação do proprietário, código do imóvel (CAR), coordenadas geográficas e município.

A partir do processamento deste conjunto de dados, foi possível obter informações descritivas, qualitativas e quantitativas, atinentes às solicitações efetuadas no decorrer do intervalo de análise, e assim, derivar as relações entre os dados, extraindo informações úteis à análise. Esse processamento foi realizado por meio de linguagem de programação “R” no ambiente integrado de desenvolvimento RStudio. Os dados geográficos obtidos, como as coordenadas geográficas e informações referentes ao Cadastro Ambiental Rural - CAR das propriedades, foram tratados (evitando redundâncias nos dados) e processados para alimentar um sistema de informação geográfica (SIG), sendo espacializados em um programa de geoprocessamento e sensoriamento remoto, o “QGIS”, resultando em um mapa de densidade que agrupa os dados relativos à distribuição das solicitações. As demais informações foram transformadas em gráficos, como apresentado a seguir.

Quanto aos relatórios de manejo de *Sus scrofa*, a Instrução Normativa nº 3, de 31 de janeiro de 2013 (Ibama, 2013a), dispunha sobre a obrigação do encaminhamento trimestral de relatório específico, disponibilizado em sítio eletrônico, às unidades do Ibama nos estados até a implementação do sistema eletrônico de prestação. Esta Instrução Normativa, foi posteriormente alterada pela Instrução Normativa nº 12 de 2019 (Ibama, 2019b), onde foi instituída a apresentação dos relatórios de manejo através da plataforma Simaf, ao fim do manejo declarado ou, no mínimo, por ocasião de cada pedido de renovação (Ibama, 2019).

Especificidades relacionadas aos dados apresentados nos relatórios de manejo de *Sus scrofa* (onde constam informações sobre estratégia de captura e ferramentas de abate, características e quantidade dos animais abatidos) foram comentadas. Quando da prestação dos relatórios no sistema, notou-se a não restrição ou obrigação de prestação de informações integrais da atividade de manejo (preenchimento de todos os campos atinentes a atividade realizada), permitindo a omissão de determinados elementos. Por exemplo, em alguns casos, não foram fornecidas informações sobre o tipo de estratégia de captura adotada no ato do manejo, (uma dentre as autorizadas quando da solicitação de autorização de manejo), restando informações apenas quanto ao número de animais abatidos. Considerando que parte dos relatórios apresentaram essa incompletude, nas análises relativas a este conjunto de dados, os valores e informações foram tratados em termos de “valores mínimos” de ocorrência para o determinado aspecto analisado.

Sobre a atividade de Manejo de *Sus scrofa*

As solicitações de autorização de manejo de controle, conforme dispõe a Instrução Normativa nº 3, de 31 de janeiro de 2013 (Ibama, 2013a), devem indicar o tipo de manejo (a técnica) a ser adotado. Conforme propõe Rosa (2018c), as técnicas de controle de *Sus scrofa* podem ser classificadas em dois grupos: o das armadilhas e o da caça.

O primeiro grupo, das armadilhas, agrupa os manejos de controle que envolvem o uso de artifícios ou engenhos para a captura dos animais. O segundo grupo compreende as atividades que envolvem a perseguição ativa, captura a pé, ou em determinado veículo, com ou sem o uso de cães, e a “caça em pé” (ou parada), que consiste no posicionamento do manejador em um local estratégico, natural ou artificial (como os *stands* e plataformas fixas, posicionadas em pontos estratégicos elevados, utilizadas para ocultação e proteção, quando da espera dos Javalis).

O primeiro grupo pode ser associado às tipologias (adotadas no momento do cadastramento da solicitação de manejo no Simaf): Armadilha tipo gaiola e Armadilha tipo curral; o segundo grupo, por sua vez, compreende as tipologias: Espera, espera com uso de ceva e busca com ou sem o uso de cães.

As diferentes técnicas de manejo não se confundem com as ferramentas de abate, pelo menos as citadas na Instrução Normativa nº 3, de 31 de janeiro de 2013 (Ibama, 2013a): o abate com arma branca e arma de fogo. Além disso, a solicitação e execução das diferentes técnicas de captura e uso das ferramentas de abate podem ocorrer de forma concomitante, visando maior efetividade da atividade de manejo.

Resultados e Discussão

Resultados

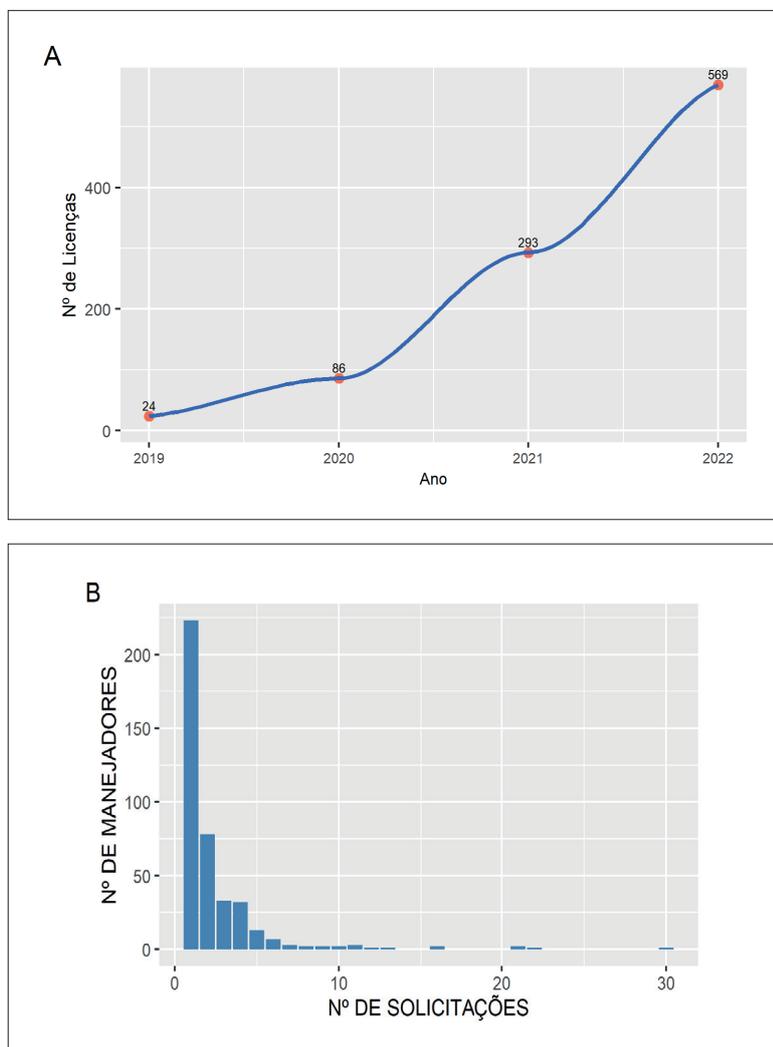
Solicitações de autorização de manejo de *Sus scrofa*

O Sistema Integrado de Monitoramento de Fauna (Simaf) registrou um montante de 972 solicitações de autorização de manejo de controle da espécie *Sus scrofa* no território do estado do

Pará, no período de maio de 2019 a outubro de 2022, com uma progressão de aumento ao longo dos anos. Foram registradas 24 solicitações registradas em 2019, 86 em 2020, 293 em 2021 e 569 em 2022, representando um aumento significativo e alcançando o pico histórico de número de solicitações de manejo de *Sus scrofa* no estado do Pará (Figura 2A).

Essas solicitações foram realizadas por um conjunto de 404 manejadores. Deste conjunto, 222 manejadores efetuaram, ao longo de todo o período, apenas uma solicitação; 143 manejadores efetuaram entre 2 a 4 solicitações; 28 manejadores efetuaram entre 5 a 10 solicitações, e 11 manejadores realizaram acima de 10 solicitações. Foi observado que 8,7% dos manejadores foram responsáveis por 37% das solicitações de autorização de manejo realizadas no período (Figura 2B).

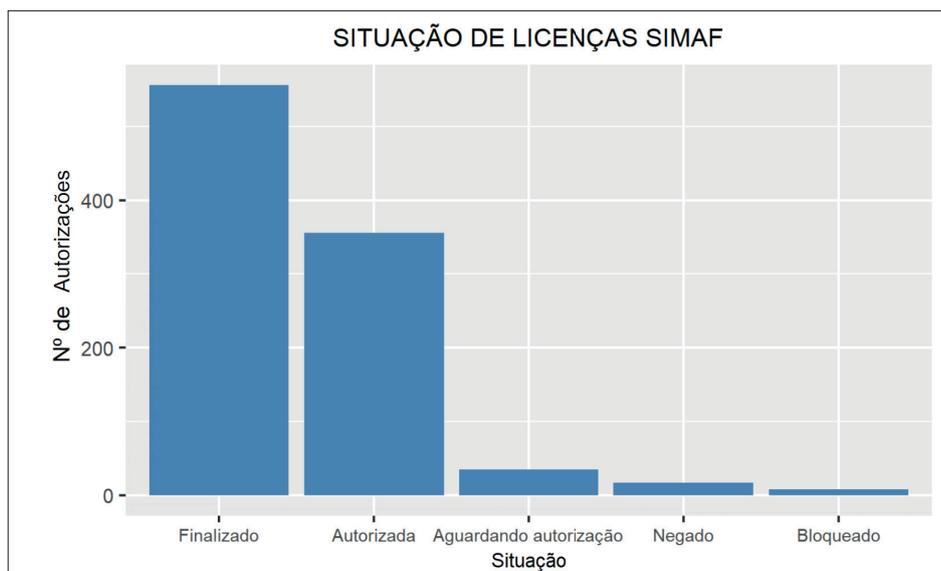
Figura 1 –A) Série temporal das solicitações de autorizações de manejo de controle de *Sus scrofa* realizadas no Simaf: maio de 2019 - outubro de 2022; e **B)** Relação entre manejadores e número solicitações de autorização de manejo de controle *Sus scrofa* efetuadas no período de análise.



Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

Das 972 solicitações de autorização de manejo de controle, 556 encontram-se finalizadas na data da respectiva análise, indicando a finalização dos trâmites administrativos e a validade da respectiva autorização, o que representa 57% das solicitações. Entre essas, 356 foram autorizadas (em vigência na data de análise); 17 foram canceladas, 8 estão bloqueadas e 35 estão aguardando autorização (Figura 2).

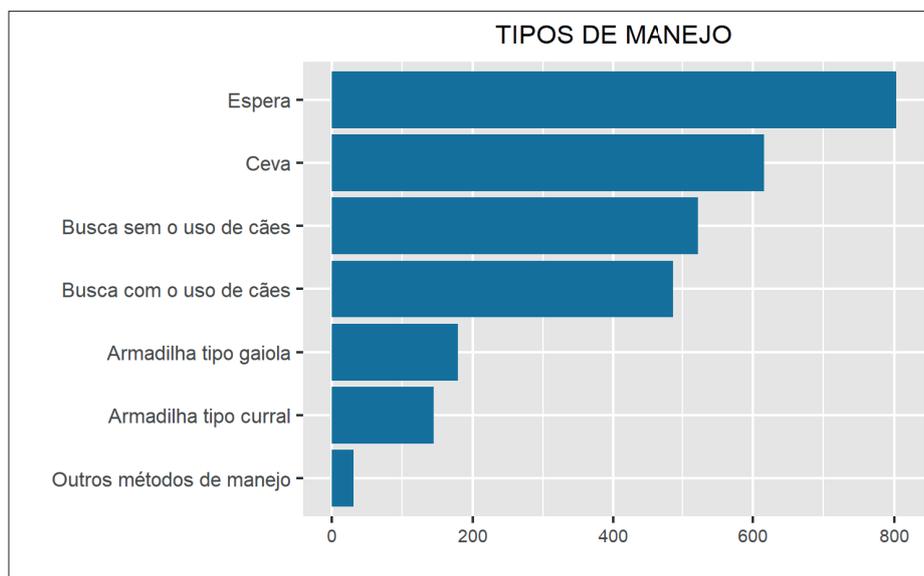
Figura 2 – Situação das solicitações de autorização de manejo de controle de *Sus scrofa* – Simaf.



Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

A tipologia de manejo do primeiro grupo, o grupo das armadilhas, mais solicitada foi a do tipo gaiola, presente em mais de 28% das solicitações de manejo. Quanto à tipologia do grupo dois, a da "caça propriamente dita", prevaleceu a do tipo espera, presente em mais de 76% das solicitações. Essa tipologia consiste no posicionamento do manejador em áreas estratégicas, equipado ou não com armas de fogo, aguardando o aparecimento dos javalis. A busca com o uso de cães esteve presente em 40% das solicitações, representando uma incidência considerável da pretensão de uso de cães nas atividades de controle de *Sus scrofa* (Figura 3).

Figura 3 – Tipos de manejo de controle mais solicitados - Simaf.



Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

Cerca de 16,5% das solicitações foram realizadas pelos donos das áreas rurais objeto da atividade de manejo, a princípio os maiores interessados no controle da espécie. A maior parte das solicitações de manejo, mais de 80%, foram realizadas por manejadores, que executam as

atividades em áreas alheias. Conforme dispõe a Instrução Normativa (Ibama, 2013a), o referido manejo não pode ser permitido sem o consentimento dos titulares ou detentores dos direitos de uso da propriedade, daí advinda a obrigação de apresentação de autorização dos proprietários.

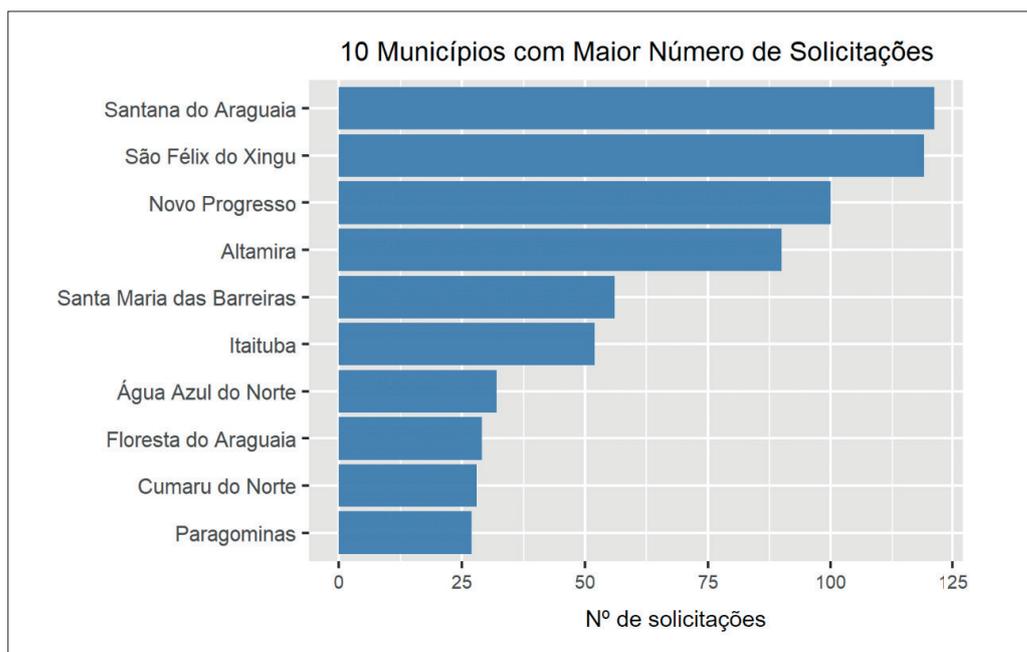
As 972 solicitações estão distribuídas em 5 mesorregiões (Figura 4), definidas, nos termos deste artigo, como as de importância quanto à gestão da política pública. Essas regiões são: região metropolitana de Belém (7 solicitações – cerca de 0,7% das solicitações); Baixo Amazonas (32 solicitações – cerca de 3,2% das solicitações); Nordeste Paraense (50 solicitações – cerca de 5,1% das solicitações); Sudoeste Paraense (296 solicitações – cerca de 30,4% das solicitações) e Sudeste Paraense, que agrupa o maior número de solicitações (587 solicitações – cerca de 60,39% das solicitações).

Foram elencados os 10 municípios com o maior número de solicitações, e manejadores (Figura 5), sendo eles:

- São Félix do Xingu (57 manejadores – cerca de 14,10% dos manejadores);
- Novo Progresso (53 manejadores – cerca de 13,11% dos manejadores);
- Santana do Araguaia (51 manejadores – cerca de 12,6% dos manejadores);
- Altamira (43 manejadores – cerca de 10,64% dos manejadores);
- Itaituba (25 manejadores – cerca de 6,18% dos manejadores);
- Santa Maria das Barreiras (24 manejadores – cerca de 5,94% dos manejadores);
- Paragominas (com 11 manejadores – cerca de 2,72% dos manejadores) e
- Água Azul do Norte (6 manejadores – cerca de 1,48% dos manejadores).

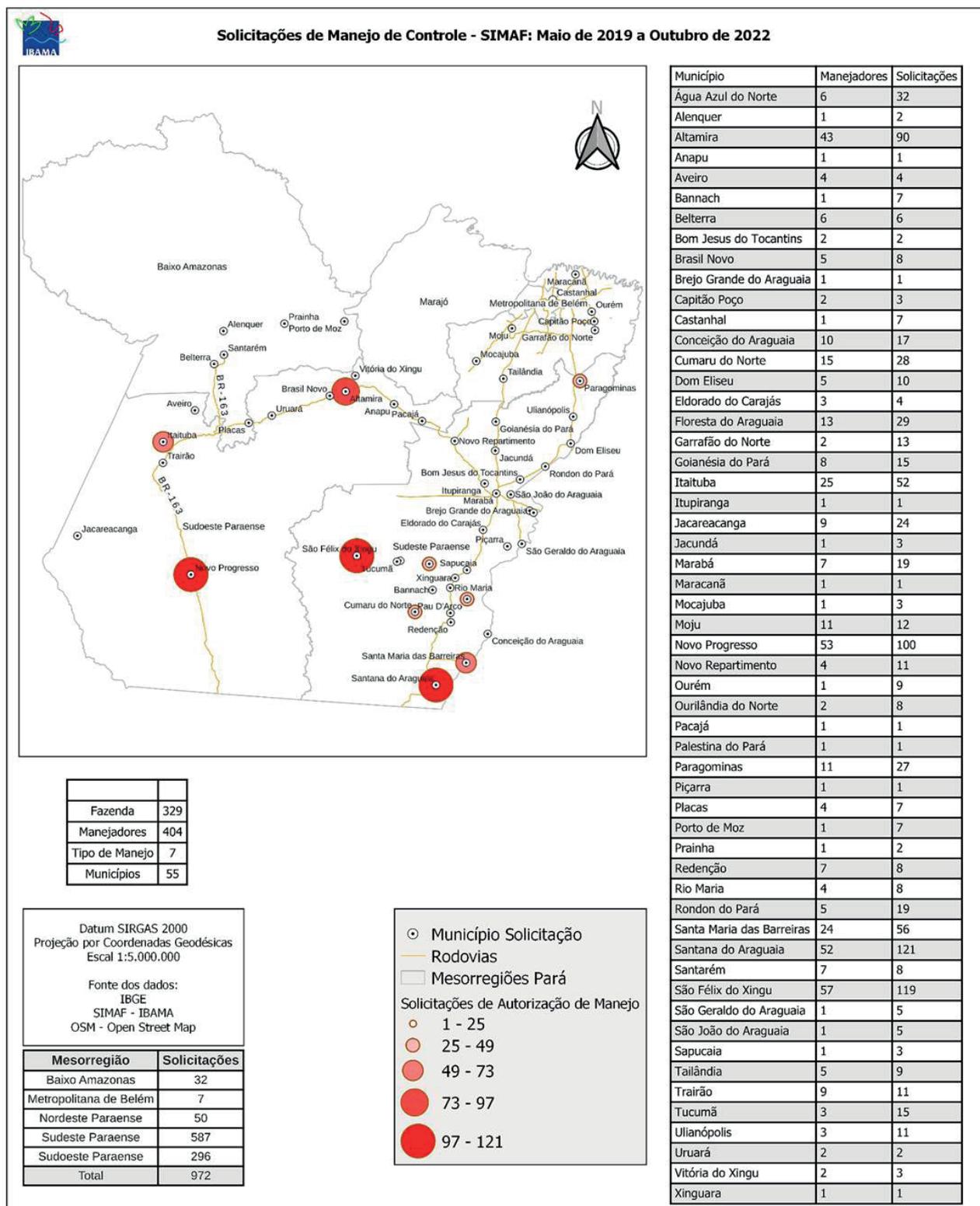
Este conjunto de dados evidencia uma distribuição heterogênea das solicitações no estado, estando a maior parte delas concentradas na região Sudeste do estado, principalmente na região de integração do Araguaia, que reúne os municípios de Santana do Araguaia, São Félix do Xingu e Santa Maria das Barreiras, responsáveis por 30% das solicitações (Figura 6).

Figura 4 – Municípios com o maior número de solicitações de autorização de manejo de controle de *Sus scrofa*.



Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

Figura 5 – Mapa de densidade, envolvendo as áreas objeto das solicitações de autorização de manejo de controle – Simaf e tabela contendo a relação de manejadores por município.



Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

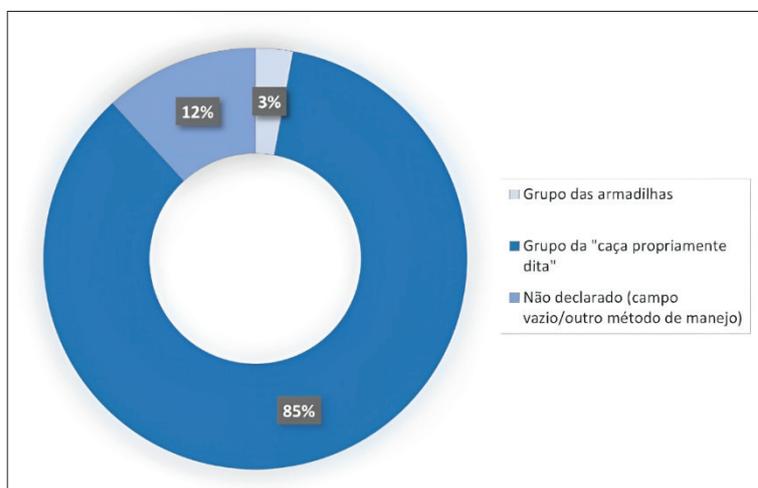
Relatórios de Manejo de *Sus scrofa*

Foram submetidos até o período de análise 677 relatórios de manejo de *Sus scrofa*. Esses relatórios apontaram um número de 662 indivíduos abatidos. Considerando os relatórios em que

houve efetivo abate, dos 677 relatórios de manejo de *Sus scrofa*, apresentados somente 261 reportaram abates de javalis (um ou mais animais abatidos), o que representa cerca de 38% dos relatórios apresentados. Houve um percentual de 0,97 javalis abatidos por atividade de manejo declarada, considerando o montante total de relatórios prestados. Esse número é considerado razoável tendo em vista o baixo número de ocorrências de *Sus scrofa* relatadas para o estado (Ibama, 2022).

Informações acerca das estratégias de captura de javalis adotadas pelos manejadores também foram declaradas (Figura 6), sendo considerados, para efeito desta análise, os relatórios que reportaram efetivo abate de *Sus scrofa* – um ou mais animais abatidos. As estratégias de captura mais utilizadas pelos manejadores foram as do grupo da “caça propriamente dita”, com destaque ao método de “Espera” com e sem o uso de ceva, responsáveis por, no mínimo, 314 dos abatimentos de javali, representando 47,43% do total de abatimentos. A busca com ou sem o uso de cães foi a segunda mais relevante, responsável por, no mínimo, 11% e 4,8% dos abatimentos de javali declarados. As armadilhas foram responsáveis por 3% abatimentos de javali relatados, indicando a pouca aderência dos manejadores a este instrumento de captura.

Figura 6 – Grupos de estratégias de captura adotadas no abate de *Sus scrofa*, no Pará, apresentadas nos Relatórios de Manejo – Simaf.



Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

Embora a Instrução Normativa nº 3, de 31 de janeiro de 2013 (Ibama, 2013a), disponha sobre a possibilidade de utilização de outras formas de abate, os dados demonstram a declaração do uso de somente duas formas: o abate com arma de fogo e com arma branca (Figura 7). Destaca-se no conjunto dos dados o abate com o uso de arma de fogo, responsável pelo abatimento de, no mínimo, 46,82% dos javalis abatidos.

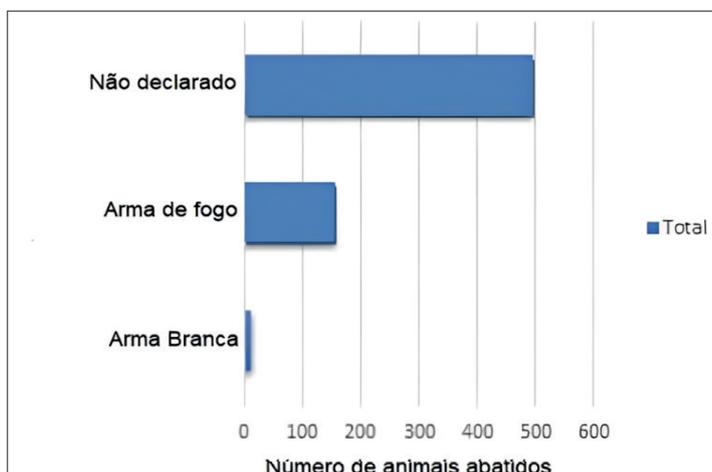
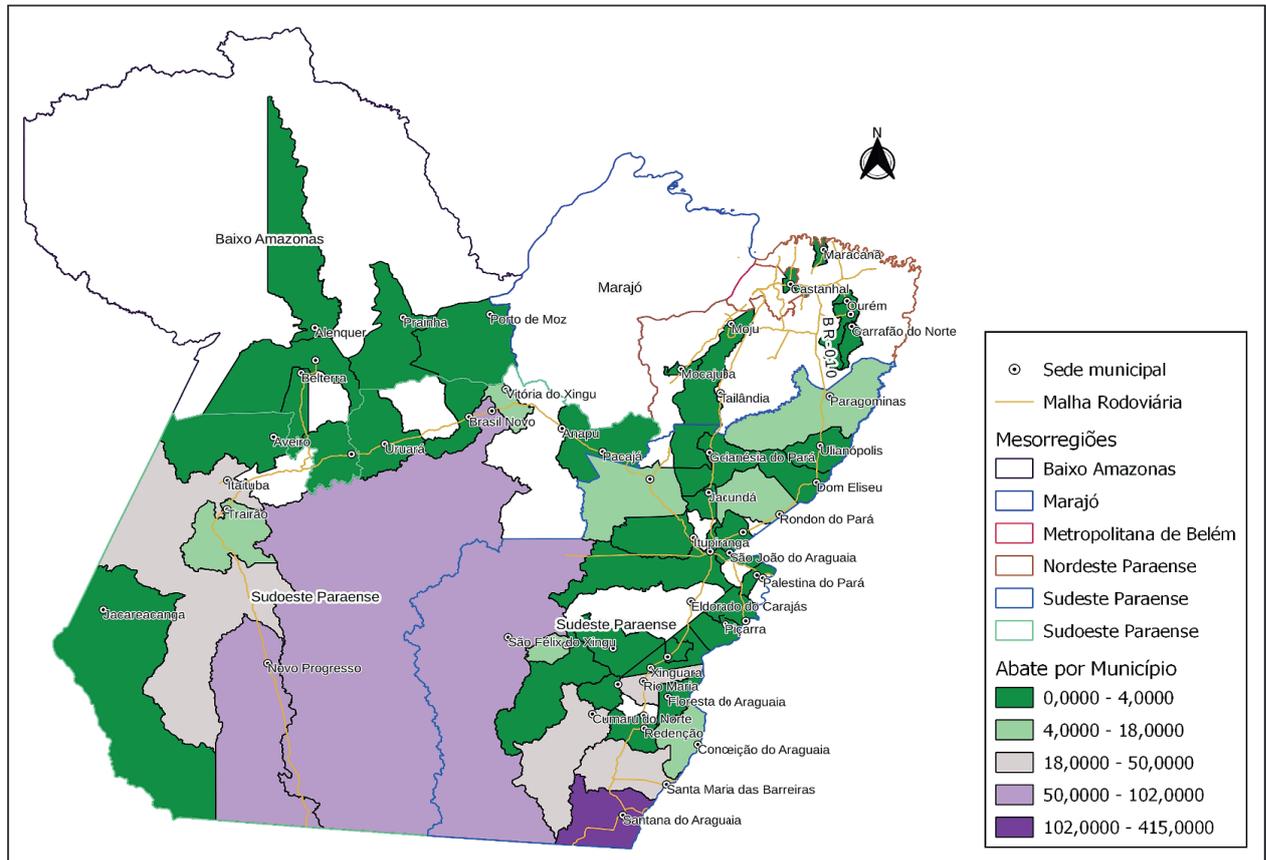


Figura 7 – Ferramentas adotadas para o abate de *Sus scrofa*, no Pará, apresentadas nos Relatórios de Manejo.

Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

Quanto à distribuição espacial dos dados contidos nos relatórios de manejo, verificou-se uma tendência dos relatos semelhante à das distribuições de solicitações de manejo, com uma distribuição heterogênea dos relatos de abate. No entanto, observou-se um maior número de javalis abatidos concentrados na região do sudeste e sudoeste paraense, em especial no município de Santana do Araguaia (Figura 8).

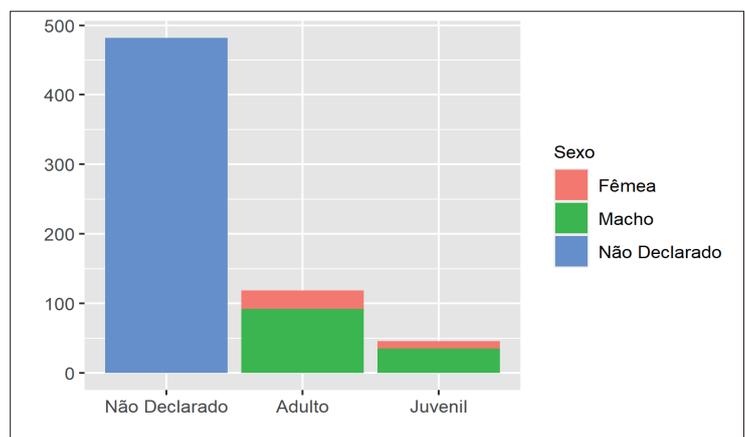
Figura 8 – Distribuição espacial dos relatos de abate de *Sus scrofa*, no estado do Pará, período 2019 a 2022.



Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

Quanto às características dos animais abatidos, observou-se (considerando os relatórios de manejo que declararam características, como sexo e estado de desenvolvimento, dos animais abatidos) uma predominância do abate de machos adultos sobre machos juvenis e fêmeas adultas e juvenis (Figura 9).

Figura 9 – Características dos javalis abatidos, informadas nos relatórios de manejo de *Sus scrofa*, estado do Pará, período 2019 a 2022.



Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

Discussão

O Brasil enfrenta um cenário crítico relacionado à expansão territorial da espécie exótica *Sus scrofa*, conhecida como Javali ou Javaporco, que trouxe consigo inúmeros prejuízos à conservação da biodiversidade nacional e à economia do país. Essa expansão tem afetado indiscriminadamente áreas de especial interesse de preservação, como unidades de conservação (Hegel e Marini, 2013; Batista, 2015; Rosa, 2018a; Pinto e Jardim, 2018); áreas de interesse comercial, como propriedades agrícolas (Ibama, 2019a) e demais territórios.

Nos últimos quarenta anos, houve um aumento expressivo na dispersão dos javalis, partindo dos pontos de introdução, principalmente na região sul do Brasil, para os diversos municípios. Entre os anos 2000 e 2019, houve um aumento de mais de 70 vezes no número de municípios afetados pela presença desses animais, conforme o último relatório contendo a distribuição dos registros de ocorrência de *Sus scrofa* (Hegel, 2022; Ibama, 2019a). A taxa de dispersão acelerada de *Sus scrofa*, anormal para os padrões naturais de dispersão previstos para a espécie, indica uma influência antrópica na sua expansão territorial (Salvador, 2012).

A expansão da espécie sobre florestas neotropicais, em especial as de mata atlântica, foram estudadas, indicando a existência de influência dos javalis sobre outras populações de mamíferos, como os tayassuídeos (*Tayassu pecari* e *Pecari tajacu*). Esses estudos indicam a existência de sobreposição de nichos ecológico entre as espécies (Salvador, 2012) o que pode ter impactos significativos na conservação da fauna nativa. Esses fatores ressaltam a importância de medidas eficazes de controle e manejo dos javalis para a preservação da biodiversidade.

As previsões sobre as possíveis rotas e direções de dispersão dos javalis, conforme propostas por Hegel (2021), apontam a região Norte como suscetível à futura invasão por *Sus scrofa*, cabendo aos órgãos públicos uma especial atenção ao problema.

Em 2019, o relatório produzido pelo órgão oficial (Ibama, 2019) apontou registros de ocorrência de javalis em 7 municípios do Pará. O Boletim Informativo do Simaf, referente ao período de 04/04/2019 a 31/08/2021 (Ibama, 2022), revela um número significativamente maior de javalis registrados em ocorrências para o estado do Pará, totalizando 100 animais. Essas informações, observados os dados apresentados nesta análise, se distanciam do cenário atual indicado pelo número das solicitações de autorização de manejo e relatórios de manejo de *Sus scrofa*, distribuídos em cerca de 55 dos 144 municípios do estado, com um número de animais abatidos superior a seiscentos indivíduos.

São diversos os fatores que influenciam os manejadores na adoção de certas técnicas de captura e ferramentas de abate, em detrimento de outras. Aspectos econômicos, acesso à informação, como o conhecimento acerca das práticas de manejo mais efetivas, e a percepção do manejador acerca das finalidades da política pública de manejo, se evidenciam (Guillard, 2019). Embora pouco utilizadas, as armadilhas possuem evidências que apontam para a sua efetividade na diminuição das populações de javali, dada a capacidade de captura de um número maior de indivíduos por “esforço de caça” e a possibilidade de menor ameaça às espécies nativas, quando respeitado o devido treinamento dos manejadores para a sua manutenção; porém, sua efetividade foi destacada em áreas com maior densidade de indivíduos, podendo se tornar um fracasso quando associadas a áreas de menor densidade populacional de javalis, quando estes podem adquirir comportamentos avessos às armadilhas (Rosa, 2018a; Rosa, 2018b). Estratégias que privilegiam o abate de fêmeas, gestantes e lactantes, e filhotes podem ser indicadas como meios eficientes para a redução, a curto prazo, das populações de *Sus scrofa* (McLeod *et al.*, 2020; Garcia; Ballari, 2015). A efetividade desta estratégia depende da caça individual, aquela que possibilita a seleção (Kamieniarz, 2020).

A proposição da política pública de manejo de *Sus scrofa*, por meio da Instrução Normativa nº 3, de 31 de janeiro de 2013, editada com principal interesse, à época, da defesa de interesses

macroeconômicos (Pedrosa *et al.*, 2015), sem a implementação de ações sistemáticas de conscientização dos manejadores acerca das finalidades e objetivos embutidos na atividade de manejo, instituída como instrumento de controle e redução das populações de *Sus scrofa*, tem promovido uma distorção dos efeitos da política pública, podendo ser vista por alguns como um instrumento paralelo para execução de atividades de caça recreativa (Rosa, 2018c) ou como meio para se atingir determinados fins, como a obtenção de certificado de registro de colecionamento de armas de fogo, tiro desportivo e caça_(CAC) (Guillard, 2019).

Conclusão

Diante dos resultados, podemos concluir pelo aumento das solicitações de autorização de manejo de *Sus scrofa* ao longo dos três anos, de 2019 a 2022, indicando um cenário relevante do ponto de vista da execução da política pública. As práticas de manejo, em especial as estratégias de captura, cujas autorizações foram solicitadas pelos manejadores, ocorrem de maneira heterogênea sem preferências marcantes, embora números relevantes, em termos de abates de javalis declarados, estejam associados a utilização do método “espera”, mais solicitado pelos manejadores. A maioria dos manejadores buscou a realização de manejo em propriedades alheias; e, ademais, a maior parte das solicitações realizadas esteve concentrada no Sudeste Paraense, onde ocorreu também o maior número de abates de *Sus scrofa*, especialmente no município de Santana do Araguaia; as armas de fogo figuraram como ferramenta de abate predominante e o abate de machos adultos destacou-se em relação ao de fêmeas e filhotes.

Evidencia-se, também, a necessidade de maior atenção por parte dos órgãos ambientais gestores desta política pública, no que tange ao monitoramento da atividade de manejo de *Sus scrofa* no estado do Pará, bem como o monitoramento das possíveis áreas de ocorrência da espécie, com base nas áreas de maior densidade de solicitações e abates de javalis, buscando impedir sua dispersão pelo estado. Conhecer os dados referentes às solicitações de manejo, a partir das informações prestadas nos relatórios das atividades de manejo, constitui uma possível estratégia para conhecer, ao menos indiretamente, a distribuição da espécie no estado. A melhoria dos critérios e exigências referentes à qualidade das informações apresentadas nos relatórios das atividades de manejo de *Sus scrofa*, inserindo a necessidade de apresentação de registros fotográficos, com informações georreferenciadas, além da obrigatoriedade de prestação de informações em completude sobre a atividade de manejo desenvolvida, pode permitir identificar a quantidade de indivíduos abatidos, suas características básicas (estágio do desenvolvimento e sexo) e a localização no momento do manejo, informações de grande valor para o mapeamento e quantificação da ocorrência de *Sus scrofa* no estado.

Referências

- ANDRADE, L. A. Espécies exóticas invasoras no nordeste do Brasil: impactos nos ecossistemas locais. In: Os avanços da botânica no início do século XXI: morfologia, fisiologia, taxonomia, ecologia e genética. Porto Alegre: Sociedade Botânica do Brasil, 2006. p. 524-528.
- BATISTA, G. O. et al. O javali (*Sus scrofa* linnaeus, 1758) na região do Parque Nacional das Araucárias: percepções humanas e relação com regeneração da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. 2015. 57 f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
- BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidente da República, [2016]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 11 mar. 2023.

BRASIL. Decreto Legislativo n. 2, de 4 de fev. de 1994. Aprova o texto do Convenção sobre Diversidade Biológica, assinada durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada na Cidade do Rio de Janeiro, no período de 5 a 14 de junho de 1992. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decleg/1994/decretolegislativo-2-3-fevereiro-1994-358280-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 10 de mar. 2018.

BRASIL. Lei Complementar nº 140, de 08 de dezembro de 2011. Fixa normas para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 09/12/2011.

BRASIL. Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Javali (*Sus Scrofa*) no Brasil. Brasília: IBAMA, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/centrais-de-conteudo/arquivos/arquivos-pdf/2017-planojavali-2017-2022-pdf>. Acesso em: 10 mar. 2023.

BRONDIZIO, E. S.; SETTELE, J.; DÍAZ, S.; NGO, H. T. Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. 2019.

BUTCHART, S. HM et al. Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science*, v. 328, n. 5982, p. 1164-1168, 2010. DOI: 10.1126/science.1187512.

CHAME, M.. Espécies exóticas invasoras que afetam a saúde humana. *Ciência & Cultura*, São Paulo, v. 61,n.1,p.30-34, 2009.

DEBERDT, A. J.; SCHERER, S. B. O javali asselvajado: ocorrência e manejo da espécie no Brasil. *Natureza & Conservação*, v. 5, n. 2, p. 23-30, 2007. ISSN 1984-6980.

GUILLARDI, B. L. Invasor (in) conveniente: o manejo de javali como política pública. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação da Biodiversidade) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2019.

HEGEL, C. G. Z.; MARINI, M. A. Impact of the wild boar, *Sus scrofa*, on a fragment of Brazilian Atlantic Forest. *Neotropical Biology and Conservation*, v. 8, n. 1, p. 17-24, 2013.

HEGEL, C. G. Z. História da invasão do javali (*Sus scrofa* L.) no Brasil contada pela dispersão e morfologia, com cenários de manejo da espécie. 2021. 205 f. Tese (Doutorado em Ecologia de Ecossistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.

HEGEL, C. G. Z. *et al.* Invasion and spatial distribution of wild pigs (*Sus scrofa* L.) in Brazil. *Biological Invasions*, v. 24, n. 12, p. 3681-3692, 2022.

IBAMA. Portaria Nº 29, de 13 de abril de 1994. Dispõe sobre a importação/exportação de fauna silvestre nativa ou exótica e sobre a lista de fauna considerada doméstica. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, nº 69, seção 1, p. 5385, 1994.

IBAMA. Portaria Ibama nº 7, de 26 de janeiro de 1995, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, nº 22, seção 1, p. 1330–1333, 1995.

IBAMA. Portaria nº 102, de 15 de julho de 1998, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) dispõe sobre criadores com fins econômicos de fauna silvestre exótica. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1998a.

IBAMA. Portaria nº 93, de 7 de julho de 1998, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente 90 dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) dispõe sobre importação e exportação de fauna silvestre. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1998b.

IBAMA. Portaria nº 138, de 14 de outubro de 2002, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) autoriza o manejo de javalis no Rio Grande do Sul. **Diário Oficial da União**, nº 200, seção 1, p. 114, 2002.

IBAMA. Instrução Normativa nº 25 de 31 de março de 2004. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) autoriza o manejo de javalis no Rio Grande do Sul, **Diário Oficial da União**, nº 63, seção 1, p. 91, 2004.

IBAMA. Instrução Normativa nº 71 de 4 de agosto de 2005. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) autoriza o controle populacional do javali - *Sus scrofa* -, por meio da captura e abate, em todo o Rio Grande do Sul, por tempo indeterminado. **Diário Oficial da União**, nº 152, seção 1, p. 28-29, 2005.

IBAMA. Instrução Normativa nº 3, de 31 de janeiro de 2013, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), decreta a nocividade do javali e dispõe sobre o seu manejo e controle. **Diário Oficial da União**, nº 23, seção 1, p. 88. 2013a.

IBAMA. Instrução Normativa nº 12, de 25 de março de 2019, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Altera a Instrução Normativa nº 03, de 31 de janeiro de 2013, e institui o Sistema Integrado de Manejo de Fauna - Simaf como sistema eletrônico para recebimento de declarações e relatórios de manejo da espécie exótica invasora javali - *Sus scrofa*. **Diário Oficial da União**, nº 65, seção 1, p. 29, 2019a.

IBAMA. In: BATISTA, G. O. (org.). Relatório sobre áreas prioritárias para o manejo de javalis: aspectos ambientais, socioeconômicos e sanitários. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), 2019b.

IBAMA. Manual de uso do sistema de Monitoramento de Fauna (Simaf) aplicado ao manejo de javalis. Organizadoras Juliana Junqueira e Grazielle Oliveira Batista. Brasília: Ibama, 2019c. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/javali/2019/Ibama-Manual-Simaf-v2.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2023.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Boletim Informativo - Simaf (04/04/2019 a 31/08/2021). SIMAF, 2022. Disponível em: <https://simaf.ibama.gov.br/>. Acesso em: 20 mar. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Municípios. 2016. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados>. Acesso em: 19 mar. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Área territorial brasileira 2020. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15774-areas-dos-municipios.html>. Acesso em: 10 mar. 2023.

GARCIA, M. N. B.; BALLARI, S. A. Impact of wild boar (*Sus scrofa*) in its introduced and native range: a review. *Biological Invasions*, v. 17, n. 11, p. 3113-3126, 2015.

KAMIENIARZ, R. et al. The relationship between hunting methods and the sex, age and body mass of wild boar *Sus scrofa*. **Animals**, v. 10, n. 12, p. 2345, 2020.

KURTH, T. et al. The biodiversity crisis is a business crisis. Boston Consulting Group: Boston, MA, USA, 2021.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

LOWE, S. et al. 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database. Auckland: Invasive Species Specialist Group, 2000.

LUQUE, G. M. et al. The 100th of the world's worst invasive alien species. *Biological Invasions*, v. 16, p. 981-985, 2014.

MENEZES, F.P.; FERNANDES, L.L.; ROCHA, E.J.P. O uso da estatística para regionalização da precipitação no estado do Pará, Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 16, p. 64-71, 2015. Disponível em: <https://shre.ink/HsL5>. Acesso em: 10 mar. 2023.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE; MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Javali (*Sus scrofa*) no Brasil. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2017. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/phocadownload/javali/2017/2017-PlanoJavali-2017.2022.pdf>. Acesso em: 10 mar de 2023.

MCLEOD, S. R. et al. Selective culling of female wild pigs reduces population growth in a semi-arid rangeland region of Australia. *Wildlife Research*, v. 47, n. 6, p. 488-499, 2020.

MOURA, A. S. et al. Impactos causados pela espécie invasora *Sus scrofa* Linnaeus, 1758, o javali. *Natureza Online*, Santa Teresa, v. 18, n. 1, p. 41-46, jul./out. 2020.

- PEDROSA, F. et al. Current distribution of invasive feral pigs in Brazil: economic impacts and ecological uncertainty. *Natureza & Conservação*, v. 1, n. 13, p. 84-87, 2015.
- PYŠEK, Petr et al. Scientists' warning on invasive alien species. *Biological Reviews*, v. 95, n. 6, p. 1511-1534, 2020.
- ROSA, Clarissa Alves; PINTO, Isabel Andrade; JARDIM, Nilo Salgado. Controle do javali na Serra da Mantiqueira: um estudo de caso no Parque Nacional do Itatiaia e RPPN Alto-Montana. *Biodiversidade Brasileira-BioBrasil*, v. 8, n. 2, p. 285-303, 2018a.
- ROSA, C. A.; FERREIRA, H. F.; ALVES, R. R. N. O manejo do javali (*Sus scrofa* Linnaeus 1758) no Brasil: implicações científicas, legais e éticas das técnicas letais de controle de uma espécie exótica invasora. *Biodiversidade Brasileira-BioBrasil*, v. 8, n. 2, p. 267-284, 2018b.
- ROSA, C. A.; WALLAU, M. O.; PEDROSA, F. Hunting as the main technique used to control wild pigs in Brazil. *Wildlife Society Bulletin*, v. 42, n. 1, p. 111-118, 2018c.
- SALVADOR, Carlos Henrique. Ecologia e manejo de javali (*Sus scrofa* L.) na América do Sul. Rio de Janeiro: UFRJ/PPGE, 2012. 152 f. il. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Programa de Pós-graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.
- SILVA, Christian Nunes da; SILVA, João Marcio Palheta da; CHAGAS, Clay Anderson Nunes (org.). Geografia na Amazônia paraense: territórios e paisagens. Belém: GAPTA/UFGPA, 2015. 409 p. Disponível em: <http://livroaberto.ufpa.br/jspui/handle/prefix/130>. Acesso em: 10 mar. 2023.
- TESCARI, Adriana Sader. A biodiversidade como recurso estratégico, as negociações do Protocolo de Nagoia e a política externa brasileira. Brasília, DF: FUNAG, 2021. 360 p.



Metodologias multicritério de apoio à decisão: uma aplicação do método SAPEVO-M na hierarquização do impacto à biodiversidade marinha, pelas diversas frotas pesqueiras com atuação na costa do Rio Grande do Sul

Luís Eduardo Torma Burgueño;¹

Fernando Antônio Ribeiro Falcão²

Resumo

Neste artigo discute-se a importância da aplicação de métodos multicritério de apoio às tomadas de decisão (MCDM) como instrumento de planejamento das ações do Ibama (Planejamento Estratégico, Diagnóstico de Delitos Ambientais – DDA, Plano Nacional Anual de Proteção Ambiental – Pnapa, etc.). Os métodos multicritério de apoio à decisão (*Multiple-Criteria Decision Method* – MCDM) constituem-se de diversas técnicas que facilitam a tomada de decisões sobre problemas gerenciais complexos. Isto é realizado por meio da seleção, avaliação e ordenamento de diversas alternativas, considerando diferentes pontos de vista, dentro de critérios pré-estabelecidos. Dentre os diversos MCDM, neste estudo utilizou-se o método Sapevo-M – *Simple Aggregation of Preferences Expressed by Ordinal Vectors – Multi Decision Makers*, para avaliar o grau de impacto das diversas frotas da pesca industrial marinha na biodiversidade marinha da costa oceânica do Rio Grande do Sul (RS). As diversas frotas foram comparadas, duas a duas, dentro de seis critérios ambientais previamente elaborados: i) espécies ameaçadas, ii) *status* da ameaça; iii) áreas protegidas; iv) técnicas ou petrechos proibidos; v) fração de captura e vi) custos operacionais da fiscalização. A partir disso, as diversas frotas pesqueiras foram hierarquizadas em função de seus impactos à biodiversidade marinha, com destaque às espécies ameaçadas de extinção mais impactadas pelas atividades destas frotas. Os resultados obtidos apontam para as frotas de Arrasto de Fundo Duplo (AFDP) resultou na pescaria com maior impacto ambiental. Este resultado está de acordo com inúmeros estudos que apontam as pescas de arrasto como aquelas com maiores impactos. Com a realização deste estudo pretende-se contribuir com instrumentos que auxiliem na gestão pesqueira e das atividades fiscalizatórias, orientadas à proteção da biodiversidade marinha. Em uma perspectiva mais ampla, os MCDM, poderiam ser

¹ Engenheiro Agrícola (UFPEL), Mestre em Engenharia Oceânica (FURG), Doutorando em Manejo e Conservação do Solo e da Água (UFPEL). Analista Ambiental na Unidade Técnica do Ibama no Rio Grande/RS.

² Arquiteto e Urbanista (Unb), Mestre em Arquitetura (UFRGS), Especialista em Análise Ambiental e Gestão do Território (ENCE/IBGE); Analista ambiental na Ditec/Supes/Ibama – RS.

utilizados na elaboração do Planejamento Estratégico do Ibama, facilitando para os tomadores de decisão, o equacionamento das prioridades relativas entre as metas e ações institucionais, tanto regionais como nacionais.

Palavras-chave: Ibama, fiscalização ambiental federal, Métodos Multicritério de Tomada de Decisão (MCMD), Método Sapevo-M.

Abstract

This article discusses the importance of applying multi-criteria decision support methods (MCDM) as a tool for planning Ibama's actions (Strategic Planning, Environmental Crime Diagnosis – DDA, National Annual Environmental Protection Plan – Pnapa, etc.). The Multiple-Criteria Decision-making Methods (MCDM) consist of various techniques that facilitate decision-making on complex managerial problems. This is achieved through the selection, evaluation, and ranking of various alternatives, considering different points of view, within pre-established criteria. Among the various MCDMs, this study used the Sapevo-M method – Simple Aggregation of Preferences Expressed by Ordinal Vectors – Multi Decision Makers, to assess the impact of various fleets of marine industrial fishing on the marine biodiversity of the ocean coast of Rio Grande do Sul (RS). The various fleets were compared, pairwise, according to six previously developed environmental criteria: i) threatened species; ii) threat status; iii) protected areas; iv) prohibited techniques or gear; v) catch fraction; and vi) operational inspection costs. Based on this, the various fishing fleets were ranked according to their impact on marine biodiversity, with emphasis on the endangered species most impacted by the activities of these fleets. The results obtained indicate that the double bottom trawl (AFDP) fleet is the fishery with the greatest environmental impact. This result is in line with numerous studies that point to trawling fisheries as those having the greatest impact. The aim of this study is to provide tools to help with fisheries management and inspection activities, aimed at protecting marine biodiversity. From a broader perspective, the MCDM could be used in the preparation of IBAMA's Strategic Planning, making it easier for decision-makers to equate relative priorities among institutional goals and actions, both regional and national.

Keywords: Ibama, federal environment inspection, Multiple-Criteria Decision-Making Methods (MCMD), Sapevo-M Method.

Introdução

Ao longo da última década, o Ibama tem envidado esforços no desenvolvimento e aplicação de métodos e técnicas que auxiliem no planejamento de suas ações fiscalizatórias. Este esforço conjunto, articulado entre a sede do Ibama em Brasília e as várias superintendências estaduais, culminou com a publicação da primeira edição do Diagnóstico de Delitos Ambientais (DDA), que representa, em âmbito estadual e nacional, os principais delitos ambientais, categorizados em temas e subtemas (Ibama, 2018a). O DDA é um instrumento de planejamento que utiliza múltiplos critérios para identificar os diferentes ilícitos ambientais, analisá-los e auxiliar na definição e hierarquização das prioridades institucionais. Sua utilização tem permitido uma reorientação das ações de fiscalização, reforçando a atuação nos delitos de competência federal. Desde sua publicação, o DDA passou a subsidiar e nortear o Plano Nacional Anual de Proteção Ambiental (Pnapa), elaborado pela Diretoria de Proteção Ambiental (Dipro) e superintendências. Desta forma

são definidas e planejadas, atualmente, as investigações e ações da fiscalização ambiental federal, protagonizadas pelo Ibama.

As estratégias utilizadas na identificação dos delitos ambientais podem, de maneira simplificada, ser divididas em dois grupos: um diretamente vinculado à *expertise* dos agentes e outro à coleta e análise de diferentes fontes e bancos de dados, bem como à utilização de métodos e ferramentas estatísticas em seu escrutínio. Na maior parte das vezes, o conhecimento baseado na experiência de campo dos agentes não está descrito ou fundamentado em critérios objetivos, que possam ser compartilhados e adequadamente replicados ou, ainda, sua aplicação pode estar restrita a cenários específicos. Desta forma, limita sua aplicação em outros âmbitos do planejamento institucional.

No âmbito da fiscalização ambiental da pesca oceânica, a *expertise* do agente ambiental federal consiste nos conhecimentos acumulados ao longo da trajetória profissional dos agentes, tais como: técnicas e métodos de pescaria praticados pelas diferentes frotas industriais e artesanais, espécies alvo, períodos de pesca, locais e infratores contumazes, etc. Esses saberes possibilitam ao agente deduzir, a partir de determinados fatores, indícios de irregularidade. Esse conhecimento, embora fundamental, é pessoal, e tende a perder-se quando da ausência do agente (Ibama, 2022a).

Nesta perspectiva, os métodos multicritério de apoio à decisão (*Multiple-Criteria Decision Method* – MCDM) constituem-se de diversas técnicas que facilitam a tomada de decisões sobre problemas gerenciais complexos. Isso é realizado por meio da seleção, avaliação e ordenamento de diversas alternativas, considerando diferentes pontos de vista, dentro de critérios pré-estabelecidos. Os MCDA possuem propriedades que possibilitam a resolução de problemas decisórios, pois podem utilizar conjuntos de dados quantitativos e qualitativos, incluindo opiniões de especialistas. Os MCDA podem considerar critérios múltiplos e conflitantes, estruturar problemas de gestão, pois fornecem um modelo matemático que facilita a elaboração e o equacionamento dos diversos critérios e alternativas envolvidas e permite um processo que leva a decisões racionais, justificáveis e transparentes.

No âmbito do Ibama, os MCDA podem ter uma ampla aplicabilidade no equacionamento de prioridades para a fiscalização ambiental, contribuindo para o aprimoramento do DDA e Pnapa. Entretanto, não se restringem aos aspectos estratégicos, táticos e operacionais vinculados à Dipro, podendo ser utilizados na elaboração e estruturação de planos estratégicos e de gestão institucional do Ibama. Isso amplia a participação e transparência em suas construções, bem como equaciona conflitos entre visões por vezes divergentes.

Dentre os diversos MCDM, neste estudo foi simulada a aplicação do método Sapevo-M – *Simple Aggregation of Preferences Expressed by Ordinal Vectors – Multi Decision Makers*, para avaliar o grau de impacto das diversas frotas da pesca industrial na biodiversidade marinha da costa oceânica do Rio Grande do Sul (RS). Para tanto utilizou-se de um conjunto de critérios previamente elaborados. A partir disso, as diversas frotas pesqueiras foram hierarquizadas em função de seus impactos à biodiversidade marinha. Com isso, pretende-se contribuir no planejamento da gestão pesqueira e das atividades fiscalizatórias, orientadas à proteção das espécies ameaçadas de extinção mais impactadas pelas atividades destas frotas.

Neste sentido, considerando a complexidade da pesca industrial desenvolvida ao longo da zona costeira do Rio Grande do Sul (RS), o objetivo deste trabalho foi aplicar um método com múltiplos critérios que permita avaliar e hierarquizar as diversas frotas pesqueiras a partir de seus

diversos impactos à biodiversidade marinha, gerando subsídios para orientar as ações fiscalizatórias do Ibama no Estado. Com isso, pretende-se contribuir para o planejamento da gestão pesqueira e das atividades fiscalizatórias, voltadas à proteção das espécies ameaçadas de extinção mais impactadas pelas atividades dessas frotas.

Métodos multicritério de apoio à decisão

Os métodos de decisão multicritério (MCDM) são abordagens abrangentes que têm sido aplicadas a uma ampla gama de situações de gestão ambiental e de recursos naturais (Mendoza, Martins, 2006; Gomes *et al.*, 2008; Colapinto *et al.*, 2017; Kumar *et al.*, 2017). Estes métodos são definidos pela *International Society on MCDM*³ como o estudo de métodos e procedimentos pelos quais as preocupações sobre critérios múltiplos, geralmente conflitantes, podem ser formalmente incorporadas ao processo de planejamento gerencial.

Os MCDA, conforme descrito por Figueira, Greco e Ehrgott (2016), emergiram dos campos da pesquisa operacional e da ciência da gestão ao longo do último meio século, à medida que os analistas buscavam maneiras de estender suas avaliações a problemas de síntese de dados mais heterogêneos. O objetivo comum dos métodos MCDM é superar as limitações da tomada de decisão não estruturada, individual ou em grupo, na seleção entre diversas alternativas, com base em múltiplos critérios e em uma análise sistemática (Kiker *et al.*, 2005).

No ambiente gerencial, os modelos MCDM possibilitam a integração de múltiplas visões de problemas decisórios e, assim, podem facilitar e aprimorar o entendimento entre vários tomadores de decisão e a formação de consensos. Isso ocorre porque os MCDM permitem aos decisores ordenar e ponderar alternativas em uma ordem de preferência, avaliando um conjunto finito de alternativas com base em dois ou mais critérios, tanto quantitativos como qualitativos. Conforme destacam He, Wang e Huang (2022), a crescente complexidade do ambiente de engenharia e de gestão ambiental torna difícil para um decisor individual ter experiência suficiente para considerar todos os aspectos relacionados às tarefas de tomada de decisão e, portanto, requer a integração da expertise de vários tomadores de decisão em uma análise conjunta.

A tomada de decisão por parte de agências governamentais, conforme destacam Kurth *et al.* (2017), muitas vezes, diz respeito a questões que são caracterizadas pela complexidade técnica e social; natureza multidisciplinar; e dados e informações, amplas e diversas, de difícil mensuração e, por vezes, interesses discordantes. As demandas feitas às agências governamentais para superar efetivamente esses desafios, apontam para a necessidade de processos decisórios deliberados, inclusivos e transparentes.

De modo geral, as MCDM são um conjunto de ferramentas que permite o equacionamento e a ordenação de uma série de atividades alternativas, muitas vezes conflitantes. Por meio delas, estabelece-se a possibilidade de definir prioridades, reduzir os conflitos e divergências de opinião por parte de um conjunto de diferentes gestores, setores e representações sociais. Sua aplicação facilita a interlocução entre diversos atores (políticos, gestores, engenheiros, especialistas, representantes de movimentos sociais e povos e populações tradicionais, etc.) na definição e escolha de políticas públicas.

³ <http://www.mcdmsociety.org/>

O método SAPEVO-M

Para Gonçalves *et al.* (2003), problemas com decisões complexas normalmente estão associados a uma análise multicritério. Os elementos fundamentais presentes nos processos de decisão são os seguintes:

- 1) obter respostas aos questionamentos e incertezas de um decisor em um processo de tomada de decisão;
- 2) tornar transparente toda potencial decisão;
- 3) aumentar a coerência entre a evolução de um processo de decisão, os objetivos, e o sistema de valor do processo.

Por sua vez, Gomes e Gomes (2019) esclarecem que o resultado pretendido em determinado problema de tomada de decisão pode ser classificado em quatro tipos de problemáticas de referência, descritas a seguir:

- a) *Problemática P.α* – visa esclarecer a decisão pela escolha de um subconjunto de alternativas o mais restrito possível; portanto, o resultado pretendido é uma escolha.
- b) *Problemática P.β* – visa esclarecer a decisão por uma triagem resultante da alocação de cada alternativa a uma classe (ou categoria); portanto, o resultado pretendido é uma ação de classificação.
- c) *Problemática P.γ* – visa esclarecer a decisão por uma organização obtida pelo reagrupamento de parte ou de todas as ações em classes de equivalência, que são ordenadas de modo parcial ou completo, conforme as preferências do(s) decisor(es); portanto, o resultado pretendido é um procedimento de ordenação ou ranking.
- d) *Problemática P.δ* – visa esclarecer a decisão por uma descrição das ações e de suas consequências; portanto, o resultado pretendido é um procedimento cognitivo ou uma descrição.

Entretanto, as problemáticas descritas acima não são independentes, o que torna as decisões difíceis e complexas. Isto ocorre, sobretudo, quando se pretende encontrar a melhor escolha, entre um conjunto muito grande de alternativas possíveis e na presença de múltiplos critérios, eventualmente conflitantes entre si. Nessas situações, a utilização de MCDM pode auxiliar na definição e estruturação do processo de tomada de decisão.

Dentre os diversos MCDM, aqueles que utilizam a ordenação das alternativas (**P.γ**) podem ser utilizados para resolver problemas de escolha ou classificação. Dentre estes, o método Sapevo-M – *Simple Aggregation of Preferences Expressed by Ordinal Vectors – Multi Decision Makers* (Gomes, Santos, 2018; Teixeira, Santos, Gomes, 2019; Gomes *et al.*, 2020) permite a participação de múltiplos decisores em um processo de escolhas a partir de critérios subjetivos. O Sapevo-M facilita o equacionamento de um determinado problema que requer a ordenação de alternativas, da mais favorável à menos favorável, considerando as preferências estabelecidas pelos múltiplos decisores. O método Sapevo-M constitui-se de duas etapas consequentes, conforme descrito por Gomes *et al.* (2020):

1. A transformação ordinal da preferência entre *critérios*, expressa por um vetor representando os *pesos* dos critérios.
2. A transformação ordinal da preferência entre *alternativas* dentro de um determinado conjunto de critérios, expressa por uma matriz que representa a Matriz de Decisão.

As informações de preferência são denotadas por uma série de comparações pareadas entre os critérios e as alternativas. A relação entre essas comparações é expressa em uma escala de sete pontos, conforme apresentado na Tabela 1, na qual estão ponderadas a importância relativa entre as alternativas propostas. A partir da avaliação entre as alternativas, obtém-se uma matriz com a representação numérica correspondente.

Tabela 1 – Pontuação para avaliar os critérios e as alternativas do modelo.

Expressão Linguística	Pontuação
Absolutamente Pior	-3
Muito Pior	-2
Pior	-1
Igual ou Equivalente	0
Melhor	1
Muito Melhor	2
Absolutamente Melhor	3

Fonte: Teixeira, Santos e Gomes (2019).

As expressões linguísticas, estabelecidas na Tabela 1, referem-se à magnitude relativa que um critério ou alternativa tem em relação aos outros critérios e alternativas em comparação. Ou seja, a escala de sete pontos expressa a relação entre as alternativas, a partir da qual é mensurada a importância relativa entre um critério/alternativa e outro.

A matriz com a representação numérica correspondente é obtida automaticamente a partir da comparação, duas a duas, entre as diversas alternativas, conforme descrito por Gomes *et al.* (2020). Considere-se c_i e c_j como dois critérios dentro de um conjunto de critérios $C = \{c_1, c_2, \dots, c_i, \dots, c_j, \dots, c_n\}$. O grau de preferência entre eles é dado por $\delta c_i . c_j$, conforme descrito a seguir:

- $\delta c_i - c_j = 0 \leftrightarrow c_i \cong c_j$, isto é, c_i e c_j têm impactos *semelhantes* a c_j ;
- $\delta c_i - c_j > 1 \leftrightarrow c_i > c_j$, isto é, c_i é uma modalidade de pesca "melhor" que c_j , ou seja, c_i tem impactos *menores* que c_j ;
- $\delta c_i - c_j < 1 \leftrightarrow c_i < c_j$, isto é, c_i é uma modalidade de pesca "pior" que c_j , ou seja, c_i tem impactos *maiores* que c_j .

As frotas pesqueiras e os critérios de avaliação

Os diferentes critérios e as diversas modalidades de pesca oceânica praticadas na costa do RS foram discutidos e elaborados no âmbito do estudo dos impactos da produção pesqueira no RS (Ibama, 2022a). Foram estabelecidos seis critérios de comparação entre as 15 frotas pesqueiras com atuação na costa do RS. A seguir são descritos os critérios elegidos e as frotas pesqueiras identificadas, conforme apresentado em Ibama (2022a):

a) Critérios

- Espécies Ameaçadas (SPA)
- Status da Ameaça (STA)
- Áreas Protegidas (APR)
- Técnicas ou Petrechos Proibidos (TPP)

- Fração de Captura (FRC)
 - Custos Operacionais da Fiscalização (COF)
- b) Frotas Pesqueiras:
- Arrasto Costeiro de Fundo Duplo – peixes demersais (ACFD)
 - Arrasto Costeiro de Fundo Simples/Parelha – peixes demersais (ACFP)
 - Arrasto de Fundo Duplo ou Simples – camarões (AFDS)
 - Arrasto Oceânico de Fundo – peixes diversos (AOFU)
 - Arrasto de Fundo Duplo – camarão-rosa (AFDP)
 - Cerco (CERC)
 - Emalhe Costeiro Diversificado (ECDV)
 - Emalhe Costeiro de Fundo (ECFU)
 - Emalhe Costeiro de Superfície (ECSU)
 - Emalhe Oceânico de Fundo (EOFU)
 - Espinhel Horizontal de Superfície (ESPS)
 - Espinhel Horizontal de Fundo (ESPF)
 - Vara/Linha com Isca Viva (VLIV)
 - Vara e Linha e Linha de Mão (VLLM)
 - Pesca de Praia (PDPR)

As comparações entre os *Critérios* são realizadas de forma pareada, ou seja, todos os critérios são comparados dois a dois. Desta forma, por exemplo, compara-se o primeiro critério, *espécies ameaçadas* – SPA, com o segundo critério, *status da ameaça* – STA, e verifica-se o quão o primeiro critério é mais ou menos importante/melhor que o segundo, para avaliação das ameaças e impactos da pesca à biodiversidade, considerando as expressões e ponderações estabelecidas na Tabela 1. Na sequência, compara-se o primeiro critério (SPA) com o terceiro critério, *áreas protegidas* – APP, verificando quanto o primeiro critério é melhor para avaliar as ameaças e impactos da pesca à biodiversidade, e assim sucessivamente, até que todos os *Critérios* tenham sido comparados entre si.

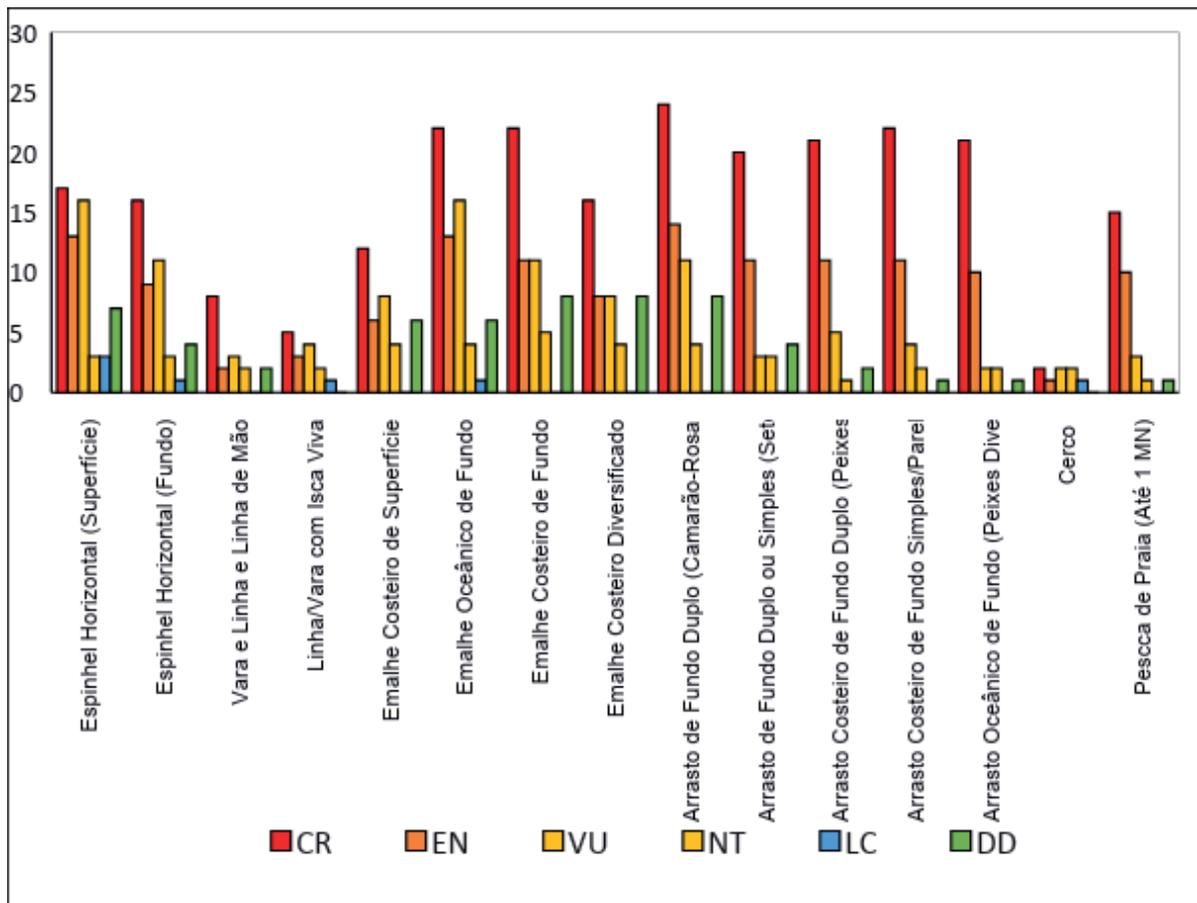
Na sequência, as diferentes alternativas (frotas pesqueiras) são comparadas duas a duas em cada um dos *Critérios* estabelecidos. Nesta matriz, as comparações se referem à magnitude do impacto que cada uma das pescarias tem em relação ao critério em análise. Por exemplo, na comparação da pescaria de *espinhel de fundo* contra *espinhel de superfície*, dentro do critério SPA, deve-se avaliar o quão a pesca de *espinhel de fundo* é pior/melhor em relação a pesca de *espinhel de superfície* no que concerne ao seu impacto no referido critério.

Após definidas as preferências para todos os critérios e comparadas as frotas pesqueiras entre si, é gerada uma matriz de avaliação. O vetor resultante da multiplicação entre o vetor peso e a matriz de avaliação, indicará qual deverá ser a ordenação entre as alternativas.

• Base de conhecimentos sobre os critérios de avaliação

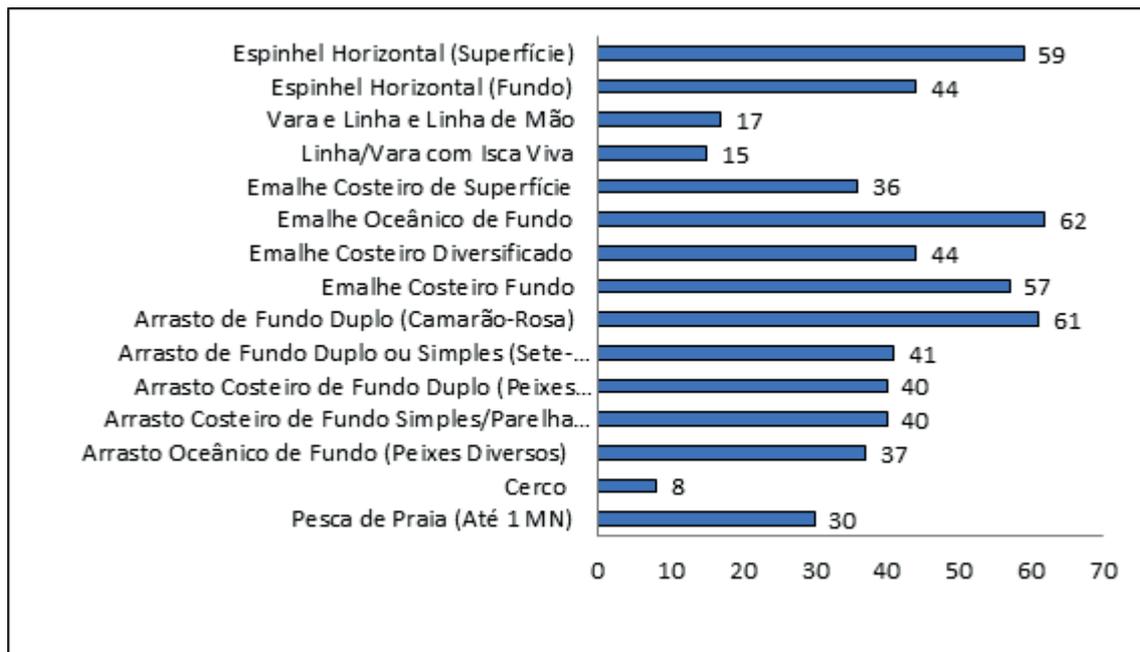
Ainda que os MDCM permitam a incorporação de conhecimentos subjetivos, o uso de fontes fidedignas de informação pode facilitar as comparações entre as múltiplas alternativas em comparação. Neste sentido, as Figuras 1 e 2 apresentam algumas informações que podem auxiliar na comparação das diversas frotas pesqueiras dentro dos critérios *espécies ameaçadas* (SPA) e *status da ameaça* (STA), respectivamente. Nessas figuras, estão contidos os quantitativos de espécies marinhas afetadas pelas diversas frotas pesqueiras que atuam na zona costeira do RS.

Figura 1 – Número de espécies marinhas impactadas pelas diversas frotas pesqueiras com atividade na costa oceânica do RS, em cada nível de ameaça.



Fonte: Elaborado pelos autores, modificado de Ibama, 2022.

Figura 2 – Quantidade de espécies marinhas impactadas pelas diversas frotas pesqueiras com atividade na costa oceânica do RS.



Fonte: Fonte: Elaborado pelos autores, modificado de Ibama, 2022a.

O critério *fração de captura* (FRC) é considerado como a produção relativa de pescados, verificada em cada frota de pesca. Isto é, consiste no percentual com que cada frota contribui anualmente para a produção pesqueira desembarcada em Rio Grande, RS, e em Santa Catarina (Ibama, 2022a). Na Tabela 2, apresentam-se as frações de captura para diversas frotas pesqueiras que realizaram desembarques em Rio Grande no ano de 2018.

Tabela 2 – Capturas totais (kg) e frações de captura (%) das pescarias de diversas frotas pesqueiras, monitoradas pela Furg, que desembarcaram em Rio Grande, em 2018.

	Arrasto Simples	Arrasto de Parelha	Arrasto Duplo	Emalhe	Espinhel	Cerco	Vara/Isca Viva	Total
Capturas Totais	1.463.290	6.933.770	663.250	4.293.912	939.910	1.066.471	5.311.732	20.672.335
Fração de Captura	0,071	0,335	0,032	0,208	0,045	0,052	0,257	---
Teleósteos	0,997	1,000	0,967	0,999	0,490	1,000	1,000	---
Crustáceos	0,001	---	0,020	---	---	---	---	2,0%
Elasmobrânquios	0,002	0,000	0,008	0,001	0,510	---	---	52,1%
Cefalópodes	---	---	0,005	---	---	---	---	0,5%

Fonte: Elaborado pelos autores, modificado de Furg, 2018.

Considerou-se, como estrutura de comparação, para o critério *custos operacionais da fiscalização* (COF), que estes crescem, no sentido de que, partindo do monitoramento remoto, passam a exigir outras atividades como: fiscalização *in loco*, em portos e indústrias de processamento/beneficiamento de pescados; monitoramentos de praia e de desembarques, abordagens de embarcações etc. Logo, estabeleceu-se que a relação entre as frotas pesqueiras dentro deste critério, tem a seguinte relação: Arrasto >>> Emalhe/Cerco >>> Espinhel/Vara e Linha e Isca Viva/Potes >>> Pesca de Praia.

Para o critério Áreas Protegidas (APR), foram consideradas as incidências de pesca nas faixas de exclusão da atividade, ao longo do litoral do RS (MPA, MMA, 2012; MPA, MMA, 2015; Rio Grande do Sul, 2018), com destaque para as Unidades de Conservação (UC) federais, principalmente, Parque Nacional da Lagoa do Peixe e Estação Ecológica do Taim, conforme descrito em Ibama (2022a).

Por fim, o critério Técnicas ou Petrechos Proibidos (TPP), refere-se à captura de pescado realizada em desacordo com aquela para a qual a frota pesqueira está licenciada, tais como petrechos proibidos ou com dimensões irregulares, ou ainda, sem o sistema de rastreamento Preps em funcionamento.

Simulação do Sapevo-M para as frotas pesqueiras do RS

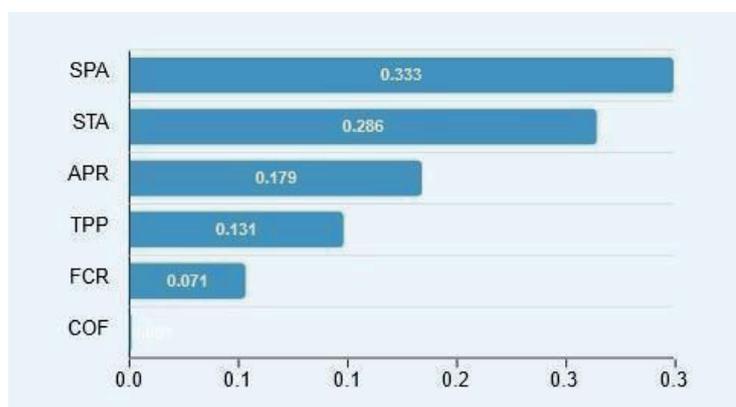
A aplicação do método Sapevo-M foi simulada para avaliar o grau de impacto das diversas frotas da pesca industrial marinha no RS, na biodiversidade marinha da costa oceânica do Rio Grande do Sul (RS), a partir dos critérios apresentados. A hierarquização das frotas pesqueiras com maiores impactos à biodiversidade foi realizada por meio do algoritmo Sapevo-M⁴, desenvolvido por Moreira *et al.*, (2022). Para tanto, as diversas frotas pesqueiras com atuação na zona costeira do RS foram comparadas duas a duas, considerando os critérios elaborados e as bases de dados apresentadas. Os resultados representam as respostas às comparações realizadas por apenas um

4. <https://sapevo-m.com/home.php>

tomador de decisão. Portanto, corresponde apenas a uma simulação das possibilidades de uso destas ferramentas de apoio à decisão.

A Figura 3 apresenta os pesos relativos dos critérios de avaliação das pescarias, resultante das atribuições de pesos/notas nas diversas comparações pareadas entre os diversos critérios considerados. Nota-se que entre os critérios mais valorizados pelo tomador de decisão, aqueles que consideram a magnitude do impacto às espécies marinhas ameaçadas (SPA e STA) foram considerados como de maior relevância, aproximadamente, 62% de representatividade do peso total dos critérios. É importante destacar que o critério custos operacionais da fiscalização (COF) não apresentou qualquer significância na presente análise, o que indicaria que, em futuras avaliações, poderia se prescindir deste critério.

Figura 3 – Pesos relativos do conjunto de critérios de avaliação das frotas pesqueiras oceânicas, gerados pelo Sapevo-M.



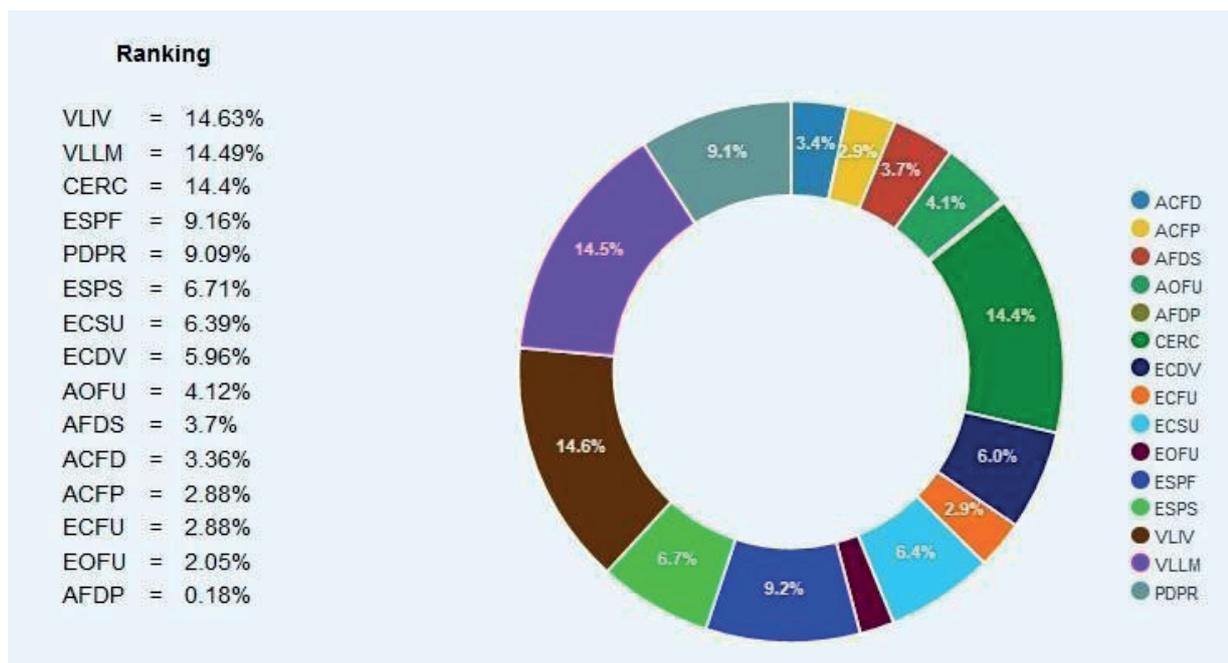
Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Na Figura 4, é apresentado o resultado das comparações das diversas frotas pesqueiras, dentro de cada um dos seis critérios de avaliação. A ordem de classificação das frotas apresentada, é estabelecida a partir daquela que causa menores impactos à biodiversidade marinha até aquela que tem os maiores impactos. Nesse sentido, observa-se que quatro das 15 frotas pesqueiras, duas de arrasto (Arrasto de Fundo Duplo – AFDP, Arrasto Costeiro de Fundo Simples/Parelha – ACFP) e duas de emalhe (EOFU, ECFU), são aquelas às quais estariam associados os maiores impactos à biodiversidade na zona costeira do RS.

Inobstante o resultado obtido prover da opinião de um único analista, destaca-se que a pesca de arrasto (AFDP – Arrasto de Fundo Duplo) resultou na pescaria com maior nível de impactos. Este resultado está de acordo com inúmeros estudos que apontam as pescas de arrasto como aquelas com maiores impactos à biodiversidade marinha (Alencastro *et al.*, 2022; Cardoso *et al.*, 2018; Erickson-Davis, 2014; Pusceddu *et al.*, 2014). Importante destacar que, entre 2016 e 2020, foram lavrados pelo Ibama, 242 autos de infração ambiental (AI) contra barcos de pesca profissional que desenvolvem atividades na costa do RS, dos quais 52 AI foram de barcos de arrasto. Dentre estes, a frota de arrasto de fundo duplo (AFDP) foi aquela, entre as modalidades de arrasto, com maior percentual de atuações – 44,2% (Ibama, 2021).

Entretanto, a pesca de emalhe, que ocupou a segunda e a terceira pior posição (Figura 3), é a frota pesqueira com maior número de atuações realizadas pelo Ibama (40,9%), entre 2016 e 2020, enquanto a frota de arrasto correspondeu a 21,5% do número de infrações ambientais (Ibama, 2021).

Figura 4 – Ranking das frotas pesqueiras que atuam na zona oceânica do RS, gerados pelo Sapevo-M.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Conclusão

O Sapevo-M é uma MCDM que permite a tomada de decisão por um conjunto de decisores em um ambiente de múltiplas variáveis e cenários complexos. A simulação de seu uso para um cenário de fiscalização das frotas pesqueiras do RS evidenciou sua resposta precisa e que conflui com a *expertise* dos AAF e o referido na bibliografia.

No âmbito da Dipro, os MCDM poderiam ser utilizados na elaboração de planos estratégicos como o DDA (Ibama, 2022 - 2018) e o Pnapa (Ibama, 2022 - 2014), de forma a estabelecer uma hierarquização entre as diversas ações institucionais. Em uma perspectiva mais ampla, os MCDM poderiam ser utilizados na elaboração do planejamento estratégico do Ibama, facilitando aos tomadores de decisão o equacionamento das prioridades relativas entre as diversas metas e ações institucionais, tanto regionais como nacionais.

A utilização de MCDM na gestão ambiental pública pode facilitar a tomada de decisão, pois estabelece um ranqueamento entre diversas alternativas. Os MCDM possibilitam desde a construção colaborativa dos vários critérios, bem como ordenam e ponderam as múltiplas alternativas, evidenciando aquelas que obtiveram as maiores avaliações. O desenvolvimento e uso de MCDM na gestão ambiental pública permitirá estabelecer melhores estratégias para definir e alcançar os objetivos institucionais.

Referências

ALENCASTRO, A.C.R *et al.* A pesca de arrasto no Rio Grande do Sul: reflexos na biodiversidade e na proteção ambiental. **Trajétoérias, perspectivas e Desafios da Gestão Ambiental Pública**. Coordenação de Gestão da Informação Ambiental, Ibama: Brasília, DF n. 3, pp. 201-228, 2022.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura, Ministério do Meio Ambiente. **Instrução Normativa Interministerial MPA/MMA nº 04**, de 14 de maio de 2015. Estabelece normas, critérios e padrões para o exercício da pesca em áreas determinadas e, especificamente, para a captura de tainha (*Mugil liza*), no litoral das regiões Sudeste e Sul do Brasil. 2015. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2015/p_mpa_mma_04_2015_estabelece_normas_pesca_tainha_s_se.pdf

CARDOSO, L.G. *et al.* Protect vulnerable habitats and species from bottom trawling. **Relatório Final** – Produtos 1 e 2 - Termo de Referência n.º BRA-0142-2017. FURG/Laboratório de Recursos Demersais e Cefalópodes; Oceana, 2018. 74 p. Disponível em: https://demersais.furg.br/images/producao/Cardoso_et_al_2018_Relatorio_dslocamento_arrasto_de_fundo_12_mn_final.pdf Acesso em: 07/06/2023.

COLAPINTO, C. *et al.* Environmental sustainability and multifaceted development: multi-criteria decision models with applications. **Annals of Operations Research**. 2017. 28 p. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10479-019-03403-y>.

ERICKSON-DAVIS, M., Pesca de arrasto: o destrutivo método de pescaria está transformando o leito dos oceanos em “desertos”. **Mongabay**. 2014. Disponível em: <https://brasil.mongabay.com/2014/07/pesca-de-arrasto-o-destrutivo-metodo-de-pescaria-esta-transformando-os-leitos-dos-oceanos-em-desertos/>

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Assembleia Legislativa. **Lei Estadual nº 15.223**, de 05 de setembro de 2018. Proíbe a pesca mediante a utilização de toda e qualquer rede de arrasto tracionada por embarcações motorizadas em todo o território do estado do Rio Grande do Sul, incluindo as 12 milhas náuticas da faixa marítima da zona costeira do estado, 2018. Disponível em: http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100099.ASP?Hid_Tipo=TEXTO&Hid_TodasNormas=64882&hTexto=&Hid_IDNorma=64882

FIGUEIRA, J.R.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. Introduction. In: GRECO, S.; EHRGOTT, M.; FIGUEIRA, J.R., (Eds.) Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. **International Series in Operations Research & Management Science** (ISOR, volume 233), Springer: New York, NY. DOI: 10.1007/978-1-4939-3094-4. pp. 19-33, 2016.

FURG/SEMA. **Boletim da pesca industrial marinha no Rio Grande do Sul**. Rio Grande: Laboratório de Recursos Pesqueiros Demersais e Cefalópodes - Instituto de Oceanografia – FURG Universidade Federal do Rio Grande, Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura do Estado do Rio Grande do Sul, 2018. 15 p. Disponível em: https://demersais.furg.br/images/boletins_tuba_azul/Anuario_da_pesca_industrial_marinha_no_Rio_Grande_do_Sul_2018_v2.pdf Acesso em: 08/06/2023.

GOMES, C.F.S.; GOMES, L.F.A.M. **Princípios e métodos para a tomada de decisão: enfoque multicritério**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2019. 360 p.

GOMES, C.F.S *et al.* Sapevo-M: a group multicriteria ordinal ranking method. **Pesquisa Operacional**, v. 40, pp. 1-23, 2020. DOI: 10.1590/0101-7438.2020.040.00226524.

GOMES, C.F.S *et al.* Multicriteria Decision Making Applied to Waste Recycling in Brazil. **Omega**. n.36, pp. 395-404, 2008. DOI: 10.1016/j.omega.2006.07.009.

GONÇALVES, R.W.; PINHEIRO, P.R.; FREITAS, M.A.S. Métodos multicritérios como auxílio à tomada de decisão na bacia hidrográfica do rio Curu - estado do Ceará. In: **Anais do XV SBRH**. XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba/PR – 23/11/2003 à 27/11/2003, 2003. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Marcos%20Airton%20de%20S.%20Freitas/M%E9todos%20multicrit%E9rios.pdf>

HE, Y.; WANG, X.; HUANG, J.Z. Recent advances in multiple criteria decision making techniques. **International Journal of Machine Learning and Cybernetics**. v. 13, pp. 561–564, 2022. DOI: 10.1007/s13042-015-0490-y.

IBAMA, **A Proteção da Biodiversidade Aquática no Rio Grande do Sul**. Estudo sobre os impactos da produção pesqueira. Porto Alegre: Supes/RS, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Processo n.º 02023.000644/2021-06. SEI 9603755, 2022a. 293 p.

IBAMA, **Portaria n.º 161, de 22 de dezembro de 2022**. Aprova o Plano Nacional Anual de Proteção Ambiental - Pnapa 2023. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2022b. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=26/12/2022&jornal=515&pagina=88>. Acesso em: 07/06/2023.

IBAMA, **Nota Técnica n.º 05/2021/Nuin/Ditec/Supes-RS**. A fiscalização da atividade pesqueira no Rio Grande do Sul: análise das autuações realizadas entre os anos de 2016 e 2020. Porto Alegre: Supes/RS, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Processo n.º 02023.002588/2021-36. SEI 11408026, 2021. 04 p.

KIKER, G.A. et al. Application of Multicriteria Decision Analysis in Environmental Decision Making. **Integrated Environmental Assessment and Management**. v.1, n.2, pp. 95–108, 2005. DOI: 1.95-108.10.1897/IEAM_2004a-015.1.

KUMAR, A. et al. A review of multi criteria decision making (MCDM) towards sustainable renewable energy development. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v.69. PP. 596-60, 2017. DOI: 10.1016/j.rser.2016.11.191.

KURTH, M.H. et al. Trends and applications of multi-criteria decision analysis: use in government agencies. **Environment Systems and Decisions**. 2017. 10 p. DOI: 37. 134-143. 10.1007/s10669-017-9644-7.

MENDOZA, G.A.; MARTINS, H. Multi-Criteria Decision Analysis in Natural Resource Management: A Critical Review of Methods and New Modelling Paradigms. **Forest Ecology and Management**. 230, pp. 1-22, 2006. DOI: 10.1016/j.foreco.2006.03.023.

MPA, MMA, Ministério da Pesca e Aquicultura, Ministério do Meio Ambiente. **Instrução Normativa Interministerial MPA/MMA n.º 12**, de 22 de agosto de 2012. Estabelece critérios e padrões para o ordenamento da pesca praticada com o emprego de redes de emalhe nas águas jurisdicionais brasileiras das regiões Sudeste e Sul, do Estado do Espírito Santo ao Estado do Rio Grande do Sul. 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/mpa/legislacao/emalhe/instrucao-normativa-mpa-mma-no-12-de-22-08-2012.pdf/view>

MOREIRA, M.A.L.; COSTA, I.P.A.; SANTOS, M.; GOMES, C.F.S., 2022. **SAPEVO-M Software Web (v.1)**. 2022. Disponível em: <https://sapevo-m.com/home.php>

MUNDA, G., Multiple Criteria Decision Analysis and Sustainable Development. In: GRECO, S.; EHRGOTT, M.; FIGUEIRA, J.R., (Eds.). **Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys**, Chapter 27, pp. 1295-1267, 2016. DOI: 10.1007/978-1-4939-3094-4_27.

PUSCEDDU, A., BIANCHELLI, S., MARTÍN, J., PUIG, P., PALANQUES, A., MASQUÉ, P., & DANOVARO, R. Chronic and intensive bottom trawling impairs deep-sea biodiversity and ecosystem functioning. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 201405454, 2014. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/epdf/10.1073/pnas.1405454111>. Acesso em: 07/06/2023.

RANE, N.L.; ACHARI, A.; CHOUDHARY, S.P., Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) as a powerful tool for sustainable development: Effective applications of AHP, FAHP, TOPSIS, ELECTRE, and VIKOR in sustainability. **International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science**. n. 5, pp. 2654-2670, 2023. DOI: 10.56726/IRJMETS36215.

TEIXEIRA, L.F.H.S.B.; SANTOS, M.; GOMES, C.F.S.; Proposta e implementação em *Python* do método *Simple Aggregation of Preferences Expressed by Ordinal Vectors - Multi Decision Makers*: uma ferramenta *Web* simples e intuitiva para apoio à decisão multicritério. In: **Anais do XIX SPOLM – Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha – 06 a 08 de novembro de 2019**. Rio de Janeiro, RJ, 2019. Disponível em: https://www.marinha.mil.br/spolm/sites/www.marinha.mil.br/spolm/files/PROPOSTA%20E%20IMPLEMENTA%C3%87%C3%83O%20EM%20PYTHON%20DO%20M%C3%89TODO%20SIMPLE%20AGGREGATION%20OF%20PREFERENCES%20EXPRESSED%20BY%20ORDINAL%20VECTORS%20-%20MULTI%20DECISION%20MAKERS%20-%20UMA%20FERRAMENTA%20WEB%20SIMPLES%20E%20INTUITIVA%20PARA%20APOIO%20%C3%80%20DECIS%C3%83O%20MULTICRIT%C3%89RIO_0.pdf



Produção madeireira nas concessões florestais federais da Amazônia

Gustavo Bediaga de Oliveira¹

Robson Cruz Santos²

José Humberto Chaves³

Resumo

A Lei de Gestão de Florestas Públicas (LGFP), instituída pelo governo brasileiro em 2006, possibilita a concessão de florestas públicas federais para o manejo florestal sustentável. Essa concessão é feita mediante licitação a empresas que atendam aos requisitos do edital e demonstrem capacidade para o manejo florestal. Após a licitação, o vencedor apresenta um Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) ao Ibama, que, uma vez aprovado, define as atividades a serem executadas na área. Atualmente, existem 21 contratos de concessão florestal em vigor, abrangendo 1,28 milhão de hectares. O manejo florestal sustentável desempenha um papel importante na economia local da Amazônia, gerando empregos, renda e contribuindo para a conservação da biodiversidade e redução das emissões de carbono. O processo de exploração madeireira nas concessões florestais é realizado com técnicas que minimizam o impacto na floresta, como a Exploração de Impacto Reduzido (EIR). Analisamos um conjunto de dados de 104 Unidades de Produção Anuais (UPA) em 17 Unidades de Manejo Florestais (UMF), localizadas em cinco Florestas Nacionais (Flona) na Amazônia. Foram analisadas mais de 2 milhões de árvores de espécies comerciais em uma área total de 182 mil hectares. As espécies com maior volume nos Inventários Florestais foram a Castanheira, Maçaranduba e o Angelim Vermelho. A Flona de Caxiuanã apresentou o maior estoque comercial médio, seguida pela Flona de Jamari. A exploração atingiu somente cerca de 61% do volume autorizado e 3,6% do estoque total de madeira das áreas. As Concessões Florestais Federais desempenham um papel crucial na produção de madeira com impacto ambiental reduzido, e está previsto um aumento da área pelo novo Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia. A produção de madeira nativa de forma sustentável trará benefícios para o mercado madeireiro brasileiro, tornando essencial o investimento na gestão e no monitoramento das áreas autorizadas, com o uso de novas tecnologias e ferramentas de inteligência artificial.

Palavras-chave: Concessão de florestas públicas; Manejo florestal sustentável; Exploração de Impacto Reduzido; Inventário florestal; Gestão de recursos naturais

¹ Engenheiro Florestal, Mestre em Ecologia. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. Coordenação de Uso Sustentável dos Recursos Florestais.

² Engenheiro Florestal. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. Superintendência no estado do Pará, Núcleo de Biodiversidade e Florestas.

³ Engenheiro Florestal, Mestre em Ciência Florestal. Serviço Florestal Brasileiro. Coordenação Geral de Monitoramento e Auditoria Florestal.

Abstract

The Public Forest Management Law, instituted by the Brazilian government in 2006, allows for the concession of federal public forests for sustainable forest management. This concession is made through a bidding process to companies that meet the requirements of the public notice and demonstrate their capacity for forest management. After the bidding process, the winner submits a Sustainable Forest Management Plan to IBAMA, which, once approved, defines the activities to be carried out in the area. Currently, there are 21 forest concession contracts in force, covering 1.28 million hectares. Sustainable forest management plays a key role in the local economy of the Amazon, generating jobs, income and contributing to the conservation of biodiversity and the reduction of carbon emissions. The logging process in forest concessions employs techniques that minimize the impact on the forest, such as Reduced Impact Logging. Our analysis encompassed data from 104 Annual Production Units in 17 Forest Management Units, located in five National Forests in the Amazon. Over 2 million trees of commercial species were scrutinized across a total area of 182,000 hectares. Castanheira (Brazil nut tree – *Bertholletia excelsa*), Maçaranduba (Balata or Bulletwood – *Manilkara huberi*) and Angelim Vermelho (Red Angelim Angelim – *Dinizia excelsa*) emerged as the species with the highest volume in the Forest Inventories. The Caxiuanã National Forest had the highest average commercial stock, followed by the Jamari National Forest. Logging operations utilized only around 61% of the authorized volume and accounted for 3.6% of the total stock of wood in the areas. Federal Forest Concessions play a crucial role in the production of timber with reduced environmental impact, and an expansion in the area is predicted by the new Action Plan for the Prevention and Control of Deforestation in the Amazon. The production of native timber in a sustainable way will bring benefits to the Brazilian timber market, emphasizing the necessity of investment in the management and monitoring of authorized areas, using new technologies and artificial intelligence tools.

Keywords: Public forest concession; Sustainable forest management; Reduced Impact Logging; Forest Inventory; Natural resource management

Introdução

O governo brasileiro editou, em 2006, a Lei 11.284, também conhecida como Lei de Gestão de Florestas Públicas (LGFP). Dentre outras medidas, esta legislação possibilitou a concessão de florestas públicas federais. A concessão florestal, conforme definida por essa lei, é uma

delegação onerosa, feita pelo poder concedente, do direito de praticar manejo florestal sustentável para produção de produtos madeireiros e não madeireiros, bem como a prestação de serviços em uma unidade de manejo, mediante licitação, à pessoa jurídica, em consórcio ou não, que atenda às exigências do respectivo edital de licitação e demonstre capacidade para seu desempenho, por sua conta e risco e por prazo determinado (art. 2º, inciso VII).

A tramitação da Lei ocorreu após intenso debate sobre o papel das florestas públicas para a conservação e para o fornecimento sustentável de madeira. Ao final desse processo, foi alcançado um inédito consenso entre o setor madeireiro e ONGs ambientalistas (Araújo, 2008).

Resumidamente, o processo de concessão florestal tem início com a inclusão das florestas públicas no Cadastro Nacional de Florestas Públicas (CNFP) e a publicação do Plano Anual de

Outorga Florestal (PAOF), que tem como objetivo selecionar e descrever as Florestas Públicas Federais passíveis de concessão no ano de sua vigência. Trata-se de um instrumento de planejamento que informa, com antecedência, aos interessados as florestas que poderão ser licitadas.

As florestas públicas inseridas no PAOF devem ser caracterizadas por meio de estudos que permitam avaliar a viabilidade técnica e econômica para a estruturação do edital de concessão florestal. Nas Florestas Nacionais (Flona), o Plano de Manejo da Unidade de Conservação (PMUC) fornece informações preliminares sobre o meio físico, biológico e social, além de definir a organização espacial da Unidade de Conservação (UC) em diferentes zonas de uso.

A concessão se dá na zona de manejo florestal empresarial, onde são realizados estudos técnicos complementares, incluindo o inventário florestal amostral, análise multitemporal da intervenção antrópica, contextualização ambiental, geográfica e social da região, e estudos de mercado. No caso de concessão florestal fora de UC, em florestas públicas sem destinação prévia, estudos complementares podem ser realizados, como censos populacionais, diagnósticos fundiários e análises das condições sociais e econômicas da população local.

De posse dos estudos técnicos e econômicos, é elaborado o edital de concessão florestal, que deve ser submetido previamente à audiência pública na região, conforme previsto na LGFP. O edital de concessão florestal é baseado em propostas técnicas e de preço, devendo trazer no seu objeto, a descrição dos produtos e serviços a serem explorados na Unidade de Manejo Florestal (UMF). A escolha do licitante vencedor ocorre com base na soma de pontos nas propostas de preço e proposta técnica, sendo declarado vencedor aquele que obtiver maior pontuação.

Após a licitação, o vencedor apresenta ao Ibama um Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS), um documento técnico que contém as diretrizes e procedimentos para a administração da floresta, visando à obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais. Após aprovado o PMFS, o empreendedor deve, a cada ano, apresentar o Plano Operacional Annual (POA), onde são definidas todas as atividades a serem executadas na área a ser administrada naquele ano, abrangendo tanto a produção madeireira quanto a não madeireira.

Atualmente, há 21 contratos de concessão florestal em vigor, somando 1,28 milhão de hectares. Destes, seis contratos ainda não iniciaram suas operações até o final do ano de 2022. Desde 2010, três contratos foram rescindidos.

O Manejo Florestal Sustentável possui grande importância na economia local da Amazônia (Uhl *et al.*, 1997; Veríssimo; Cochrane; JR, 2002), gerando empregos e renda ao passo que mantém a floresta em pé (Ribeiro, Felipe Corrêa, 2021). Sua importância para a produção madeireira nacional é significativa, sendo responsável por cerca de 87% da madeira nativa, em tora, produzida no Brasil (Farani; Oliveira, 2019).

Além dos benefícios sociais, as áreas sob MFS desempenham um papel importante na conservação da Amazônia. Elas conseguem manter a maior parte dos serviços ecossistêmicos e funcionais (Edwards *et al.*, 2014) e conservar a riqueza de espécies (Bicknell; Struebig; Davies, 2015; Chaudhary *et al.*, 2016; Gai *et al.*, 2019).

O Manejo Florestal Sustentável também é considerado uma ferramenta eficaz para evitar a emissão de carbono atmosférico (Miller *et al.*, 2011), desempenhando uma função importante para que o país atinja suas metas climáticas, pois pode evitar a degradação florestal e a conversão das florestas para outros usos (Gallo; Albrecht, 2019). Essa importância torna-se mais evidente no

contexto em que a Amazônia, antes considerada um sumidouro do carbono atmosférico, está se tornando fonte de emissão desse elemento, principalmente devido ao desmatamento e à degradação florestal (Gatti *et al.*, 2021).

Assim, a produção sustentável de madeira é considerada uma das principais estratégias de desenvolvimento rural na Amazônia, devido ao seu impacto positivo na manutenção dos estoques de carbono e na conservação da biodiversidade, gerando ao mesmo tempo renda e empregos para a população (Merry *et al.*, 2009).

O Ibama emite anualmente autorizações para a execução de MFS em concessões florestais federais, abrangendo cerca de 35.000 hectares. A primeira concessão florestal federal foi autorizada em 2010, na Floresta Nacional do Jamari, em Rondônia. Desde então, foram iniciadas concessões nas Florestas Nacionais de Jacundá (RO), Saracá-Taquera (PA), Caxiuanã (PA), Altamira (PA) e Crepori (PA).

No Brasil, a norma federal permite corte máximo de 21,5 m³/ha/ano em um ciclo de corte de 25 anos; 25,8 m³/ha/ano em um ciclo de corte de 30 anos; e 30 m³/ha/ano em um ciclo de corte de 35 anos (Conama, 2009). Esses parâmetros foram estabelecidos a partir de um estudo que compilou dados de parcelas permanentes na Amazônia.

A maioria dos contratos de concessão florestal federal adota o ciclo de 30 anos no MFS. No entanto, nem todo volume autorizado para corte é efetivamente cortado. Isso ocorre por diversos fatores, entre eles a ocorrência de árvores ocadas (com valor comercial menor), árvore com ninho, dificuldade de acesso, risco de atingir área de preservação permanente e o baixo valor de mercado de determinadas espécies.

O MFS se baseia na capacidade da floresta se regenerar. A intensidade do corte realizado na floresta não deve comprometer a manutenção, no longo prazo, da integridade dos recursos florestais (SIST, 2000). Para isso, é aplicado um conjunto de técnicas, conhecido como Exploração de Impacto Reduzido (Putz; Pinard, 1993), com objetivo de minimizar o impacto na floresta.

A Exploração de Impacto Reduzido (EIR) compreende o planejamento adequado da exploração e a aplicação de técnicas de corte e direcionamento do abate, além de práticas para reduzir o impacto no solo e na vegetação remanescente (Sist, 2000).

Além da adoção dessas técnicas adequadas, o volume explorado não pode ser muito alto, pois pode causar danos significativos à floresta, alterando sua composição e estrutura (Zimmerman; Kormos, 2012). Portanto, é importante avaliar o impacto da exploração sobre o estoque existente na floresta, a fim de compreender o efeito da atividade no ecossistema.

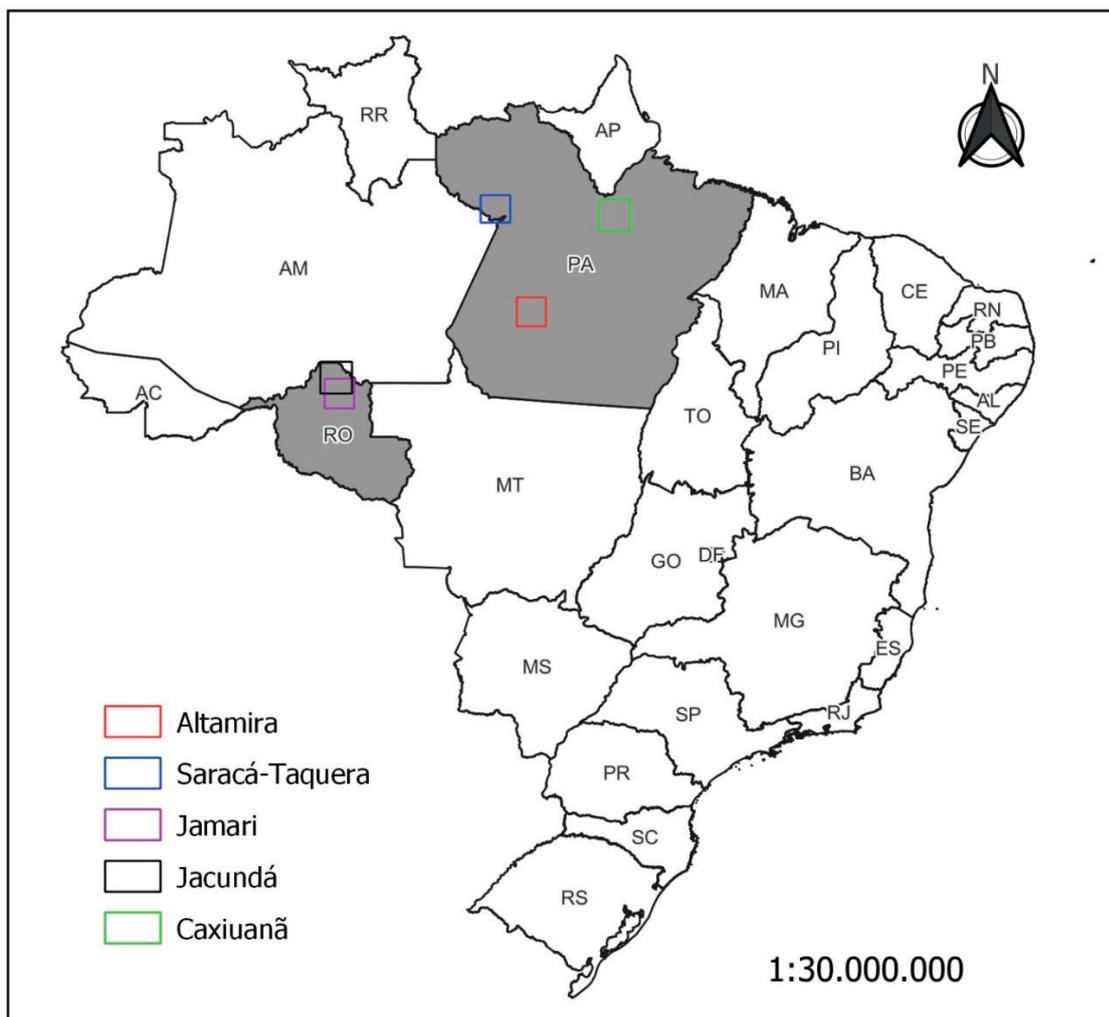
O objetivo do presente artigo é descrever a exploração madeireira realizada nas Concessões Florestais Federais, utilizando dados provenientes dos inventários florestais realizados nas áreas e nos sistemas de controle florestal.

Área de estudo

Foram analisados dados de inventário florestal e de produção madeireira de unidades de manejo florestal localizadas nas Florestas Nacionais de Altamira (PA), Caxiuanã (PA), Jacundá (RO), Jamari (RO) e Saracá-Taquera (PA) (Figura 1).

A Floresta Nacional de Altamira (Flona Altamira) está localizada na área de influência da BR 163, entre os municípios de Altamira e Itaituba, na mesorregião sudoeste do estado do Pará. A Flona Altamira localiza-se na região da bacia hidrográfica do rio Xingu, a leste, e a da bacia do rio Tapajós, a oeste.

Figura 1 – Localização das UMF sob concessão florestal federal nos estados do Pará e Rondônia.



Fonte: Sinaflor, 2023

Considerando a classificação de Köppen, a Flona Altamira possui dois tipos climáticos: Am, na região norte da unidade; e Aw, na região sul, sendo o Am o tipo climático predominante. Quanto aos solos, predominam os do tipo Argissolo vermelho amarelo, caracterizados por sua cor vermelha ou amarela intensa, resultantes da presença de óxidos de ferro. Esses solos apresentam uma camada superficial rica em argila, o que lhes confere boas características de fertilidade (Icmbio, 2012).

As tipologias florestais presentes na Flona Altamira são a Floresta Ombrófila Aberta Submontana com cipós e Floresta Ombrófila Densa Submontana com dossel emergente (IBGE, 2007).

A Floresta Nacional de Caxiuanã (Flona Caxiuanã) está localizada entre os municípios de Melgaço e Portel, na mesorregião do Marajó. O tipo climático predominante em Caxiuanã é o Am, de acordo com a classificação de Köppen. As Unidades de Manejo Florestal (UMF) 1 e 2 estão localizadas na bacia hidrográfica do Rio Caxiuanã enquanto a UMF 3 situa-se na bacia do Rio Pracupi.

Segundo dados de pedologia do IBGE na escala 1:250.000, os solos predominantes nas áreas das UMF em Caxiuanã são do tipo Latossolo Amarelo. Segundo dados de pedologia (IBGE, 2021b), predominam solos do tipo Latossolo amarelo distrófico, caracterizados por uma coloração amarelada intensa, devido à presença de óxidos de ferro altamente oxidados. Além disso, são solos profundos, com perfis bastante homogêneos, boa drenagem e baixa fertilidade natural em sua maioria (Cavararo, 2007).

Com relação à vegetação, de acordo com dados do IBGE na escala 1:250.000, nas áreas das UMF sob concessão de floresta pública federal em Caxiuanã, a tipologia predominante originalmente é a Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas com Dossel Emergente (IBGE, 2021a).

A Floresta Nacional de Jacundá (Flona Jacundá) está localizada entre os municípios de Candeias do Jamari e Porto Velho, estado de Rondônia. O clima predominante na região é do tipo Am, conforme a classificação de Köppen. O solo predominante na Flona Jacundá é o Latossolo amarelo distrófico (IBGE, 2021b).

Na Flona Jacundá, ocorrem duas tipologias florestais: Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas com palmeiras e Floresta Ombrófila Aberta Submontana com palmeiras, sendo a primeira a que possui maior extensão (IBGE, 2021a).

A Floresta Nacional de Jamari (Flona Jamari) está localizada entre os municípios de Candeias do Jamari, Cujubim e Itapuã do Oeste, no estado de Rondônia. O tipo climático predominante na região é o Am, de acordo com a classificação de Köppen. O solo predominante na Flona Jamari é o latossolo amarelo distrófico, e há também ocorrência, na região sudoeste, do tipo Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico (IBGE, 2021b).

Na Flona Jamari, ocorrem diferentes tipologias florestais, incluindo a Floresta Ombrófila Aberta Submontana com cipós, Floresta Ombrófila Aberta Submontana com palmeiras e Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas com palmeiras.

A Floresta Nacional de Saracá-Taquera (Flona Saracá-Taquera) está localizada entre os municípios de Faro, Oriximiná e Terra Santa, na mesorregião do Baixo Amazonas, no estado do Pará. A Flona Saracá-Taquera possui dois tipos climáticos: Am na região leste, onde estão localizadas as UMF 2, 3, 1A e parte da UMF 1B, e o tipo Af na região leste da Flona, onde se localiza a UMF 1B.

O tipo predominante de solo na Flona Saracá-Taquera é o Latossolo amarelo distrófico (IBGE, 2021b). Quanto à tipologia florestal, a predominante é a Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas com dossel emergente (IBGE, 2021a).

Metodologia

Os dados de romaneio de toras foram extraídos do Sistema de Cadeia de Custódia (SCC) do Serviço Florestal Brasileiro, enquanto os inventários florestais das UPA foram obtidos do Sistema Nacional de Controle da Origem dos Produtos Florestais (Sinaflor) do Ibama. Todos os dados foram processados e analisados por meio da linguagem de programação R (R Core Team, 2015) no ambiente de desenvolvimento integrado RStudio.

O conjunto de dados inicial continha 2.137.455 árvores pertencentes a 216 gêneros e 279 espécies. Os dados foram processados para identificação e correção de erros de grafia, bem como sinônimos taxonômicos presentes nos dados de inventário florestal. Para essa finalidade, utilizou-se o pacote *taxize* (Chamberlain; Szöcs, 2013).

O pacote *taxize* é uma biblioteca desenvolvida para facilitar a busca, obtenção e manipulação de dados taxonômicos por meio da linguagem R. Ele permite ao usuário requisitar informações em Interfaces de programação de aplicações (API) de diferentes herbários, possibilitando a obtenção de nomes científicos, gêneros, sinônimos, classificações, autoridades taxonômicas responsáveis pela descrição e atualização de um determinado táxon, além da distribuição geográfica de espécies.

Cálculo do Volume comercial

O volume comercial (volume do fuste aproveitável) presente nas áreas exploradas foi calculado a partir do inventário florestal realizado pelas concessionárias. Para realizar esse cálculo, a concessionária deve identificar e medir a altura comercial e o diâmetro de todas as árvores de espécies comerciais que apresentem diâmetro acima de 40 cm.

Para estimar o estoque comercial total da área, incluindo as árvores com diâmetro abaixo de 40 cm, foi utilizada a equação desenvolvida por (Nogueira *et al.*, 2008). Esses pesquisadores desenvolveram modelagens para estimativa de biomassa na Amazônia. Segundo os autores, para incluir o volume não inventariado abaixo de 31,7 cm, deve-se multiplicar o volume inventariado por 1,567. A equação utilizada incorpora o volume comercial de árvores com diâmetro entre 10 e 31,7 cm. É importante notar que essa abordagem pode resultar em uma estimativa possivelmente subestimada, já que não considera árvores com diâmetro entre 31,8 e 39,9 cm. No entanto, essa metodologia proporciona uma estimativa bem aproximada do estoque real de volume comercial da floresta.

Resultados e Discussão

O conjunto de dados analisados pertence a 104 Unidades de Produção Anuais (UPAs) em 17 Unidades de Manejo Florestais (UMFs), localizadas em cinco Florestas Nacionais (Flonas).

Foram analisadas 2.064.310 árvores de espécies comerciais com diâmetro acima de 40 cm, em uma área total de 182.349,5 hectares. As árvores inventariadas pertencem a 279 espécies e 52 famílias botânicas. O diâmetro médio das árvores inventariadas foi de 68,8 (\pm 3,8) cm, com altura comercial média de 16,5 (\pm 2,4) metros.

As espécies que apresentaram maior volume nos Inventários Florestais realizados nas áreas sob concessão florestal foram a Castanheira (*Bertholletia excelsa*), com 665.697 m³; a Maçaranduba (*Manilkara elata*), com 563.907 m³ e o Angelim Vermelho (*Dinizia excelsa*), com 475.609 m³ (Tabela 1).

Tabela 1 – Espécies com maior volume nas áreas inventariadas.

Espécie	Estoque (m ³)	Número de indivíduos
<i>Bertholletia excelsa</i>	665.697,20	53.560,00
<i>Manilkara elata</i>	563.907,68	112.420,00
<i>Dinizia excelsa</i>	475.609,38	39.693,00
<i>Hymenaea courbaril</i>	365.089,63	52.770,00
<i>Cariniana micrantha</i>	284.185,33	31.491,00
<i>Astronium lecointei</i>	282.151,47	57.676,00
<i>Goupia glabra</i>	258.911,65	58.982,00
<i>Couratari guianensis</i>	246.470,60	42.797,00
<i>Apuleia leiocarpa</i>	205.554,41	30.795,00
<i>Handroanthus serratifolius</i>	202.354,10	46.467,00

Fonte: SCC, 2023; SINAFLOR, 2023.

Em relação ao número de indivíduos inventariados, a Maçaranduba (*Manilkara elata*) destaca-se como a espécie mais abundante, com 112.420 espécimes, seguida pela Cupiúba (*Goupia glabra*) com 58.982 e a Muiracatiara (*Astronium lecointei*), com 57.676. Apesar do maior volume apresentado, a Castanheira está em quinto lugar em número de indivíduos (53.560), o que ressalta o grande

volume das árvores dessa espécie. Um total de 43.812 indivíduos não foram identificados em nível de espécie. Foi observado o uso de 48 sinônimos taxonômicos nos inventários florestais.

A Flona de Caxiuanã apresentou o maior estoque comercial médio (112 m³/ha), seguida da Flona de Jamari (110 m³/ha) (Tabela 2). A maior área autorizada foi observada na Flona de Altamira (62.707 ha), assim como o maior volume médio autorizado por UPA (46.900 m³). A Flona de Saracá-Taquera possui o maior número de UPAs (29), além de registrar o maior volume médio autorizado (22,4 m³/ha). Esta Flona também apresentou o maior volume médio explorado (16,04 m³/ha).

Tabela 2 – Resumo dos dados observados em cada Unidade de Manejo Florestal.

Flona/ UMF	N.UPAS	NAI	NAC	ET (m ³)	VTA (m ³)	VMC (m ³)	VTC (m ³)	VMA (m ³)	AA (ha)	EM (m ³ /ha)	VMA (m ³ /ha)	VMC (m ³ /ha)
Altamira												
1	4	57.452	5.812	432.182	86.436	9.727	38.909	21.609	5.977	72.239741	14,45	6,50
2	5	131.993	18.281	961.652	270.082	25.654	128.270	54.016	18.373	50,033725	14,58	6,97
3	6	127.887	26.454	1.064.979	340.381	30.609	183.653	56.730	20.815	51,356887	16,44	8,96
4	6	107.760	19.777	987.141	288.002	22.034	132.206	48.000	17.542	56,981264	16,52	7,39
Subtotal	21	425.092	70.324	3.445.955	984.902	23.002	483.038	46.900	62.707	56,6265	15,64	7,57
Caxiuanã												
1	4	45.615	8.861	365.070	70.002	10.953	43.812	17.501	3.396	112,64001	20,68	13,07
2	3	77.685	14.767	572.233	127.112	29.673	89.018	42.371	5.899	99,093576	21,50	14,81
3	5	258.941	31.500	1.273.532	225.876	33.037	165.186	45.175	10.545	120,79321	21,29	15,38
Subtotal	12	382.241	55.128	2.210.835	422.990	24.835	298.015	35.249	19.839	112,65057	21,14	14,47
Jacundá												
1	9	220.950	24.573	1.718.827	334.700	20.816	187.345	37.189	17.206	100,03747	19,51	10,83
2	9	131.837	13.162	996.882	183.592	11.376	102.383	20.399	10.102	99,848233	18,30	10,07
Subtotal	18	352.787	37.735	2.715.709	518.292	16.096	289.728	28.794	27.308	99,942852	18,91	10,45
Jamari												
1	10	79.985	8.889	538.180	115.247	7.764	77.641	11.525	4.992	108,13963	23,16	15,57
3	8	195.002	20.617	1.398.888	264.304	23.082	184.654	33.038	14.539	100,14643	18,72	12,95
4	6	113.712	11.382	842.967	131.619	18.002	108.012	21.937	6.475	129,94756	20,29	16,64
Subtotal	24	388.699	40.888	2.780.035	511.170	15.429	370.307	21.299	26.005	110,92722	20,96	14,96
Saracá-Taquera												
1A	8	90.972	34.397	560.775	192.866	16.606	132.848	24.108	9.010	62,482242	21,54	14,58
1B	8	257.184	57.154	1.752.796	474.304	35.352	282.819	59.288	22.691	79,396446	21,06	12,68
2	11	154.246	41.276	1.159.785	320.715	23.677	260.447	29.156	13.639	88,517854	23,76	19,14
3	2	13.089	1.669	118.580	28.020	10.485	20.971	14.010	1.151	103,28355	24,36	18,24
Subtotal	29	515.491	134.496	3.591.937	1.015.904	24.037	697.085	35.031	46.491	79,83769	22,44	16,04
Total Geral	104	2.064.310	338.571	14.744.471	3.453.258	20.559	2.138.173	33.204	182.350	89,591161	19,97	12,93

Fonte: SCC, 2023; SINAFLOR, 2023

Nota: N.UPAS = número de UPAs; NAI = número de árvores inventariadas; NAC = número de árvores exploradas; ET = estoque comercial total das UPAs; VTA = volume total autorizado (m³); VMC = volume médio cortado nas UPAs (m³); VTC = volume total explorado nas UPAs (m³); VMA = volume médio autorizado nas UPAs (m³); AA = área autorizada (ha); EM = estoque comercial médio nas UPAs (m³/ha); VMA = volume médio autorizado nas UPAs (m³/ha); VMC = volume médio explorado por UPA (m³/ha).

O conjunto analisado de 104 Autorizações de Exploração (AUTEX) apresentou volume total autorizado de 3.453.258 m³ de madeira em tora. O tamanho médio das UPAs foi de 1.753,4 (± 988) ha.

Nem todo o volume autorizado para corte foi efetivamente explorado. Um total de 2.138.173 m³ foi efetivamente explorado, o que corresponde a 61% do volume autorizado. O volume médio autorizado em cada UPA foi de 20 (±3,4) m³/ha, enquanto o volume médio efetivamente explorado foi de 12,9 (±4,3) m³/ha, variando de 3,8 m³/ha na UPA 01 da UMF 2 da Flona de Jacundá a 23 m³/ha na UPA 5 da UMF 2 da Flona de Saracá Taquera.

Conforme descrito acima, o estoque de volume comercial existente antes da exploração foi calculado utilizando a equação de (Nogueira *et al.*, 2008), para incluir as árvores abaixo de 40 cm de diâmetro que não foram inventariadas. O volume total do estoque comercial estimado nas 104 UPAs foi de 14.744.471 m³. O maior estoque comercial foi observado na UPA 3 da UMF 1 da Flona de Caxiuanã, com 151,4 m³/ha.

A média da relação entre volume autorizado e estoque comercial foi de 24 (±7) %. Já a média da relação entre volume efetivamente explorado e estoque comercial foi de 15 (±6) %. Ou seja, em média, 85% do volume comercial é mantido nas áreas das UPA autorizadas.

A relação entre o volume explorado e o volume total remanescente é ainda menor, pois as árvores da maioria das espécies não comerciais não estão inseridas no inventário florestal. Além disso, a medição se limita à altura comercial das árvores inventariadas, deixando de fora da estimativa todo o volume contido na copa das árvores. Assim, uma estimativa do impacto da exploração sobre o volume total deve levar em consideração dados de inventários florestais com nível de inclusão acima de 10 cm e medição da altura total das árvores.

Uma referência confiável para essa estimativa pode ser encontrada no inventário florestal conduzido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) por meio do projeto RadamBrasil (Projeto RadamBrasil, 1973-1983). Zanetti *et al.* (2023), utilizando dados do RadamBrasil e estudos publicados (Fearnside, 2018; Saatchi *et al.*, 2007), estimaram um volume médio de 355 (310 – 400) m³/ha para florestas conservadas na Amazônia. Usando esta estimativa, a média da relação entre o volume efetivamente explorado nas UPAs e o estoque médio da floresta amazônica corresponde a 3,6 (±1,2) %. Mesmo usando o limite inferior de 310 m³/ha apontado no estudo, a relação anteriormente citada seria de 4,1 (±1,4) %.

No entanto, o impacto sobre a floresta manejada não se limita apenas ao volume de madeira extraído. É essencial considerar outros elementos, como o volume da copa da árvore explorada que não é removido, os danos resultantes da abertura de clareiras e da queda da árvore explorada, além de toda a supressão necessária para a implantação da infraestrutura utilizada na exploração, como estradas, pátios e trilhas de arraste.

Este impacto adicional não foi calculado para o presente trabalho, já que exigiria levantamentos específicos. No entanto, podemos verificar o baixo impacto ambiental da atividade a partir dos dados disponíveis na literatura.

Um estudo realizado em Paragominas/PA (Sist; Ferreira, 2007) observou que as atividades de exploração florestal com intensidade de corte de 21 m³/ha, impactaram cerca de 16% do estoque florestal existente. Intensidades de corte abaixo de 20 m³/ha, como é o caso da maioria das UPAs aqui analisadas, resultam em um menor impacto na floresta remanescente, atingindo, em média, 1 m³ de dano nas árvores remanescentes para cada 1 m³ explorado (Condé *et al.*, 2022). Em relação à área afetada, De Carvalho *et al.* (2017) verificaram uma área impactada de 7% a 8,6% em relação à área total de uma floresta sob MFS em Antimary/AC.

Desta forma, mesmo levando em consideração todas as atividades de exploração florestal, nota-se que o impacto resultante do Manejo Florestal Sustentável sobre a cobertura florestal é baixo, especialmente quando se adota uma intensidade de corte inferior a 20 m³/ha.

Assim, as Concessões Florestais Federais desempenham um papel crucial ao combinar a produção de madeira com um impacto ambiental reduzido, ao mesmo tempo em que impulsionam a criação de empregos locais (Ribeiro; Azevedo-Ramos; Nascimento Dos Santos, 2020). Isso ressalta a relevância do Manejo Florestal Sustentável para a conservação da Amazônia (Condé *et al.*, 2022) e para o crescimento econômico da região.

De acordo com o Cadastro Nacional de Florestas Públicas (CNFP), o Brasil possui 309,4 milhões de hectares de florestas públicas. Atualmente, a área total dos contratos de concessão florestal soma 1,28 milhão de hectares. Considerando o ciclo de corte de 30 anos, isso representa uma área média manejada anualmente de 42,6 mil hectares. Portanto, a área efetivamente manejada anualmente sob regime de concessão florestal é de apenas 0,01% da área de florestas públicas. O Plano Anual de Outorga Florestal (PAOF) para 2023 (SFB, 2022) incluiu 4,7 milhões de hectares de florestas públicas para concessão florestal na Amazônia.

O novo Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal, lançado pelo governo em junho de 2023, prevê a ampliação da área de Concessões Florestais Federais. Essa iniciativa é considerada um mecanismo de ampliação da governança florestal e geração de oportunidades de emprego e renda (MMA, 2023). Conforme estabelecido no documento, a meta é atingir a marca de 5 milhões de hectares sob concessão florestal federal até 2027.

Portanto, o potencial dessas áreas para concessão florestal será de uma área, efetivamente manejada anualmente, de cerca de 166 mil hectares – 0,05% do total de florestas públicas. Mantida a produtividade média atual, o volume anual de madeira proveniente das concessões será na ordem de 2 milhões de metros cúbicos por ano, o que corresponde a cerca de 23% da produção anual de madeira em tora no Brasil (Farani; Oliveira, 2019).

A produção desse considerável volume de madeira nativa por meio de uma atividade de baixo impacto ambiental trará benefícios significativos para o mercado madeireiro brasileiro, assegurando ampla disponibilidade de um produto produzido de forma sustentável. Para garantir os benefícios ambientais da produção sustentável de madeira, é importante que o governo continue investindo na gestão e no monitoramento das áreas autorizadas. A adoção de novas tecnologias e de ferramentas de inteligência artificial (Oliveira, 2021) pode aprimorar sobremaneira o controle florestal brasileiro.

Conclusão

As autorizações emitidas pelo Ibama nas Concessões Florestais Federais abrangem cerca de 24% do volume comercial total inventariado nessas áreas. São explorados, em média, 61% do volume autorizado. Assim, em média, 85% do volume comercial existente na floresta permanece sem exploração.

Em relação ao estoque total da floresta, o volume comercial efetivamente explorado nas Concessões Florestais Federais corresponde a apenas 3,6% do volume total.

A literatura científica demonstra um baixo impacto ambiental dessa atividade, principalmente quando adotadas intensidades de corte abaixo de 20 m³/ha, como é o caso das Concessões Florestais Federais.

Assim, a atividade de manejo florestal sustentável nas concessões florestais federais tem baixo impacto ambiental, ao passo que apresenta um impacto positivo na geração de emprego e renda (Ribeiro; Azevedo-Ramos; Nascimento dos Santos, 2020).

O governo brasileiro tem como objetivo ampliar a área de concessão florestal federal para cinco milhões de hectares, o que representará cerca de 23% da produção anual de toras de espécies nativas. Essa expansão tem o potencial de assegurar uma oferta significativa de madeira produzida de maneira sustentável, conciliando o desenvolvimento econômico e a conservação da floresta amazônica.

É essencial realizar investimentos adequados na gestão e monitoramento das áreas autorizadas, a fim de garantir os benefícios que a atividade pode trazer para a sociedade brasileira.

Referências

- ARAÚJO, Suely Mara Vaz Guimarães. *Lei de Gestão das Florestas Públicas: polêmicas e perspectivas*. [S.l.: s.n.], 2008. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/259384882>>.
- BICKNELL, Jake E.; STRUEBIG, Matthew J.; DAVIES, Zoe G. Reconciling timber extraction with biodiversity conservation in tropical forests using reduced-impact logging. *Journal of Applied Ecology*, v. 52, n. 2, p. 379–388, 1 abr. 2015.
- CAVARARO, Roberto. *Manual técnico de pedologia*. Rio de Janeiro: [s.n.], 2007. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv37318.pdf>>. Acesso em: 7 jun. 2023.
- CHAMBERLAIN, Scott A.; SZÖCS, Eduard. Taxize: Taxonomic search and retrieval in R. *F1000Research*, v. 2, 28 out. 2013.
- CHAUDHARY, Abhishek *et al.* Impact of Forest Management on Species Richness: Global Meta-Analysis and Economic Trade-Offs. *Scientific Reports*, v. 6, 4 abr. 2016.
- CONAMA. *Resolução CONAMA 406/2009*. [S.l.: s.n.], 2009
- CONDÉ, Tiago Monteiro *et al.* Effects of sustainable forest management on tree diversity, timber volumes, and carbon stocks in an ecotone forest in the northern Brazilian Amazon. *Land Use Policy*, v. 119, 1 ago. 2022.
- DE CARVALHO, Anelena Lima *et al.* Natural regeneration of trees in selectively logged forest in western Amazonia. *Forest Ecology and Management*, v. 392, p. 36–44, 15 maio 2017.
- EDWARDS, David P. *et al.* Maintaining ecosystem function and services in logged tropical forests. *Trends in Ecology and Evolution*. [S.l.]: Elsevier Ltd. , 2014
- FARANI, Tiago Luz; OLIVEIRA, Gustavo Bediaga De. *Produção madeireira de espécies nativas brasileiras: 2012 a 2017*. 1. ed. Brasília: [s.n.], 2019.
- FEARNSIDE, Philip M. Brazil's Amazonian forest carbon: the key to Southern Amazonia's significance for global climate. *Regional Environmental Change*, v. 18, n. 1, p. 47–61, 1 jan. 2018.
- GALLO, P.; ALBRECHT, E. Brazil and the Paris Agreement: REDD+ as an instrument of Brazil's Nationally Determined Contribution compliance. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, v. 19, n. 1, p. 123–144, 15 fev. 2019.
- GATTI, Luciana V. *et al.* Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change. *Nature*, v. 595, n. 7867, p. 388–393, 15 jul. 2021.
- GAUI, Tatiana Dias *et al.* Long-term effect of selective logging on floristic composition: A 25 year experiment in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, v. 440, p. 258–266, 15 maio 2019.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **SINAFLO** - Sistema Nacional de Controle da Origem dos Produtos Florestais. Versão 1.30.46 Brasília. 2013. Sistema.

IBGE. *Base de Dados Espacial: Cartas sobre a vegetação na escala 1:250 000*. Disponível em: <https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/vegetacao/vetores/escala_250_mil/>. Acesso em: 7 jun. 2023a.

IBGE. *Base de Dados Espacial: Pedologia, escala 1:250 000*. Disponível em: <https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/pedologia/vetores/escala_250_mil/>. Acesso em: 7 jun. 2023b.

IBGE. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. [S.l.]: IBGE, 2007.

ICMBIO. *Plano de Manejo da Floresta Nacional de Altamira*. [S.l.: s.n.], 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/amazonia/lista-de-ucs/flona-de-altamira/copy_of_pm_flona_altamira_vol.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2023.

MERRY, Frank *et al.* Balancing conservation and economic sustainability: The future of the amazon timber industry. *Environmental Management*, v. 44, n. 3, p. 395–407, set. 2009.

MILLER, Scott D. *et al.* Reduced impact logging minimally alters tropical rainforest carbon and energy exchange. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 108, n. 48, p. 19431–19435, 29 nov. 2011.

MMA. *Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm)*. Brasília: [s.n.], 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/ppcdam_2023-1-pdf_230606_103921.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2023.

NOGUEIRA, Euler Melo *et al.* Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: New allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories. *Forest Ecology and Management*, v. 256, n. 11, p. 1853–1867, 20 nov. 2008.

OLIVEIRA, Gustavo Bediaga. Proposta para uma nova estratégia para o controle florestal brasileiro e o combate ao desmatamento. *Mongabay*, 2021. Disponível em: <<https://brasil.mongabay.com/2021/07/proposta-para-uma-nova-estrategia-para-o-controle-florestal-brasileiro-e-o-combate-ao-desmatamento/>>. Acesso em: 7 jun. 2023.

PUTZ, Francis E; PINARD, Michelle A. *Society for Conservation Biology Reduced-Impact Logging as a Carbon-Offset Method. Biology*. [S.l.: s.n.], 1993. Disponível em: <<http://www.jstor.orgURL:http://www.jstor.org/stable/2386806>>.

R CORE TEAM 2014. R: A language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing. <https://www.R-project.org/>. p. 2015, 2015. Disponível em: <<http://www.r-project.org/>>.

RIBEIRO, Felipe Corrêa. *Análise da viabilidade econômica do manejo florestal sustentável: um estudo de caso da Flona de Caxiuanã*. 2021. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2021. Disponível em: <<https://locus.ufv.br/handle/123456789/28630>>.

RIBEIRO, Jime Rodrigues; AZEVEDO-RAMOS, Claudia; NASCIMENTO DOS SANTOS, Ricardo Bruno. Impact of forest concessions on local jobs in central amazon. *Trees, Forests and People*, v. 2, 1 dez. 2020.

Serviço Florestal Brasileiro. **SCC** - Sistema de Cadeia de Custódia. Brasília. 2023. Sistema.

SAATCHI, Sassan *et al.* Distribution of aboveground live biomass in the Amazon basin. *Global Change Biology*, v. 13, n. 4, p. 816–837, abr. 2007.

SFB. *Plano Anual de Outorga Florestal - PAOF 2023*. Brasília/DF: [s.n.], 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/servico-florestal-brasileiro/concessao-florestal/plano-anual-de-outorga-florestal/Paof_2023.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2023.

SIST, Plinio. Reduced-impact logging in the tropics: objectives, principles and impacts. *International Forestry Review*, v. 2, n. 1, p. 3, 2000. Disponível em: <<http://about.jstor.org/terms>>.

SIST, Plinio; FERREIRA, Fabricio Nascimento. Sustainability of reduced-impact logging in the Eastern Amazon. *Forest Ecology and Management*, v. 243, n. 2–3, p. 199–209, 31 maio 2007.

UHL, Christopher *et al.* *Natural Resource Management in the Brazilian Amazon*. Source: *BioScience*. [S.l.: s.n.], 1997.

VERÍSSIMO, Adalberto; COCHRANE, Mark A.; SOUZA JR, Carlos. National Forests in the Amazon. *Science*, v. 297, p. 1478, 2002.

ZANETTI, Ederson Augusto *et al.* CDR and Tropical Forestry: Fighting Climate Change One Cubic Meter a Time. In: CARMONA, EUSEBIO CANO; MUSARELLA, CARMELO MARIA; ORTIZ, ANA CANO (Org.). *Tropical Forests - Ecology, Diversity and Conservation Status*. [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <www.intechopen.com>.

ZIMMERMAN, Barbara L.; KORMOS, Cyril F. *Prospects for sustainable logging in tropical forests*. *BioScience*. [S.l.: s.n.], maio 2012



Hugo Leonardo / Belterra PA - Agosto de 2022



Reposição florestal com essências nativas: uma alternativa à sustentabilidade na Amazônia

Hugo Leonardo Mota Ferreira¹

Resumo

A reposição florestal é uma obrigação prevista na legislação ambiental, que tem como fato gerador a exploração, utilização ou supressão da vegetação nativa, seja de forma lícita ou ilícita, sujeitando o usuário que praticar uma dessas atividades a promover o plantio de essências madeireiras passíveis de uso comercial, a fim de garantir a existência de um estoque de madeiras que atenda aos diversos interesses humanos e evite o esgotamento das florestas nativas. Embora seja uma obrigação legal, destinada a conciliar a manutenção do meio ambiente com atividades socioeconômicas, existe permissão para que o usuário cumpra a reposição florestal com o plantio de espécies exóticas. Isso se justifica pela finalidade comercial dessas espécies. Levando em conta essa perspectiva, recorreu-se à pesquisa bibliográfica científica de estudos realizados sobre o cultivo de essências florestais exóticas e de espécies nativas com maior predominância na Amazônia, a fim de fomentar a reflexão sobre a pertinência da reposição florestal ocorrer de forma prioritária com espécies arbóreas nativas, para evitar que o bioma amazônico tenha redução a médio ou longo prazo de suas funções ambientais, que são essenciais à biodiversidade, ao bem-estar social e à regulação climática do planeta. A partir dessa expectativa, será analisada a importância de buscar o equilíbrio entre as atividades socioeconômicas e a utilização da floresta, com vistas a assegurar um cenário de sustentabilidade para a Amazônia. Em seguida, serão analisadas as razões de se optar pelas essências florestais exóticas e o potencial pouco utilizado das espécies nativas, que podem contribuir simultaneamente para o ecossistema e a economia.

Palavras-chave: Equilíbrio ecológico. Hiperdominância florestal. Reposição florestal. Sustentabilidade.

Abstract

Forest replacement is an obligation provided for in environmental law, triggered by the exploitation, use or suppression of native vegetation, whether legal or illegal, subjecting the user who practices one of these activities to promote the planting of wood essences are commercially viable. The goal is to ensure a sustainable supply of wood that meets the various human needs while preventing the depletion of native forests. Although it is an obligation provided for by law, aimed at reconciling the maintenance of the environment with the performance of socioeconomic activities, it permits the user to comply with the forest replacement through the planting of

¹ Mestrando do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília – PPGD/CDS-UnB. Analista Ambiental do Ibama.

exotic species, provided these species serve commercial purposes. In light of this context, this study engages with scientific bibliographic research on the cultivation of exotic forest essences and native species predominant in the Amazon, in order to foster discussion on the pertinence of prioritizing native tree species for forest replacement efforts. This approach seeks to prevent a medium or long-term reduction of the Amazon biome's environmental functions, that are essential to biodiversity, social well-being, and global climate regulation. This paper will analyze the importance of finding a balance between socioeconomic activities and forest use. It aims to ensure a scenario of sustainability for the Amazon by examining the preference for exotic forest essences and the underused potential of native species, which can contribute simultaneously to the ecosystem and the economy.

Keywords: Ecological balance. Forest hyperdominance. Forest replacement. Sustainability

Introdução

Este trabalho aborda uma das alternativas para o desenvolvimento sustentável na Amazônia, que está atrelada à importância de se promover a reposição florestal, priorizando o plantio de espécies nativas, para garantir o equilíbrio ecológico e a existência de um estoque de madeira explorável comercialmente. Isso é viável considerando os estudos sobre a hiperdominância arbórea na região amazônica e os referenciais para o cultivo de essências nativas no Brasil.

Apesar de ser uma obrigação prevista em lei (art. 33, § 1º, do Código Florestal – Brasil, 2012), a reposição florestal pode ocorrer por meio do plantio de espécies exóticas. Embora isso possa ser positivo para o setor madeireiro e de base florestal, não representa um ganho ambiental que favoreça simultaneamente a biodiversidade, o equilíbrio climático e a economia.

Por sua vez, é importante lembrar que a reposição florestal é uma obrigação que incide tanto sobre aquele que utiliza matéria-prima florestal proveniente de exploração em projeto de manejo, quanto sobre aquele que promove desmatamento irregular ou figura como proprietário de área onde ocorreu supressão ilícita de vegetação nativa, conforme dispõe o art. 14, § 1º, do Decreto nº 5.975/2006 (Brasil, 2006a).

Então, se ela é aplicada à exploração regular da madeira e à supressão ilícita da vegetação nativa, considerando ainda o fato do usuário poder cumprir a reposição com o plantio de espécies exóticas, surge o problema de haver uma redução da biodiversidade na Amazônia e um desequilíbrio climático no médio ou longo prazo, se ocorrer paulatinamente o reflorestamento com essências arbóreas exóticas, que não desempenham a mesma função ecológica das árvores nativas desse bioma.

Com efeito, como o desmatamento está associado às atividades econômicas realizadas na Amazônia, principalmente a exploração madeireira para exportação e abastecimento dos grandes centros consumidores do país, tal ação contribui para a diminuição da cobertura vegetal nativa amazônica, o que resulta na redução da capacidade de armazenar carbono e na perda da resiliência da floresta, trazendo risco de savanização, ampliação do aquecimento global e aumento dos distúrbios climáticos.

Entretanto, existem alternativas que podem mitigar esse quadro e colaborar para um futuro sustentável da Amazônia. Uma dessas alternativas é a própria forma de implementar a reposição florestal, que pode ser aprimorada por meio de um melhor cultivo das espécies arbóreas mais predominantes na floresta e com as experiências envolvendo essências nativas favoráveis ao uso econômico.

Dentro dessa perspectiva, será efetuada, primeiramente, uma abordagem sobre a importância de sincronizar as necessidades humanas com a exploração florestal, apresentando cenários negativos para o ambiente Amazônico, quando essa relação não ocorre de forma sustentável. Em seguida, serão pontuadas as alternativas disponíveis para mitigar a situação de insustentabilidade, no âmbito da própria atividade florestal.

Expectativas humanas e manutenção florestal: conflito de interesses que pode culminar em cenários desfavoráveis para a Amazônia e para o planeta.

Quando se trata de conciliar as necessidades humanas com o equilíbrio ecológico, emerge uma preocupação com a vida, pois qualquer distúrbio nessa relação pode trazer consequências drásticas à própria humanidade. Isso ocorre tanto pela extinção do bem ou do produto florestal quanto pela redução da qualidade de vida, que se deteriorará em comparação com o estado anterior.

Para melhor compreender essa dimensão, será realizada uma breve abordagem sobre a importância do equilíbrio entre as demandas humanas e a exploração do meio ambiente, principalmente no que tange ao uso da madeira extraída da floresta Amazônica. Serão apresentadas as consequências negativas de uma relação não saudável com a natureza. Em seguida, serão expostas as alternativas disponíveis para mitigar o problema e promover a sustentabilidade na Amazônia.

A importância do equilíbrio entre as atividades humanas e a utilização da floresta: o surgimento do conceito de reposição florestal.

Sabe-se que os recursos naturais são essenciais para o ser humano, tanto como fonte alimentar quanto como ferramentas para diversas atividades. No que concerne às florestas, essas têm ampla utilidade às demandas do homem moderno: são fontes bioenergéticas, fornecem matéria-prima para a produção de diversos produtos (celulose, fibras, óleos, resinas), atuam como estruturas de sustentação de construções, além de serem excelentes fontes de fármacos e cosméticos (Sachs, 2008).

Como maior floresta tropical do mundo, a Amazônia desperta atenção devido à sua dimensão, impressionando pela vasta biodiversidade. Constituir uma imensa área passível de exploração, é vista como uma grande fonte de riquezas e, paralelamente, de suma importância para o clima do planeta.

Entretanto, apesar dessa destacada dimensão, deve-se atentar para o fato de que os recursos florestais são finitos, razão pela qual é fundamental estabelecer uma forma de prover sua reposição na natureza, para que o ser humano não seja prejudicado em suas atividades essenciais (Sabbag, 2011). Dentro dessa lógica, surge o conceito de reposição florestal, que não se destina exclusivamente a garantir a sobrevivência da atividade econômica relacionada à exploração madeireira, mas reflete um valor de sustentabilidade que visa preservar a economia e o meio ambiente.

Embora a atual legislação de proteção da vegetação nativa possibilite conceber a reposição florestal como uma prática que, indiretamente, precisa dialogar com o desenvolvimento sustentável (art. 1º-A, parágrafo único, da lei 12.651/2012 – Brasil, 2012), não se pode afastar a relação dessa

concepção com o tratamento da proteção das florestas no país. Isso porque, ao avaliar a história do Brasil, constata-se que em 1821, José Bonifácio de Andrada e Silva havia direcionado um documento aos deputados da província de São Paulo, logo após retornar de Portugal. Nesse documento, ele propunha a conservação da 6ª parte das matas dos terrenos e das Sesmarias que fossem vendidas, as quais deveriam ficar imunes a derrubadas e queimadas, sem que se efetuassem novas plantações de bosques, para garantir que nunca faltassem lenhas e madeiras necessárias. Tempos depois, o Código Florestal de 1934 estabeleceu, em seu art. 53, a obrigação das madeireiras replantarem as florestas que explorassem (Sabbag, 2011).

Como se percebe, a questão da sustentabilidade sempre foi uma preocupação atrelada à exploração florestal, relacionada à necessidade de conservar parte das áreas para garantir a disponibilidade futura de madeira. Além disso, novas derrubadas só foram permitidas após a plantação de novos remanescentes florestais.

Na análise da relevância da biodiversidade brasileira, especialmente no que diz respeito à cobertura vegetal, Sachs (2008) destaca que a fronteira agrícola poderia expandir-se, desde que fossem respeitadas as regras do manejo ecologicamente sustentável para a manutenção da floresta em pé.

Nesse contexto, a observância das regras de manejo adequado da floresta Amazônica torna-se crucial para abordar a problemática da sustentabilidade. Como visto anteriormente, a reposição florestal se aplica a quem utiliza a madeira para fins comerciais e a quem promove o desmatamento para expandir a fronteira agrícola, seja de forma lícita ou ilícita. Se a reposição da área suprimida não ocorre com um equivalente ecológico àquilo que foi derrubado, os prejuízos ambientais ultrapassam a escassez de madeira no mercado, acarretando danos à biodiversidade e ao clima.

Dessa forma, a conciliação entre as necessidades humanas e os modos de utilização do meio ambiente deve-se processar sob o estricto viés do desenvolvimento sustentável. Isso é fundamental para que a alteração na cobertura vegetal não comprometa o equilíbrio ecológico da Amazônia, ao ponto de gerar consequências negativas para o planeta.

O uso inadequado do meio ambiente e as consequências negativas para a floresta Amazônica e para o planeta.

Enxergar a floresta Amazônica apenas como um vasto bioma com elevado potencial a ser explorado pode evidenciar uma perspectiva simplista, baseada apenas na dimensão territorial, sem considerar os verdadeiros potenciais que a floresta tem para garantir a vida no planeta. Por isso, a necessidade de extrair madeira para os diversos usos humanos, assim como a de suprimir áreas para a implantação de atividade agropecuária, pode trazer consequências drásticas ao equilíbrio ambiental, se a intervenção florestal não ocorrer de forma adequada.

Ampliar a fronteira agrícola na região Amazônica ou realizar a extração de madeiras sem observar as diretrizes de sustentabilidade e as regras que tutelam o meio ambiente pode resultar na perda da resiliência florestal, no risco de savanização e no aumento do aquecimento global e dos distúrbios climáticos mundiais.

Embora passível de reposição florestal, a derrubada da cobertura vegetal nativa da Amazônia para implantar outras atividades afeta a ciclagem do carbono e da água. Com menos água sendo liberada na atmosfera pelo processo de evapotranspiração – realizado pelas árvores – e com maior quantidade de elementos que contribuem para o aquecimento global, ocorre aumento na duração da estação seca na floresta tropical e na frequência desse evento. Esse fenômeno tem contribuído para a perda de resiliência do bioma amazônico, desde os anos 2000, conforme constatado por Boulton

et al. (2022). Os referidos autores destacam que essa resiliência é crucial para a biodiversidade, o clima regional e o ciclo global do carbono, ressaltando a importância da redução do desmatamento para evitar agravamento desse cenário.

Por sua vez, a ampliação do tempo da estação seca, em consequência da mudança na cobertura vegetal (desmatamento e queimadas), vem alterando a característica da vegetação nativa amazônica. Estudos relataram que árvores que se desenvolvem melhor em condições úmidas, como as leguminosas tropicais do gênero *Ingá*, estariam morrendo por conta da modificação climática, algo que traz preocupação sobre a chegada a um ponto de inflexão (*tipping-point*), que poderia transformar a maior parte da Amazônia em mato seco (Amigo, 2020), caracterizando o fenômeno da savanização. Se isso ocorrer, será terrível para o clima, pois as árvores da savana não têm o mesmo nível de interação climática que as da floresta.

Por fim, a redução da cobertura vegetal nativa e o declínio na capacidade da floresta em desempenhar suas funções ambientais têm impactos significativos nos ciclos hidrológico e de carbono, podendo resultar em desequilíbrios climáticos regionais e globais. Segundo pesquisa publicada em 2022, as emissões de carbono da Amazônia mais que dobraram no intervalo entre 2010 e 2020. Durante esse período, houve aumento do desmatamento e das infrações relacionadas à queima florestal, ao mesmo tempo em que a repressão aos ilícitos diminuiu (Gatti *et al.*, 2022). Assim, com uma menor capacidade de absorção dos gases que provocam efeito estufa, o aquecimento global do planeta tende a intensificar-se, contribuindo para o aumento de eventos climáticos irregulares.

Desse modo, é pertinente tomar medidas, o quanto antes, para mitigar os efeitos negativos sobre o clima e a natureza, buscando alternativas que harmonizem as necessidades humanas e o equilíbrio ambiental na ótica da sustentabilidade para a Amazônia.

Tornando a sustentabilidade Amazônica possível através do aperfeiçoamento das alternativas disponíveis para a utilização da floresta.

A indicação de alternativas para o uso e a conservação da floresta Amazônica é uma forma para garantir a manutenção dos processos ecológicos da natureza, e a continuidade das atividades econômicas. Nesse contexto de manutenção da floresta em pé e da preservação da configuração nativa do meio ambiente, busca-se evitar distúrbios climáticos sérios e prejuízos à biodiversidade, conciliando, assim, as necessidades humanas com o ambiente natural amazônico.

Uma das alternativas para alcançar essa conciliação é realizar a reposição florestal prevista em lei. Essa medida obrigatória visa assegurar o equilíbrio entre a continuidade das atividades socioeconômicas e a manutenção dos recursos naturais.

Essa obrigação consiste na compensação do volume da vegetação natural extraída pelo volume da floresta plantada (conforme o art. 2º, I, da Instrução Normativa nº 6/2006, do Ministério do Meio Ambiente). O propósito é assegurar que não falte, na natureza, a matéria-prima passível de exploração comercial (Brasil, 2022b).

É importante observar que, como alternativa de sustentabilidade, a reposição florestal cumpre seu papel quando realizada de forma adequada nos casos de exploração de madeira em manejo sustentável ou de supressão lícita de vegetação nativa. No caso de desmatamento ilegal, a reposição torna-se uma obrigação acessória, mas, para garantir a retomada dos processos ecológicos da natureza e evitar desequilíbrio ambiental, é necessário promover a reparação integral dos danos

ambientais na área degradada. Isso está de acordo com o disposto no art. 225, § 3º, da Constituição Federal de 1988 (Brasil, 2022a) e do art. 14, § 1º, da lei 6.938/1981 (Brasil, 1981).

Portanto, quando se trata de ações ilícitas contra a flora, o desenvolvimento sustentável só é possível se a reposição florestal for realizada conjuntamente com a reparação dos danos ao meio ambiente.

Além dessa particularidade, a manutenção do equilíbrio ecológico na Amazônia depende, dentre outros fatores, que a reposição florestal ocorra com espécies nativas. Tal observação é pertinente porque o art. 18, parágrafo único, do Decreto nº 5.975/2006 permite o plantio de essências exóticas a título de reposição, levando muitos usuários a fortalecer a atividade de silvicultura, voltada à produção de celulose ou ao segmento mobiliário. Esses usuários optam pelo cultivo de essências dessa categoria, como o eucalipto e da teca, por exemplo.

Essas duas essências despontam como alternativas para manutenção do setor de base florestal, surgindo como opções para diminuir “a pressão” sobre a floresta nativa, embora não proporcionem o mesmo ganho ambiental das espécies arbóreas naturais.

Por essa razão, serão apresentados, primeiramente, os elementos que motivam o cultivo dessas duas essências florestais, antes de abordar as opções disponíveis para a utilização da floresta, as quais podem fortalecer a sustentabilidade na Amazônia.

O uso de essências exóticas no cultivo florestal: opção econômica que não necessariamente traz mais vantagem à sustentabilidade.

A necessidade de manter as operações do setor de base florestal, sem esbarar nas restrições previstas nas normas ambientais que limitam a utilização da vegetação nativa, fez com que uma parcela considerável dos produtores de madeira optasse pelo cultivo do eucalipto (*Eucalyptus sp.*) e da teca (*Tectona grandis* L.f.). Essas essências, originárias de outros países, não estão sujeitas às mesmas limitações que as espécies nativas.

O eucalipto é originário da Austrália, onde predomina em cerca de 90% da área e forma densos maciços florestais nativos (Martini, 2004). No Brasil, o interesse pelo cultivo dessa espécie está relacionado aos baixos custos de plantio, tratamento e colheita. O eucalipto pode ser colhido após um período de 6 a 7 anos, proporcionando boa produtividade e lucratividade, como apontam Rezende, Pereira e Botelho (2013). Esses mesmos autores registram que o eucalipto pode contribuir para recuperação de áreas degradadas, embora não especifiquem quais categorias de áreas poderiam ser beneficiadas por esse processo.

Outro fator destacado como benéfico ao cultivo do eucalipto é a capacidade de um hectare dessa essência florestal absorver 10 toneladas de carbono da atmosfera em um ano (Alcides e Pereira, 2007). Embora o número pareça relevante, é importante notar que essa marca é atingida em sistema de monocultura, o que pode não ser favorável à biodiversidade.

Em relação à teca, esta espécie é nativa do sudeste asiático, tendo registro de ocorrência na Tailândia, na Índia, em Myanmar e no Laos (Keogh, 2013). Originária de uma região de floresta tropical submetida ao regime das monções, a madeira da teca é bastante resistente à água e apresenta alta durabilidade, o que contribuiu para agregação de valor ao seu preço, despertando interesse tanto no âmbito comercial internacional quanto na indústria naval (Costa, Resende e Silva, 2012).

Entretanto, apesar do aumento no preço da teca devido à sua escassez na área de ocorrência nativa e ao aumento da restrição de sua exploração a partir de 2007 (Schuhli; Paludzyszyn Filho,

2010), o que tornou, de certo modo, atrativa a produção silvicultural dessa essência no Brasil, a teca mostrou-se vulnerável às intempéries e a ataques de insetos em território brasileiro. Além disso, seu crescimento lento implica um rendimento econômico que demande mais tempo, exigindo pesquisas de melhoramento genético para proporcionar melhor retorno no longo prazo, como mencionaram os autores referenciados.

De todo modo, além do fato de que o eucalipto e a teca são explorados no Brasil na silvicultura, com predomínio da produção em regime de monocultura, existe amparo no art. 66, § 3º, II, do Código Florestal (Lei 12.651/2012) para que essas essências sejam utilizadas na recuperação da reserva legal. Nessa situação, o proprietário rural pode usá-las em até 50% da área a ser recuperada. Essa regra foi julgada constitucional pelo Supremo Tribunal Federal (STF), quando julgou a Ação Direta de Inconstitucionalidade (Adin) nº 4.901 e a Ação Declaratória de Constitucionalidade (ADC) nº 42. Assim, a legislação permite o plantio de espécies exóticas a título de reposição florestal, seja para recompor áreas degradadas ou gerar créditos de reposição.

Apesar do amparo legal para o cultivo de espécies exóticas em espaços ambientais que gozam de proteção especial, algumas posições na comunidade científica desaconselham a prática da monocultura de eucalipto em área anteriormente ocupada por floresta nativa. Isso se deve à possível redução da biodiversidade no local e aos potenciais impactos na umidade e fertilidade do solo, como apontado em Alcides e Pereira (2007). Com relação à teca, além do ciclo produtivo mais longo e da maior vulnerabilidade ao ataque de insetos no Brasil, essa essência é classificada como uma vegetação heliófita caducifólia, que perde as folhas durante o período de seca (Carvalho apud Schuhli; Paludzyszyn Filho, 2010). Isso significa que ela deixará de contribuir com o processo de evapotranspiração em parte do ano, o que não é benéfico para o clima e a regulação do regime das chuvas, impactando negativamente a contribuição de muitas espécies arbóreas nativas da Amazônia.

Assim, o uso de essências exóticas como alternativa para a reposição da vegetação nativa, ou cultivo em larga escala, não se mostra como a abordagem mais adequada para assegurar que as funções ambientais contribuam de maneira eficaz para a sustentabilidade e para o equilíbrio climático do planeta.

Em relação à sustentabilidade, é muito mais viável e interessante, tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico, que a reposição florestal na Amazônia seja realizada com espécies nativas. Isso se deve à presença dominante de essências arbóreas exploráveis comercialmente e benéficas ao ecossistema. Além disso, considerando os estudos sobre o zoneamento de cultivos nativos, observa-se que estes são favoráveis ao ambiente natural, proporcionando ao mesmo tempo retornos econômicos positivos. Essas perspectivas serão apresentadas a seguir.

A hiperdominância arbórea na Amazônia: referencial para repor e manter a floresta.

Uma pesquisa publicada há cerca de 10 anos revelou que a Amazônia abrigava, na época, aproximadamente 16.000 espécies de árvores, das quais apenas 227 correspondiam à metade de todas as árvores presentes no bioma e eram responsáveis pela maioria das frutas, flores, pólen, folhas e biomassa (Ter Steege *et al.*, 2013).

Essa constatação levou à conclusão de que havia uma hiperdominância arbórea na Amazônia, composta pelas 227 espécies. A maioria dessas espécies predomina em pelo menos duas regiões distintas dentro das seis delimitadas para estudo.

Os pesquisadores mencionados também destacaram que esse número restrito de espécies responde por uma grande proporção dos serviços do ecossistema amazônico, incluindo regulação

hídrica, armazenamento de carbono e ciclagem de nutrientes. Ou seja, uma pequena diversidade de árvores é responsável por uma parcela substancial dos processos biogeoquímicos na maior floresta tropical do mundo.

Assim, se a reposição florestal priorizar o plantio dessas essências arbóreas hiperdominantes, haverá alimentação e manutenção dos serviços ecossistêmicos amazônicos, o que contribui para fortalecer a resiliência florestal e o equilíbrio climático em níveis regional e global.

Por outro lado, entre as 227 espécies hiperdominantes, podem ser notadas algumas essências de uso popular nos gêneros mencionados, as quais são bastante exploradas pelo setor madeireiro: canela (*Ocotea sp*), cedro marinho (*Guarea sp*), peroba (*Aspidosperma sp*), maçaranduba (*Manilkara sp*), cambará (*Qualea sp*), amescla (*Trattinnickia sp*), cedrinho (*Erismia sp*), itaúba (*Mezilaurus sp*), ipê (*Tabebuia sp*), entre outras (Ter Steege *et al.*, 2013).

Desse modo, percebe-se que a reposição florestal na Amazônia com espécies arbóreas nativas desse bioma é ambientalmente e utilitariamente mais vantajosa para a sustentabilidade. Trata-se de uma alternativa com viabilidade econômica e possibilidade de implementação, baseada em estudos científicos que mapearam as essências de maior frequência, capazes de proporcionar ganhos ecológicos e retorno comercial simultaneamente.

Reposição florestal com espécies arbóreas nativas: referências de essências que contribuem para o ecossistema e apresentam bom potencial de retorno econômico.

Em 2018, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) publicou um estudo sobre o zoneamento para o cultivo do taxi-branco (*Tachigali vulgaris* LF), espécie nativa da Amazônia que consta na lista das hiperdominantes. O estudo destacou o excelente rendimento dessa espécie para aproveitamento bioenergético, devido à sua galhada e crescimento rápido (Martorano *et al.*, 2018).

A pesquisa também indicou que o taxi-branco apresenta boa taxa de sobrevivência em locais onde o terreno é pobre em nutrientes, sendo um contribuinte eficaz para a fixação de nitrogênio no solo. Concluiu-se que essa espécie possui uma grande capacidade adaptativa na maior parte do bioma amazônico brasileiro (Martorano *et al.*, 2018, p. 50):

Os resultados obtidos a partir da análise de multicritério realizada neste trabalho evidenciam que 62% da Amazônia apresentam alto potencial para plantio da espécie energética taxi-branco (...).

Além disso, o estudo destacou que a madeira do taxi-branco tem características comparáveis às do eucalipto, apresentando um bom referencial de biomassa. Recomenda-se o cultivo integrado dessa espécie em sistemas agroflorestais, especialmente o plantio conjunto com o paricá (*Schizolobium parayba var. amazonicum*), devido ao ciclo curto deste último e sua eficiência no controle da erosão.

A pesquisa realizada por Cordeiro *et al.* (2015), anterior ao estudo mencionado, constatou que o paricá apresenta um desempenho significativo quando cultivado em sistemas agroflorestais. Os resultados indicaram crescimento superior em altura e diâmetro quando comparado à monocultura. Em plantios mistos, essa espécie atingiu a altura média de 18,82 metros em seis anos de idade, sugerindo que paricá tem potencial para proporcionar retorno econômico em um curto período. Além disso, seu ciclo de crescimento contribui positivamente para o equilíbrio ecológico na Amazonia, uma vez que é nativo desse bioma.

Assim, em função das boas características naturais de adaptação e do promissor potencial de retorno econômico, o taxi-branco e o paricá são dois exemplos de espécies nativas viáveis para o

desenvolvimento sustentável na Amazônia. Essas espécies oferecem, simultaneamente, retorno econômico e ganhos ambientais satisfatórios, tanto no plantio para reposição florestal quanto na prática de silvicultura em sistemas agroflorestais, ou na recuperação de áreas degradadas.

Conclusão

Apesar de as normas ambientais permitirem a reposição florestal com essências exóticas, é muito mais vantajoso para o meio ambiente que essa obrigação seja cumprida por meio do plantio de espécies arbóreas nativas.

Isso é de extrema importância para a Amazônia, pois a introdução de espécies exóticas nesse bioma, somada às demais transgressões ambientais, decorrentes das atividades humanas e da expansão da fronteira agrícola, resulta na diminuição da cobertura vegetal nativa. Isso provoca redução da capacidade da floresta em armazenar carbono, na perda da resiliência florestal e da biodiversidade, aumentando o risco de savanização, desequilíbrio climático e aumento do aquecimento global.

Por isso, a realização da reposição florestal com espécies nativas é essencial para a manutenção do equilíbrio ecológico amazônico, evitando maiores prejuízos à floresta e ao planeta. Além disso, estudos científicos demonstram que se a reposição priorizar o cultivo das espécies nativas hiperdominantes, automaticamente haverá um ganho ambiental e climático para a Amazônia. Pesquisas já confirmam a grande viabilidade dessas essências arbóreas dominantes para o cultivo em atividades de silvicultura ou em outros sistemas agroflorestais.

Por fim, é importante ressaltar que, embora a reposição florestal com espécies nativas seja uma alternativa de sustentabilidade para a Amazônia, não se deve renunciar à reparação dos danos ambientais e à implementação de outras medidas em prol do meio ambiente, em casos de atos ilícitos contra a flora ou de degradação ambiental significativa. Essas ações são fundamentais para garantir a efetividade da sustentabilidade.

Referências

ALCIDES, Felipe Rodrigues; PEREIRA, Luana Priscila de Carvalho. Considerações ecológicas sobre plantios de Eucalipto. In: VIII CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL. 2007. Universidade Federal de Viçosa. **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**. Caxambu/MG, 2007. Disponível em: <https://www.seb-ecologia.org.br/revistas/indexar/anais/viiiiceb/pdf/1554.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2023.

AMIGO, Ignacio. When will the Amazon hit a tipping point?. **Nature**, v. 578, n. 7796, p. 505-508, 2020. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/d41586-020-00508-4>. Acesso em: 21 ago. 2022.

BOULTON, Chris A. *et al.* Pronounced loss of Amazon rainforest resilience since the early 2000s. **Nature Climate Change**, v. 12, p. 271–278, 2022. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41558-022-01287-8>. Acesso em: 21 ago. 2022.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil, de 5 de outubro de 1988**. Brasília/DF, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 29 set. 2022.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm. Acesso em: 29 set. 2022.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 29 set. 2022.

BRASIL. **Decreto nº 5.975, de 30 de novembro de 2006a**. Regulamenta os arts. 12, parte final, 15, 16, 19, 20 e 21 da Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965, o art. 4º, inciso III, da Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, o art. 2º da Lei no 10.650, de 16 de abril de 2003, altera e acrescenta dispositivos aos Decretos nos 3.179, de 21 de setembro de 1999, e 3.420, de 20 de abril de 2000, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/decreto/D5975.htm. Acesso em: 29 set. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Instrução Normativa nº 6, de 15 de dezembro de 2006b**. Dispõe sobre a reposição florestal e o consumo de matéria-prima florestal, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=112923>. Acesso em: 03 out. 2022.

CORDEIRO, Iracema Maria Castro Coimbra *et al.* Avaliação de plantios de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby de diferentes idades e sistemas de cultivo no município de Aurora do Pará-PA (Brasil). **Ciência Florestal**, v. 25, p. 679-687, 2015.

COSTA, Reginaldo Brito da; RESENDE, Marcos Deon V. de; SILVA, Versides Sebastião de M. Experimentação e seleção no melhoramento genético de TECA (*Tectona grandis* Lf). **Floresta e Ambiente**, v. 14, n. 1, p. 76-92, 2012.

GATTI, Luciana *et al.* Amazon carbon emissions double mainly by dismantled in law enforcement. **Research Square**, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2023624/v1>. Acesso em: 27 set. 2022.

KEOGH, Raymond M. La teca y su importancia económica a nivel mundial. In: CAMINO, Ronnie de; MORALES, Jean Pierre. **Las plantaciones de teca en América Latina: mitos y realidades**. Costa Rica, Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), 2013. P. 13-14.

MARTINI, Augusto Jerônimo. **O plantador de eucaliptos: a questão da preservação florestal no Brasil e o resgate documental do legado de Edmundo Navarro de Andrade**. 2004. 320 f. Dissertação (Mestrado em História Social). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MARTORANO, Lucieta G. *et al.* Zoneamento topoclimático do taxi-branco (*Tachigali vulgaris* LF) na Amazônia Legal: estratégias de planejamento com metas de desenvolvimento sustentável. **Embrapa Amazônia Oriental - Documentos (INFOTECA-E)**, 2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1084102>. Acesso em: 27 set. 2022.

REZENDE, João Batista; PEREIRA, José Roberto; BOTELHO, Douglas de Oliveira. Expansão da cultura do eucalipto nos municípios mineiros e gestão territorial. **Cerne**, v. 19, p. 1-7, 2013.

SABBAG, Sidney Carlos. **Reposição florestal: caminho para o desenvolvimento sustentável da silvicultura tropical**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade de Brasília,

Brasília, 2011. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/8869>. Acesso em: 03 out. 2022.

SACHS, Ignacy. **Desenvolvimento includente, sustentável, sustentado**. Rio de Janeiro: Garamond, 2008. P. 129-130.

SCHUHLI, Guilherme Schnell e; PALUDZYSZYN FILHO, Estefano. O cenário nacional da silvicultura de teca (*Tectona grandis* L. f.) e perspectivas de melhoramento. **Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo**, v. 30, n. 63, p. 217-230, 2010. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/872674>. Acesso em: 06 jun. 2023.

TER STEEGE, Hans *et al.* Hyperdominance in the Amazonian Tree Flora. **Science**, v. 342, n. 6156, p. 325-334, 2013. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1243092>. Acesso em: 19 ago. 2022.

